

Penulis :

Ahmad Nadhira, SP, M.Si.|Rina Puji Lestari, S.P., M.P.|

Muhammad Yusuf Dibisono, SP, MP|Rina Ekawati, SP., M.Si|Turi Handayani, S.P., M.Si|

Dr. Ade Fipriani Lubis, S.P., M.P.|Pada Mulia Raja, M.Si|Aris Sandi, S.ST., M.Eng.|

Dr. Giyanto, STP., MT.|Dr. Guntoro, S.P.,M.P.|Ir. Pantja Siwi V R Ingesti, M.P.|

Heri Purwanto, S.T.P., M.Sc|Hartini, SP.,M.Sc

TEBU

**BUDIDAYA, PENGOLAHAN,
DAN MANFAAT EKONOMI**



TEBU: BUDIDAYA, PENGOLAHAN, DAN MANFAAT EKONOMI

Penulis:

Ahmad Nadhira, SP, M.Si.

Rina Puji Lestari, S.P., M.P.

Muhammad Yusuf Dibisono. SP. MP

Rina Ekawati, SP., M.Si

Turi Handayani, S.P., M.Si

Dr. Ade Fipriani Lubis, S.P., M.P.

Pada Mulia Raja, M.Si

Aris Sandi, S.ST., M.Eng.

Dr. Giyanto, STP., MT.

Dr. Guntoro, S.P.,M.P.

Ir. Pantja Siwi V R Ingesti, M.P.

Heri Purwanto, S.T.P., M.Sc

Hartini, SP.,M.Sc



Lingkar Edukasi
Indonesia

LINGKAR EDUKASI INDONESIA

TEBU: BUDIDAYA, PENGOLAHAN, DAN MANFAAT EKONOMI

Penulis:

Ahmad Nadhira, SP, M.Si. | Rina Puji Lestari, S.P., M.P. |
Muhammad Yusuf Dibisono. SP. MP | Rina Ekawati, SP., M.Si |
Turi Handayani, S.P., M.Si | Dr. Ade Fipriani Lubis, S.P., M.P. |
Pada Mulia Raja, M.Si | Aris Sandi, S.ST., M.Eng. | Dr. Giyanto,
STP., MT. | Dr. Guntoro, S.P., M.P. | Ir. Pantja Siwi V R Ingesti,
M.P. | Heri Purwanto, S.T.P., M.Sc | Hartini, SP., M.Sc

Editor: Weni Yuliani, S.Si., M.M., C.Ed

Penyunting: Rahmi

Desain Sampul dan Tata Letak: Diana fitri S.Ds

Diterbitkan oleh:

Lingkar Edukasi Indonesia
Anggota IKAPI No. 058/SBA/2024
Kolam Janiah, Nagari Kudu Ganting
Kec. V Koto Timur, Kabupaten Padang Pariaman
Email: lingkaredukasiindonesia.id@gmail.com
Website: www.lingkaredukasiindonesia.com

ISBN: 978-634-7324-95-5

Cetakan pertama, September 2025

© Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang keras memperbanyak, memfotokopi, Sebagian atau
seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, buku berjudul *TEBU: Budidaya, Pengolahan, dan Manfaat Ekonomi* ini dapat diselesaikan. Buku ini disusun dengan tujuan memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai tanaman tebu, mulai dari aspek budidaya, pengolahan, hingga kontribusinya terhadap pembangunan ekonomi nasional.

Tebu merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai strategis, baik sebagai bahan baku industri gula maupun sebagai sumber berbagai produk turunan yang bernilai tambah. Oleh karena itu, penguasaan pengetahuan tentang teknik budidaya yang tepat, inovasi pengolahan, serta analisis manfaat ekonomi tebu menjadi hal yang sangat penting, tidak hanya bagi petani dan pelaku usaha, tetapi juga bagi para akademisi, peneliti, maupun pembuat kebijakan.

Buku ini diharapkan dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi berbagai kalangan. Bagi petani, buku ini dapat menjadi panduan praktis dalam meningkatkan produktivitas lahan dan kualitas hasil panen. Bagi dunia usaha dan industri, buku ini memberikan gambaran mengenai peluang pengolahan tebu menjadi berbagai produk bernilai tambah. Sementara itu, bagi mahasiswa dan peneliti, buku ini dapat menjadi bahan kajian untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut di bidang pertanian dan ekonomi perkebunan.

Akhir kata, penulis menyadari sepenuhnya bahwa buku ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan pada edisi berikutnya. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi nyata bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan sektor perkebunan tebu di Indonesia.

Medan, September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1 SEJARAH DAN PERSEBARAN TEBU DI DUNIA DAN INDONESIA.....	1
Oleh Ahmad Nadhira, SP, M.Si.	1
A. Asal-usul Domestikasi dan Penyebaran Awal.....	1
B. Perluasan selanjutnya (Timur Tengah, Afrika Utara, dan Eropa).....	4
C. Tebu di Benua Amerika, 1400-an hingga 1900-an	7
D. Tebu di Indonesia, 1700-an hingga 1900-an	9
DAFTAR PUSTAKA.....	14
BAB 2 KLASIFIKASI BOTANI DAN MORFOLOGI TANAMAN TEBU.....	17
Oleh Rina Puji Lestari, S.P., M.P.....	17
A. Klasifikasi Botani	17
B. Morfologi Tanaman Tebu.....	20
DAFTAR PUSTAKA.....	32
BAB 3 SYARAT TUMBUH DAN AGROEKOLOGI TANAMAN TEBU	35
Oleh Muhammad Yusuf Dibisono. SP. MP	35
A. Pendahuluan.....	35

B. Persyaratan Iklim	36
C. Persyaratan Tanah.....	37
D. Kebutuhan Air dan Sistem Irigasi	39
E. Topografi dan Zonasi Agroekologi	46
F. Hubungan Agroekologi dengan Hama, Penyakit, dan Gulma	50
G. Dampak Lingkungan, Keberlanjutan, dan Adaptasi Perubahan Iklim.....	51
H. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Pertumbuhan Tebu	54
I. Dampak Perubahan Iklim terhadap Hama dan Penyakit.....	55
J. Adaptasi Budidaya Tebu Menghadapi Perubahan Iklim	56
DAFTAR PUSTAKA.....	60
BAB 4 TEKNIK BUDIDAYA TEBU YANG EFISIEN DAN BERKELANJUTAN.....	63
Oleh Rina Ekawati, SP., M.Si	63
A. Pendahuluan.....	63
B. Teknik Budidaya Tanaman Tebu	67
DAFTAR PUSTAKA.....	79
BAB 5 POLA TANAM TEBU DI PERKEBUNAN DAN KEBUN RAKYAT	85
Oleh Turi Handayani, S.P., M.Si	85
A. Pendahuluan.....	85
B. Sebaran Perkebunan Tebu di Indonesia	87

C. Pola Tanam Tebu	89
D. Teknik Penanaman	94
DAFTAR PUSTAKA.....	102
BAB 6 PANEN DAN PENANGANAN PASCAPANEN	
TEBU	107
Oleh Dr. Ade Fipriani Lubis, S.P., M.P.	107
A. Pendahuluan.....	107
B. Penentuan Umur Panen.....	108
C. Persiapan Panen Tebu.....	113
D. Teknik Panen Tebu.....	116
E. Penanganan Pascapanen Tebu.....	119
F. Penyimpanan Dan Mutu Tebu.....	131
G. Inovasi Teknologi Panen dan Pascapanen Tebu.....	134
DAFTAR PUSTAKA.....	138
BAB 7 PROSES PENGOLAHAN TEBU MENJADI GULA DAN	
PRODUK TURUNAN	141
Oleh Pada Mulia Raja, M.Si.....	141
A. Prinsip Dasar Ekstraksi Sukrosa	141
B. Tahap-Tahap Pengolahan Gula	143
DAFTAR PUSTAKA.....	156
BAB 8 INOVASI TEKNOLOGI DALAM INDUSTRI TEBU	
DAN GULA.....	159
Oleh Aris Sandi, S.ST., M.Eng.	159
A. Pendahuluan.....	159
B. Inovasi Teknologi Otomasi di Industri Tebu.....	163

DAFTAR PUSTAKA.....	177
----------------------------	------------

BAB 9 POTENSI BIOENERGI DARI TEBU: BIOETANOL DAN BIOMASSA.....	181
---	------------

Oleh Dr. Giyanto, STP., MT.	181
---	------------

A. Pendahuluan.....	181
B. Komposisi Kimia Bahan Baku Bioenergi Tebu	182
C. Produksi Bioetanol dari Tebu.....	186
D. Potensi Energi dari Biomassa Tebu (Bagasse dan Daun)	190
E. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) Berbasis Tebu.....	196
F. Tantangan dan Potensi Pengembangan Bioenergi dari Tebu	198
G. Penutup	200

DAFTAR PUSTAKA.....	202
----------------------------	------------

BAB 10 PENGENDALIAN HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN TEBU.....	205
--	------------

Oleh Dr. Guntoro, S.P.,M.P.	205
---	------------

A. Pentingnya Tanaman Tebu sebagai Komoditas Strategis.....	205
B. Ekosistem Perkebunan Tebu dan Faktor Pendukung Serangan OPT	207
C. Jenis-jenis Hama Penting pada Tanaman Tebu.....	209
D. Jenis-jenis Penyakit Utama pada Tanaman Tebu ...	223
E. Strategi Pengendalian Hama dan Penyakit secara Terpadu	227

DAFTAR PUSTAKA.....	233
BAB 11 PERAN EKONOMI TEBU DALAM PEREKONOMIAN NASIONAL DAN DAERAH	235
Oleh Ir. Pantja Siwi V R Ingesti, M.P.....	235
A. Pendahuluan.....	235
B. Pentingnya Produksi Dan Produktivita Tebu	236
C. Gambaran Pemenuhan Kebutuhan Gula Domestic di Era Global.....	242
D. Tantangan Budidaya Tebu di Indonesia	247
E. Ekonomi Tebu Nasional dan Global	249
DAFTAR PUSTAKA.....	257
BAB 12 KEBIJAKAN PEMERINTAH DAN TANTANGAN INDUSTRI TEBU DI INDONESIA	259
Oleh Heri Purwanto, S.T.P., M.Sc.....	259
A. Pendahuluan.....	259
B. Kebijakan Pemerintah Terkait Industri Tebu di Indonesia.....	260
C. Tantangan Utama Industri Tebu Indonesia.....	269
D. Kesimpulan	273
DAFTAR PUSTAKA.....	274
BAB 13 PROSPEK DAN STRATEGI PENGEMBANGAN TEBU BERKELANJUTAN DI MASA DEPAN	277
Oleh Hartini, SP.,M.Sc	277
A. Industri Gula di Indonesia	277
B. Prospek Pengembangan Tebu Berkelanjutan.....	280

C. Tantangan Pengembangan Tebu Berkelanjutan.....	282
D. Strategi Pengembangan Tebu Berkelanjutan.....	284
DAFTAR PUSTAKA.....	290
BIODATA PENULIS.....	292

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Cetakan gula abad ke-16 di Volallonga, Spanyol. Tebu dibawa ke Spanyol selatan pada abad ke-10 dan dibudidayakan di Valencia antara abad ke-14 hingga ke-17.....	7
Gambar 2. 1 Akar tebu	21
Gambar 2. 2 penampang melintang akar tebu dibawah mikroskop: korteks(c), endodermis(e), perisikel(p), xilem(x), dan floem(f).	22
Gambar 2. 3 Daun tebu	24
Gambar 2. 4 Penampang melintang daun tebu dibawah mikroskop	25
Gambar 2. 5 Batang tebu.....	27
Gambar 2. 6 Kepala Sari yang menggantung pada bunga tebu	28
Gambar 2. 7 Bunga tebu berbentuk malai	29
Gambar 2. 8 Bunga tebu berbentuk malai	30
Gambar 2. 9 Penampang biji tebu	31
Gambar 5. 1 (a) Sistem Tanam Juring Ganda, (b) Sistem Tanam Juring Tunggal.....	89
Gambar 6. 1 Siklus Pertumbuhan Tebu sampai Panen	109
Gambar 6. 2 Gambar Tebu Matang Dengan Tanda-Tanda Fisiologis.....	113
Gambar 6. 3 Skema Alur Pengangkutan Tebu dari Lahan ke Pabrik.....	126

Gambar 6. 4 Diagram Alir penanganan pascapanen	128
Gambar 7. 1 Proses Analisis Trash Bahan Baku Tebu	145
Gambar 7. 2 Mesin Gilingan Tebu	146
Gambar 7. 3 Tahapan Penggilingan Tebu	147
Gambar 7. 4 Stasiun Pemurnian	150
Gambar 7. 5 Proses Penguapan (Evaporasi)	152
Gambar 11. 1 perkembangan luas areal tanam tebu di Indonesia dari tahun 1970 hingga 2020.....	238
Gambar 11. 2 Produksi Gula Tebu	240
Gambar 11. 3 Produktivitas tebu	241
Gambar 11. 4 produktivitas tebu pada Perkebunan Negara, Perkebunan Besar Swasta dan Perkebunan Rakyat.....	242
Gambar 11. 5 Gambaran harga gula di Indonesia 10 tahun terakhir.....	244
Gambar 11. 6 Nilai Impor Ekspor produk turunan tebu turunan tebu di Indonesia tahun 1980 -2019	245
Gambar 11. 7 Perkembangan konsumsi gula per kapita per tahun 2002-2022	251
Gambar 11. 8 Perkembangan rata-rata harga gula di pasar Dalam Negeri, 2013-2022.....	252
Gambar 11. 9 Perkembangan volume ekspor-impor Molase Indonesia 203-2022	253
Gambar 11. 10 Perkembangan volume dan nilai impor gula Indonesia	254
Gambar 11. 11 besaram baiaya produksi Tebu.....	255

Gambar 11. 12 Proporsi biaya produksi tebu di Indonesia	256
Gambar 13. 1 Data Gula Indonesia tahun 2023.....	277
Gambar 13. 2 Tiga Pilar Strategi Pengembangan Berkelanjutan	285

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Sejarah Singkat dan Persebaran Tebu di Dunia ..3	
Tabel 1. 2 Sejarah dan Perkembangan Tebu di Indonesia 12	
Tabel 3. 1 Kesesuaian Tanah untuk Tebu 38	
Tabel 3. 2 Kebutuhan Air per Fase Pertumbuhan 43	
Tabel 3. 3 Klasifikasi Topografi untuk Tebu 49	
Tabel 3. 4 Dampak Perubahan Iklim Terhadap Pertumbuhan Tebu 54	
Tabel 5. 1 Perbandingan Produktivitas Beberapa Pola Tanam di Perkebunan Besar 92	
Tabel 5. 2 Perbandingan Produktivitas Pola Tanam Tebu Rakyat..... 94	
Tabel 5. 3 Perbandingan Teknik Penanaman Tebu 98	
Tabel 5. 4 Perbandingan Sistem Monokultur vs <i>Intercropping</i>100	
Tabel 6. 1 Tabel Ringkas Indikator Kematangan Tebu111	
Tabel 6. 2 Keuntungan dan Kelemahan Masing-masing Metode.....119	
Tabel 9. 1 Komposisi rata-rata nira tebu (per liter)183	
Tabel 9. 2 Komposisi kimia rata-rata bagasse kering184	
Tabel 9. 3 Perkiraan jumlah residu biomassa dari 1 ton tebu (berat basah)185	
Tabel 9. 4 Karakteristik daun tebu kering (<i>dry basis</i>)186	
Tabel 9. 5 Kadar Bioetanol pada Nira Tebu187	

Tabel 9. 6 Komponen Biomassa (per Ton Tebu)	191
Tabel 10. 1 Jenis-Jenis Hama dan Gejala Serangannya Pada Tanaman Tebu	218
Tabel 10. 2 Jenis-Jenis Penyakit dan Gejala Serangannya Pada Tanaman Tebu	224
Tabel 13. 1 Permintaan Gula Global vs Produksi Indonesia.....	278

BAB 1

SEJARAH DAN PERSEBARAN TEBU DI DUNIA DAN INDONESIA

Oleh Ahmad Nadhira, SP, M.Si.

A. Asal-usul Domestikasi dan Penyebaran Awal

Menurut J. H. Galloway dalam *The Sugar Cane Industry: An Historical Geography from its Origins to 1914*, tanaman tebu sudah dikenal sejak sekitar tahun 1500 SM. Pada mulanya, tebu ditemukan di wilayah Mediterania dan dipandang sebagai tanaman yang mampu menghasilkan rasa manis. Seiring waktu, budidaya tebu berkembang bersama dengan munculnya teknik pengolahan gula sederhana. Proses pengolahan gula pertama kali tercatat berlangsung di kawasan Mediterania antara tahun 700 hingga 1600 M. Perpindahan penduduk ke Eropa, yang kemudian disusul oleh kolonisasi bangsa Eropa di Afrika dan Amerika, mendorong penyebaran tanaman tebu hingga ke Benua Eropa dan Afrika pada kisaran tahun 1450–1680 M. Selanjutnya, memasuki abad ke-18, industri gula mulai tumbuh pesat di kawasan Amerika, khususnya di Amerika Latin (Ridhoi, 2021).

Tidak seperti pandangan Galloway, Warner berpendapat bahwa asal-usul tebu berasal dari Papua New Guinea, sebuah pulau besar yang kini terbagi menjadi dua negara, yakni Indonesia dan Papua Nugini. Catatan awal mengenai tebu muncul dari ekspedisi Alexander Agung pada

tahun 327 SM, ketika salah seorang prajuritnya menuliskan bahwa bangsa Barbar memiliki cara memperoleh rasa manis tanpa harus menunggu madu yang diproduksi oleh lebah. Berbeda dengan masyarakat di Lembah Indus (India) yang masih bergantung pada madu lebah, bangsa Barbar mendapatkan rasa manis dari sari tumbuhan, khususnya tebu. Tanaman ini didapatkan dari India dan kemudian dibawa ke Roma sekitar tahun 23–79 M. Selanjutnya, penyebaran tebu berlanjut hingga ke Tiongkok Selatan sekitar tahun 200 M, lalu ke Persia pada tahun 600 M. Pada abad ke-8, Mesir memperkenalkan budidaya tebu ke Spanyol, yang kemudian menjadi awal berkembangnya pengolahan gula di kedua wilayah tersebut. Memasuki abad ke-15, tanaman tebu dari Spanyol dibawa ke Kepulauan Canary untuk dijadikan komoditas perkebunan.

Para ahli berpendapat bahwa tebu (*Saccharum officinarum*) pertama kali didomestikasi di Papua Nugini sekitar 8.000 hingga 10.000 tahun yang lalu dari jenis tebu liar yang lebih kokoh. Dari wilayah tersebut, budidaya tebu menyebar ke kawasan Oseania, khususnya Mikronesia dan Polinesia, kemudian meluas hingga ke Asia, di mana tebu diketahui telah mencapai Tiongkok dan India setidaknya 3.000 tahun yang lalu (Galloway, 2005).

Dalam perkembangannya, di India dikenal varietas *Saccharum barberi* dan di Tiongkok muncul varietas *Saccharum sinense*. Kedua varietas tersebut diyakini merupakan hasil hibridisasi antara tebu yang telah didomestikasi (*S. officinarum*) dengan tebu liar (*S. spontaneum*) yang berasal dari wilayah tersebut. Namun, varietas-varietas ini kini tidak lagi banyak dibudidayakan.

Sekitar 2.500 tahun yang lalu, India menjadi pelopor dalam penemuan proses pembuatan gula padat yang belum dimurnikan dari tebu. Pada periode yang hampir bersamaan, di Tiongkok tebu dimanfaatkan sebagai sayuran manis sekaligus tanaman obat. Baru kemudian, sekitar masa Dinasti Jin Timur (317–420 M), mulai berkembang teknik pengolahan tebu menjadi gula meski masih sederhana dan belum dimurnikan, dengan metode yang diperkirakan berasal dari wilayah barat (Babu et al, 2022).

Tabel 1. 1 Sejarah Singkat dan Persebaran Tebu di Dunia

Periode / Lokalitas	Dunia
Sekitar 8000 SM	Tebu pertama kali dibudidaya di Papua Nugini; dikunyah langsung untuk manisnya
6000-3500 SM	Penyebaran menuju Asia Tenggara, termasuk Filipina dan India
Sebelum 6-5 ribu tahun BP	Saat ini didomestikasi di New Guinea (<i>Saccharum officinarum</i>) dan di Tiongkok/Taiwan (<i>S. sinense</i>), menyebar oleh Austronesia
2000 SM–600 M	Penyebaran ke India; India mengembangkan pemurnian gula kristal; menyebar ke China, Persia, dunia Arab, dan Mediterania

700-1100 M	Penyebaran via dunia Islam melalui Persia dan Mesir; teknologi industri gula berkembang
1099 M ke Eropa	Gula dikenal di Inggris dari Perang Salib; gula dianggap barang mewah (“emas putih”)
Abad ke-15 – ke-16	Portugis dan Spanyol membawa tebu ke Madeira dan Karibia; Columbus membawa tebu ke Hispaniola, memulai produksi di Amerika
1500-1700 M	Perkebunan tebu dan produksi gula besar di Brasil; sistem perkebunan global berkembang
Abad ke-17–18	Permintaan gula di Eropa tinggi, gula menjadi komoditas penting ekspor (~20 % impor Eropa)

B. Perluasan selanjutnya (Timur Tengah, Afrika Utara, dan Eropa)

Perkembangan tersebut berlanjut ketika tebu dan teknologi penggilingan gula diperkenalkan ke Persia (sekarang Iran) sekitar tahun 500 hingga 600 Masehi. Dari Persia, budidaya tebu dan produksi gula kemudian menyebar ke berbagai wilayah dunia Islam, termasuk Afrika Utara, Semenanjung Iberia, dan Sisilia. Untuk menyesuaikan dengan kondisi iklim yang relatif kering, dikembangkan berbagai metode irigasi

yang mampu menopang pertumbuhan tebu. Seiring dengan itu, dibangun pula pabrik penggilingan dan pemurnian gula yang lebih maju, di mana tenaga air dimanfaatkan untuk menggerakkan batu penggiling dalam proses pemerasan tebu. Pada masa ini pula diperkenalkan wadah berbentuk kerucut sebagai inovasi untuk memisahkan gula dari molase (Rönnbäck, 2023).

Namun, perkembangan industri gula sejak awal juga tidak lepas dari praktik perbudakan. Perbudakan, khususnya terhadap orang-orang dari Afrika, memiliki sejarah panjang dalam proses budidaya tebu dan produksi gula. Pada masa Kekhalifahan Abbasiyah (750–1258 M), yang wilayahnya mencakup Timur Tengah hingga pesisir utara Afrika, banyak orang diperbudak untuk menanam tebu di lahan rawa yang dikeringkan di bagian selatan wilayah yang kini dikenal sebagai Irak dan Iran. Para budak, sebagian besar berasal dari Afrika Timur, ditawan dan dipaksa untuk membuka lahan rawa sekaligus melakukan kerja paksa di bidang pertanian. Kondisi kerja yang sangat berat menimbulkan penderitaan, sehingga pada abad ke-9 para budak ini melakukan perlawanan besar yang dikenal dengan nama Pemberontakan Zanj. Peristiwa ini menjadi salah satu catatan penting dalam sejarah sosial-budaya yang berkaitan dengan industri gula pada masa awal perkembangannya (More et al, 2014).

Produksi gula mulai dikenal di Eropa Kristen pada masa Perang Salib, sekitar akhir abad ke-11 hingga akhir abad ke-13. Pada periode ini, pasukan Kristen melakukan ekspedisi militer ke wilayah-wilayah Islam di sepanjang Mediterania timur dan sempat menduduki sebagian wilayah tersebut. Dari sinilah teknik pengolahan gula diperkenalkan. Di Eropa, gula pada awalnya diperlakukan sebagai barang

mewah, sejajar dengan rempah-rempah tropis lainnya, dan bernilai tinggi sebagai komoditas perdagangan. Produksi gula pertama kali dilakukan di Negara-Negara Tentara Salib di kawasan Mediterania timur, sebelum akhirnya terhenti setelah pasukan Kristen terusir pada akhir abad ke-13.

Setelah itu, pada akhir abad ke-13, kekuatan Eropa Kristen memindahkan kegiatan produksi gula ke sejumlah pulau di kawasan Mediterania, dimulai dari Siprus. Di pulau tersebut, sebagian tenaga kerja berasal dari orang-orang yang diperbudak sebagai tawanan perang, sementara sebagian lainnya berasal dari kerja paksa masyarakat setempat meskipun mereka tidak diperbudak. Budidaya dan penggilingan tebu kemudian juga dilakukan di Kreta, Rodos, Sisilia, serta pulau-pulau lain di kawasan Mediterania.

Pada Abad Pertengahan, produksi gula dalam skala besar masih terbatas karena berbagai kendala. Tebu hanya dapat tumbuh pada iklim tertentu dengan suhu yang relatif tinggi serta membutuhkan ketersediaan air yang cukup besar. Selain itu, tanaman tebu cenderung menguras kesuburan tanah, sementara proses penanaman, panen, hingga pengolahan tebu membutuhkan tenaga kerja yang sangat intensif. Di samping itu, produksi gula juga menuntut pasokan kayu yang besar untuk bahan bakar dalam proses penguapan sari tebu. Baru pada masa berikutnya, limbah tebu berupa ampas batang (*bagasse*) mulai dimanfaatkan sebagai sumber energi, disertai dengan pengembangan teknologi yang lebih efisien seperti penggunaan *vacuum pans* dalam proses produksi (Politis, 2015).



Gambar 1. 1 Cetakan gula abad ke-16 di Volallonga, Spanyol. Tebu dibawa ke Spanyol selatan pada abad ke-10 dan dibudidayakan di Valencia antara abad ke-14 hingga ke-17

(Sumber: earthathome.org)

C. Tebu di Benua Amerika, 1400-an hingga 1900-an

Perkembangan budidaya tebu di Benua Amerika erat kaitannya dengan ekspansi bangsa Eropa pada masa penjelajahan samudra. Pada akhir abad ke-15, Christopher Columbus membawa bibit tebu dari Kepulauan Canary ke kawasan Amerika Latin. Sejak saat itu, tebu mulai dibudidayakan secara luas di wilayah-wilayah seperti Meksiko, Kuba, Peru, Brasil, dan Puerto Riko. Bentuk perkebunan yang dikembangkan berskala besar dan berorientasi ekspor, sehingga tebu segera menjadi salah satu komoditas utama di dunia baru (Muhammad, 2019).

Dalam kurun dua hingga tiga abad berikutnya, bangsa-bangsa Eropa seperti Spanyol, Portugis, Inggris, dan Belanda semakin gencar melakukan kolonisasi. Mereka menjadikan daerah jajahan sebagai pusat produksi tebu dengan memanfaatkan tenaga kerja budak, terutama dari Afrika. Sistem ini tidak hanya memperluas persebaran tebu, tetapi juga menimbulkan dampak sosial yang signifikan berupa perbudakan massal, diskriminasi rasial, dan eksploitasi tenaga kerja.

Memasuki abad ke-18 dan ke-19, industri gula di Amerika Latin berkembang pesat. Brasil, Kuba, dan beberapa wilayah Karibia menjelma sebagai produsen utama gula dunia. Hasil gula dari perkebunan-perkebunan ini diekspor dalam jumlah besar ke Eropa untuk memenuhi kebutuhan pasar yang terus meningkat. Harga gula yang tinggi pada periode tersebut menjadikan tebu sebagai komoditas strategis dan sering disebut sebagai “emas putih” (white gold).

Namun, di balik keuntungan ekonomi yang diperoleh bangsa kolonial, sistem perkebunan tebu di Benua Amerika juga menyimpan sejarah kelam. Praktik perbudakan dan eksploitasi buruh menciptakan ketidakadilan sosial yang mendalam dan meninggalkan warisan sejarah yang masih terasa hingga kini. Dengan demikian, perkembangan tebu di Benua Amerika tidak hanya membentuk pola perdagangan global, tetapi juga meninggalkan jejak kompleks dalam dinamika sosial, ekonomi, dan politik kawasan tersebut (Browne, 1933).

D. Tebu di Indonesia, 1700-an hingga 1900-an

Columbus membawa tanaman tebu ke Amerika Latin (meliputi Meksiko, Kuba, Peru, Brasil, dan Puerto Rik) untuk dikembangkan dalam perkebunan berskala besar. Dua hingga tiga abad kemudian, gelombang penjelajahan dan kolonisasi oleh bangsa-bangsa Eropa, seperti Spanyol, Inggris, Portugis, dan Belanda, semakin meluas. Pada masa itu, tebu diperkenalkan ke berbagai wilayah koloni mereka, termasuk Amerika Selatan, Hindia Barat, Afrika, Semenanjung Malaya, Hindia Timur, Kaledonia Baru, dan Filipina. Koloni-koloni tersebut dimanfaatkan sebagai pusat penanaman tebu dalam jumlah besar karena pada abad ke-18 dan ke-19, tebu menjadi komoditas ekspor yang bernilai tinggi. Produk utamanya, yaitu gula, kemudian dikapalkan ke Eropa untuk memenuhi kebutuhan pasar yang terus meningkat.

Benua Amerika bukan satu-satunya wilayah yang menjadi pusat budidaya tebu dan produksi gula di bawah kekuasaan kolonial. Salah satu pusat produksi gula yang juga penting berada di Hindia Belanda, yang kini dikenal sebagai Indonesia, khususnya di Pulau Jawa. Industri gula di Jawa mencapai posisi yang sangat menonjol pada abad ke-19 hingga awal abad ke-20, seiring dengan semakin kuatnya cengkeraman kolonial Belanda di wilayah ini.

Pada masa tersebut, perkebunan tebu dan pabrik gula berkembang pesat, menjadikan Jawa sebagai salah satu produsen gula utama dunia. Industri gula tidak hanya berfungsi sebagai penopang perekonomian kolonial, tetapi juga sebagai instrumen politik-ekonomi yang memperkuat kekuasaan Belanda di Nusantara. Dengan demikian, sejarah gula di Indonesia pada masa kolonial mencerminkan

keterkaitan erat antara kepentingan ekonomi global dengan praktik kolonialisme yang menempatkan Nusantara sebagai bagian dari jaringan perdagangan internasional.

1. Kolonisasi Belanda dan Dampaknya

Pada abad ke-16, masyarakat Tiongkok telah mengembangkan perkebunan tebu serta mendirikan pabrik gula di kawasan Tiongkok Tenggara dan Asia Tenggara untuk memproduksi muscovado, yaitu gula cokelat yang belum dimurnikan. Kehadiran mereka juga tercatat di Pulau Jawa, di mana para penggiling gula asal Tiongkok telah memproduksi jauh sebelum kedatangan bangsa Belanda.

Memasuki akhir abad ke-16, Belanda mulai melakukan pelayaran ke Asia Tenggara dengan tujuan utama berdagang rempah-rempah yang pada masa itu memiliki nilai tinggi di Eropa. Pada awal abad ke-17, mereka mendirikan basis permanen di Batavia (sekarang Jakarta), yang kemudian menjadi pusat kekuasaan kolonial Belanda di wilayah Nusantara.

Pada tahap awal penguasaan Jawa, Belanda tidak serta-merta menyingkirkan produsen gula asal Tiongkok. Namun, seiring meningkatnya produksi gula di kawasan Amerika di bawah kekuasaan kolonial Eropa, harga gula di pasar dunia mengalami penurunan. Kondisi ini menyebabkan banyak lahan tebu di Jawa tidak lagi produktif, sementara Belanda berupaya mengambil alih keuntungan yang lebih besar dari industri gula.

Situasi tersebut memunculkan ketegangan sosial. Otoritas Belanda mulai melakukan deportasi terhadap pekerja Tiongkok, yang kemudian memicu perlawanan. Dalam sebuah bentrokan, sekitar 50 serdadu Belanda tewas. Peristiwa ini berkembang menjadi tragedi besar yang

dikenal sebagai Pembantaian Batavia (*Batavia Massacre*) pada Oktober 1740, ketika sekitar 10.000 orang Tionghoa di Jawa dibunuh oleh pasukan Belanda dengan bantuan penduduk lokal. Tragedi ini bermula dari penerapan jam malam bagi warga Tionghoa dengan alasan menjaga ketertiban, namun justru berujung pada tindakan kekerasan massal yang meninggalkan luka sejarah mendalam (Asnani et al, 2021).

2. Produksi Gula di Jawa pada Akhir Abad ke-18 hingga Abad ke-19

Pada akhir abad ke-18 hingga abad ke-19, Pulau Jawa berkembang menjadi salah satu pusat produksi gula penting di kawasan Asia, bahkan dunia. Belanda yang menguasai wilayah ini melihat potensi besar dari komoditas gula, terutama karena permintaan di pasar internasional terus meningkat. Kondisi geografis Jawa yang subur, tersedianya tenaga kerja dalam jumlah besar, serta infrastruktur yang mulai dibangun oleh pemerintah kolonial menjadi faktor pendukung berkembangnya industri ini (Putra et al, 2020).

Namun, pertumbuhan produksi gula di Jawa tidak dapat dilepaskan dari kebijakan kolonial yang menekan rakyat. Salah satu tonggak pentingnya adalah penerapan *Cultuurstelsel* (Sistem Tanam Paksa) pada tahun 1830. Melalui sistem ini, petani dipaksa menyerahkan sebagian lahannya untuk ditanami tanaman ekspor, termasuk tebu, yang hasilnya kemudian diserahkan kepada pemerintah kolonial. Meskipun kebijakan tersebut meningkatkan volume ekspor gula dan mendatangkan keuntungan besar bagi Belanda, beban yang ditanggung oleh masyarakat Jawa sangat berat. Banyak petani kehilangan lahan pangan,

terjerat dalam kerja paksa, dan mengalami penurunan kesejahteraan.

Abad ke-19 juga ditandai dengan modernisasi dalam industri gula. Pabrik-pabrik penggilingan gula bermunculan di berbagai daerah, dilengkapi dengan peralatan yang semakin maju seiring berkembangnya Revolusi Industri. Teknologi ini memungkinkan peningkatan efisiensi produksi, mulai dari proses penggilingan tebu, ekstraksi nira, hingga pemurnian gula. Jawa kemudian dikenal sebagai salah satu produsen gula terbesar di dunia pada periode tersebut.

Meski demikian, kejayaan industri gula di Jawa pada masa kolonial tidak dapat dipisahkan dari ketidakadilan sosial yang menyertainya. Kekayaan yang dihasilkan lebih banyak mengalir ke negeri Belanda, sementara masyarakat pribumi justru harus menanggung penderitaan akibat kebijakan tanam paksa dan eksploitasi tenaga kerja. Dengan demikian, sejarah produksi gula di Jawa pada akhir abad ke-18 hingga abad ke-19 tidak hanya mencerminkan perkembangan ekonomi, tetapi juga menyimpan catatan kelam mengenai praktik kolonialisme (Sari & Wegener, 2015).

Tabel 1. 2 Sejarah dan Perkembangan Tebu di Indonesia

Periode / Lokalitas	Dunia
Abad ke-17 (awal kolonialisme Belanda)	Perkembangan tebu di Jawa; industri gula mulai dari Batavia (Jakarta), pabrik gula pertama di Banten

1830-an – awal kolonialisme Belanda	Tanaman tebu dikembangkan lewat sistem tanam paksa (<i>“Cultivation System”</i>) di Jawa Tengah dan Timur; Jawa menjadi salah satu produsen gula terbesar dunia di era kolonial
1930-an	Pada puncaknya, Jawa memiliki ratusan pabrik gula (sekitar 179 pabrik), produksi ~3 juta ton/tahun
Pasca kemerdekaan (1950-an)	Pabrik dan perkebunan tebu menjadi aset BUMN, dikelola negara
Awal 2000-an hingga kini	Luas areal tebu Indonesia sekitar 457 ribu ha; ~60 % di Jateng dan Jatim; sektor masih defisit gula (~3 juta ton/tahun) dengan usaha perbaikan produktivitas dan kebijakan impor

DAFTAR PUSTAKA

- Asnani, A. H. D., Juanda, B., & Darusman, D. (2021). The contribution of sugarcane partnership for the livelihood structure and the development of rural areas in Lampung Province of Indonesia. *International Journal of Current Science Research and Review*, 4(7), 549–556.
- Babu, K. S. D., Janakiraman, V., Palaniswamy, H., Kasirajan, L., Gomathi, R., & Ramkumar, T. R. (2022). A short review on sugarcane: Its domestication, molecular manipulations and future perspectives. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 69(7), 2623–2643.
- Browne, C. A. (1933). The origins of sugar manufacture in America. I. A sketch of the history of raw cane-sugar production in America. *Journal of Chemical Education*, 10(6), 337–352.
- Galloway, J. H. (2005). The modernization of sugar production in Southeast Asia, 1880–1940. *Geographical Review*, 95(1), 1–23.
- Moore, P. H., Paterson, A. H., & Tew, T. (2014). Sugarcane: The crop, the plant, and domestication. In P. H. Moore & F. C. Botha (Eds.), *Sugarcane: Physiology, biochemistry, and functional biology* (pp. 1–17). John Wiley & Sons, Inc.
- Muhammad, K. G. (2019, August 14). The sugar that saturates the American diet has a barbaric history as the “white gold” that fueled slavery. *The New York Times Magazine*.

- Politis, K. D. (2015). *The origins of the sugar industry and the transmission of ancient Greek and Medieval Arab science and technology from the Near East to Europe*. In *Proceedings of the International Conference*, National and Kapodistrian University of Athens, Greece.
- Putra, R. P., Ranomahera, M. R. R., Rizaludin, M. S., Supriyanto, R., & Dewi, V. A. K. (2020). Investigating environmental impacts of long-term monoculture of sugarcane farming in Indonesia through DPSIR framework. *Biodiversitas*, 21(10), 4945–4958.
- Ridhoi, R. (2021). Ada yang manis di timur Nusantara? Kosmopolitanisme tanaman tebu dalam historiografi Indonesia. *Sejarah dan Budaya: Jurnal Sejarah, Budaya, dan Pengajarannya*, 15(1), 164–182.
- Rönnbäck, K. (2023). Sugar plantation slavery. In *Oxford Research Encyclopedia of African History*. Oxford University Press.
- Sari, D., & Wegener, M. K. (2015). Indonesian sugar production and recommendations for industry recovery. *SSRN Electronic Journal*.

BAB 2

KLASIFIKASI BOTANI DAN MORFOLOGI TANAMAN TEBU

Oleh Rina Puji Lestari, S.P., M.P.

A. Klasifikasi Botani

Tanaman tebu memiliki nama latin *Saccharum officinarum* L. merupakan salah satu tanaman penting sebagai bahan utama untuk pembuatan gula. Tanaman tebu memiliki nilai ekonomis tinggi dan sudah menyumbang kurang lebih sebesar 80% gula di seluruh dunia (Grivet and Arruda, 2002). Taksonomi merupakan salah satu cabang ilmu yang berfokus untuk mempelajari klasifikasi, identifikasi serta tatanan penamaan makhluk hidup. Taksonomi berasal dari Bahasa Yunani, yang terdiri atas 2 kata yaitu kata “*taxis*” yang memiliki arti pengaturan dan kata “*nomos*” yang berarti metode. Dalam cakupan botani, taksonomi ini merupakan salah satu ilmu dasar yang digunakan untuk mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan dengan persamaan ataupun perbedaan melalui karakteristik morfologi, anatomi, fisiologi dan genetiknya. Taksonomi memiliki tujuan untuk mengelompokkan atau mengidentifikasi keragaman makhluk hidup berdasarkan dengan hubungan kekerabatan evolusioner yang dapat digunakan untuk memudahkan pengaplikasiannya khususnya dalam bidang pertanian. Menurut (Moore and Botha, 2013) taksonomi dalam bidang pertanian sangat penting digunakan untuk mengembangkan sistem

klasifikasi untuk mendukung pemuliaan tanaman, konservasi varietas tanaman, dan manajemen sumberdaya hayati secara berkelanjutan. Taksonomi khususnya pada tanaman tebu dapat digunakan membantu para pemulia tanaman untuk memilih varietas induk unggulan, mencegah terjadinya *inbreeding* serta untuk meningkatkan konservasi plasma nutfah tebu.

Sistem klasifikasi tanaman yang modern berasal dari sistem *Binomial Linnaeus* yang berkembang melalui analisis genetik dan evolusioner. Menurut Pan pada tahun 2010, melalui pendekatan molekuler seperti penggunaan *DNA barcoding* tebu dapat diklasifikasikan berdasarkan kedekatan genetik antar spesiesnya. Berikut adalah klasifikasi dari tanaman tebu :

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Trachebionta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Ordo : Poales
Famili : Poaceae
Genus : Saccharum
Spesies : *Saccharum officinarum* L.

Menurut Singh et al., 2015 berdasarkan klasifikasi secara modern semua spesies *Saccharum* termasuk dalam Kerajaan Plantae. Sebagai tumbuhan berbunga tebu tergolong dalam tumbuhan berbiji (magnoliophyta) dengan ciri memiliki daun tunggal lembaga sehingga tergolong dalam kelas monokotil. Tebu dalam kelas monokotil

digolongkan diantara jenis rumput-rumputan yang memiliki struktur batang beruas-ruas dengan bentuk daun memanjang serta memiliki sistem pertulangan daun yang sejajar. Pada tingkatan ordo, tebu digolongkan dalam *Ordo Poales* yaitu golongan rumput-rumputan seperti padi dan semanggi.

Berdasarkan studi sejarah dan ilmu genetika, tanaman tebu mengalami domestikasi yang kompleks, sehingga ditemukan 6 spesies tebu yang utama.

1. *S. Officinarum* merupakan spesies tebu dengan kandungan sukrosa yang sangat tinggi. Spesies tebu ini memiliki batang besar dan tebal dengan warna hijau sehingga banyak menghasilkan cairan manis. Jumlah kromosomnya $2n=80$. Spesies ini merupakan spesies murni hasil dari domestikasi.
2. *S. spontaneum* memiliki kandungan sukrosa yang rendah. Batang tanaman tebu sangat kecil dan kandungan polimorf tinggi. Memiliki jumlah kromosom $2n=40-128$. Penyebarannya mulai dari Asia Selatan sampai dengan Afrika. Spesies ini juga dikenal tahan penyakit dan lingkungan ekstrem sehingga dapat digunakan sebagai sumber sifat tahan dalam pemuliaan.
3. *S. robustum* merupakan tebu asli spesies endemik yang berasal dari negara Papua Nugini. Memiliki batang panjang, tumbuh tegak tinggi mencapai 10 m, akan tetapi kandungan sukrosanya rendah. Spesies memiliki kromosom $2n=60$ dan $2n=80$.
4. *S. barberi* ini merupakan tebu dengan spesies lama yang berasal dari daerah Asia. Batang spesies ini berukuran kecil dan kandungan sukrosanya rendah. Memiliki jumlah kromosom $2n=111-120$.

5. *S. sinensis* merupakan spesies hasil domestikasi di negara Cina. Memiliki batang pendek dengan kandungan sukrosa rendah dan jumlah kromosom $2n=80-124$.
6. *S. edule* memiliki kemiripan dengan *S. robustum* tetapi perbedaannya terdapat pada malai bunga yang terbungkus rapat. Memiliki sukrosa yang rendah dengan jumlah kromosom $2n=60-80$. Grivet & Arruda, 2002 menyatakan bahwa sistem domestikasi dan hibridisasi secara alami memiliki peran penting dalam pembentukan spesies tebu yang modern saat ini

B. Morfologi Tanaman Tebu

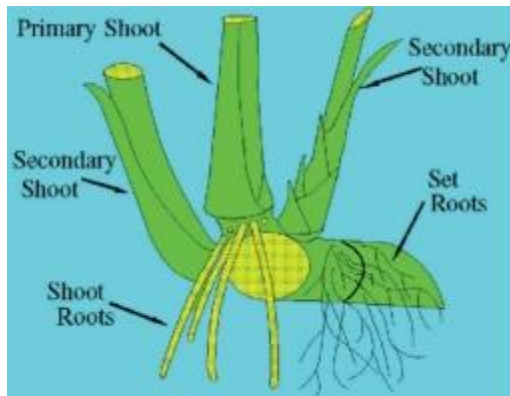
Morfologi merupakan salah satu cabang ilmu yang berfokus untuk mempelajari tentang bentuk fisik maupun struktur dari bagian-bagian tumbuhan. Kata morfologi berasal dari Bahasa latin yang terdiri dari dua kata yaitu "*morfush*" yang berarti bentuk atau wujud dan "*logos*" yang berarti ilmu. Ilmu morfologi dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi secara visual keanekaragaman tumbuhan. Morfologi tumbuhan berfokus mengenai studi tentang bentuk dari bagian organ tumbuhan seperti organ akar, organ batang, organ daun, organ bunga, organ buah dan biji.. Cabang ilmu lain yang berhubungan dengan morfologi tumbuhan diantaranya: Ilmu Botani, Fisiologi, Mikrobiologi, Anatomi, Genetika, Evolusi, Bakteriologi, Mikologi, Rekayasa Genetika dan Taksonomi.

Tanaman tebu merupakan tanaman monokotil dengan batang tumbuh lurus tidak bercabang. Tinggi tanaman tebu bisa mencapai 2-5m tergantung dengan varietas dan kondisi lingkungan tumbuh. Tebu memiliki bagian-bagian organ tanaman seperti akar serabut, batang beruas-ruas, daun

pelepah serta memiliki bunga malai yang dapat menghasilkan buah dan biji. Berikut adalah karakteristik morfologi dari tanaman tebu:

1. Akar Tebu

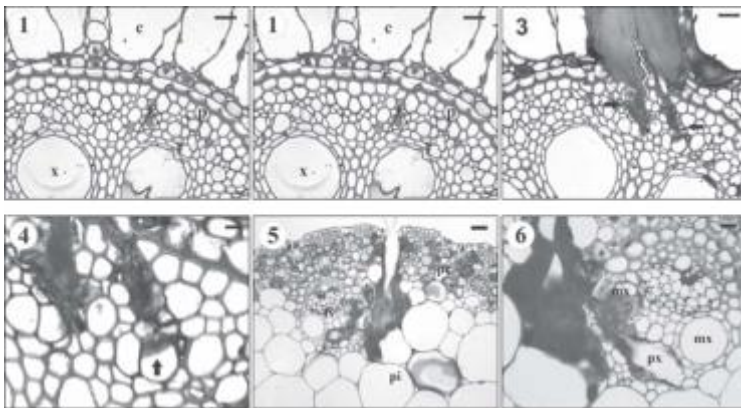
Akar merupakan salah satu organ tumbuhan yang tumbuh ke arah gaya gravitasi bumi menjulur ke dalam tanah. Fungsi dari akar sendiri yaitu untuk menyerap dan menyalurkan air, unsur hara serta mineral-mineral yang berada didalam tanah. Selain itu, akar pada tebu juga bermanfaat untuk menunjang struktur fisik tanaman tebu yang tinggi tegak dan berat serta sebagai reproduksi vegetatif pasca panen yaitu sistem ratoon. Pada beberapa tanaman lain akar dapat berfungsi sebagai penyimpan cadangan nutrisi serta interaksi antar biologis dengan mikroorganisme yang berada didalam tanah. Tebu merupakan jenis tanaman monokotil yang berasal dari famili poaceae, sehingga memiliki jenis perakaran serabut. Sistem perakaran pada tanaman tebu terdiri dari akar stek (adventif) dan akar tunas (primer).



Gambar 2. 1 Akar tebu

(Sumber: Sandhu et al., 2016)

Akar tebu dapat menembus hingga kedalam 0,5-1m didalam tanah. Pada bagian ujung pada akar tebu terdapat tudung akar (*calyptra*) yang berguna untuk melindungi bagian ujung akar yang masih muda. Akar tunas tebu berasal dari mata tunas pada ruas-ruas batang dengan ciri tebal dan tidak bercabang banyak. Struktur morfologi akar tebu pada umumnya sama halnya dengan akar pada tanaman monokotil pada umumnya.



Gambar 2. 2 penampang melintang akar tebu dibawah mikroskop: korteks(c), endodermis (e), perisikel(p), xilem(x), dan floem(f).

(Sumber: Garcia et al., 2007)

Berikut adalah bagian-bagian akar pada tanaman tebu:

a. Epidermis

Epidermis merupakan lapisan terluar dari bagian akar yang tersusun atas dari sel-sel hidup yang memiliki dinding tipis. Epidermis akan berkembang menjadi bagian akar rambut yang berfungsi untuk penyerapan air, mineral dan hara didalam tanah.

b. Korteks

Korteks merupakan lapisan yang terdiri dari jaringan-jaringan parenkim yang berperan sebagai penyimpanan cadangan makanan. Korteks merupakan jalur yang utama untuk pergerakan air dan hara diantara sel-sel tanaman.

c. Endodermis

Endodermis adalah lapisan yang berperan sebagai pemisah antar korteks dan silinder pusat. Didalam endodermis terdapat pita caspary yang memiliki fungsi untuk mengatur masuknya air ke dalam xilem.

d. Stele

Didalam stele terdapat perisikel, jaringan xilem dan jaringan floem. Xylem berperan dalam pengangkutan unsur hara, air dan mineral, sedangkan floem berperan untuk mengangkut dan menyalurkan hasil fotosintesis.

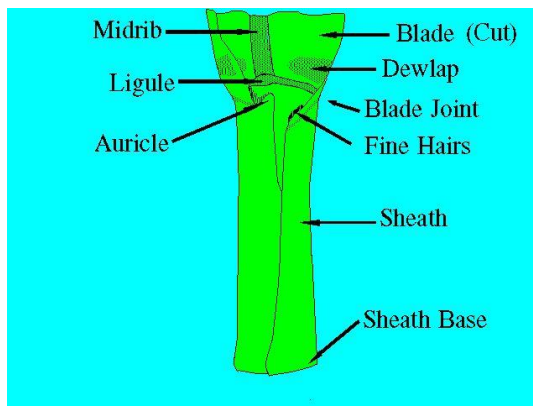
2. Daun

Pada umumnya sebagian besar organ tumbuhan terdiri dari daun. Daun pada tumbuhan terletak pada bagian batang. Bagian batang yang menjadi tempat duduknya daun disebut dengan buku-buku (*nodus*). Sudut diantara batang dan daun disebut dengan ketiak daun (*axilla*). Bagian-bagian daun yang lengkap terdiri dari upih daun/ pelepah daun, tangkai daun (*petiolus*) dan helai daun (*lamina*). Daun biasanya berbentuk helaian tipis dan pipih serta berwarna hijau karena mengandung klorofil. Fungsi dari daun sendiri diantaranya yaitu :

- a. Resorbsi, yaitu tempat pengambilan zat makanan yang berupa CO₂.

- b. Asimilasi, yaitu tempat pengolahan zat makanan
- c. Transpirasi, yaitu tempat penguapan air
- d. Respirasi, yaitu tempat pernapasan pada tumbuhan.

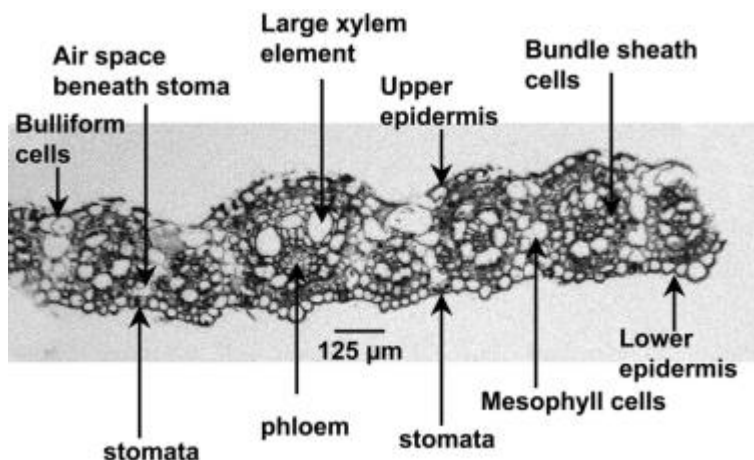
Daun pada tanaman tebu termasuk daun yang tidak lengkap, karena hanya terdiri dari pelepah daun (*leaf sheath*) dan helaian daun (*leaf blade*) saja. Daun pada tebu tidak memiliki tangkai daun (*petiolus*) sehingga daun langsung menempel pada ruas-ruas batang tanaman tebu. Warna daun tebu yaitu warna hijau muda sampai dengan hijau tua. Daun tebu tumbuh diantara ruas-ruas batang tebu. Pelepah daun pada tanaman tebu berfungsi untuk melindungi daun yang masih muda. Pelepah daun ini melingkupi batang mulai dari pangkal yang paling lebar sampai bagian menyempit yaitu pucuk daun. Pada daun tebu terdapat bulu-bulu halus yang menempel pada permukaan daun. Daun tebu berbentuk helaian panjang. Daun tebu tersusun secara berselang-seling pada bagian ruas-ruas batang dan saling berhadapan berlawananan.



Gambar 2. 3 Daun tebu

(Sumber: Sandhu et al., 2016)

Helai daun berbentuk pita panjang dengan lebar 2-7 cm dan panjang 1-2 m dengan ujung daun runcing. Pertulangan daun sejajar dengan tepi daun bergerigi halus. Permukaan daun dilapisi oleh kutikula dan juga terdapat ligula membran diantara pelepah dan helai daun. Daun akan menangkap cahaya matahari untuk melakukan proses fotosintesis.



Gambar 2. 4 Penampang melintang daun tebu dibawah mikroskop

(Sumber: Legaz et al., 2006)

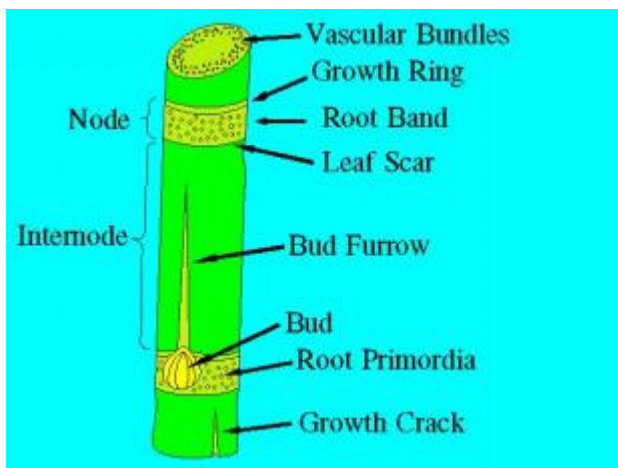
Menurut (Syabrina et al, 2023) daun pada tanaman tebu berperan dalam proses fotosintesis dan proses transpirasi berfungsi sebagai ketahanan mekanis seperti karena adanya angin, gesekan dan patogen. Lapisan terluar dari daun yaitu lapisan epidermis yang banyak mengandung stomata. Lapisan mesofil berfungsi untuk tempat terjadinya fotosintesis. Berkas pembuluh terdiri dari jaringan xilem dan jaringan floem yang berfungsi untuk transportasi air dan nutrisi pada tanaman.

3. Batang

Batang merupakan salah satu organ tumbuhan yang memiliki peran penting karena berfungsi sebagai penopang tubuh tumbuhan untuk berdiri tegak. Menurut (Nurdiana, 2020) Batang pada tanaman memiliki beberapa fungsi, diantaranya:

- a. Batang berperan untuk menopang bagian organ tumbuhan lain yang berada di atas tanah seperti daun, bunga dan buah.
- b. Batang berfungsi sebagai jalur transportasi air, garam dan mineral ke seluruh bagian tubuh tumbuhan.
- c. Pada beberapa batang tumbuhan juga sudah termodifikasi sebagai tempat untuk penyimpanan cadangan makanan.
- d. Batang juga merupakan alat perkembangbiakan tumbuhan secara vegetatif.
- e. Selain itu, juga sebagai jalur pengangkut bahan makanan dari organ daun ke bagian organ akar tumbuhan.

Batang pada tanaman tebu berbentuk silinder dengan ruas-ruas (*internodus*) dan buku-buku (*nodus*). Setiap nodus dapat ditempati oleh pelepah daun, mata tunas dan primordia akar. Batang tebu tumbuh tegak tidak bercabang, tingginya bisa sampai mencapai 6 m tergantung setiap varietasnya. Tebu merupakan tanaman penghasil gula, sehingga sebagian besar hasil dari fotosintesis terdapat didalam batang. Sukrosa merupakan hasil utamanya yang diproduksi dan terakumulasi di dalam batang tebu.



Gambar 2. 5 Batang tebu

(Sumber: Sandhu et al., 2016)

4. Bunga

Bunga merupakan alat perkembangbiakan tumbuhan secara generatif. Pada bagian organ bunga inilah terdapat proses penyerbukan dan pembuahan. Setelah terjadinya penyerbukan dan pembuahan akan terbentuk buah dan biji. Bunga pada tumbuhan merupakan penjelmaan dari salah satu atau kombinasi dari bagian akar, batang ataupun daun pada tumbuhan.

Bunga pada tanaman tebu termasuk dalam bunga majemuk berbentuk malai, cabang-cabang keluar dari tangkai utama dengan pertumbuhan yang terbatas. Bunga majemuk terbatas ini dicirikan dengan bagian ujung majemuk bunga ditutup dengan satu bunga dibagian paling ujung/ pucuk. Terdapat banyak spikelet pada setiap cabang bunga tebu yang terletak didalam malai. Setiap spikelet terdiri dari dua bunga sempurna dimana satu sesil melekat

tanpa tangkai dan satu pediselat memiliki tangkai yang kecil. Masing-masing spikelet ini memiliki bunga fertil. Pada pangkal spikelet terdapat bulu-bulu putih halus.



Gambar 2. 6 Kepala Sari yang menggantung pada bunga tebu

(Sumber: Hermsen E J., 2023)

Setiap bunga tebu tersusun dari tiga bagian daun kelopak, satu bagian daun mahkota dan tiga bagian benang sari sebagai penghasil serbuk sari (jantan) serta dua kepala putik sebagai penghasil bakal biji (betina) (Afiq et al., 2020). Bunga tebu tergolong dalam bunga yang sempurna (hermaprodit), akan membentuk buah setelah terjadinya penyerbukan. Bunga tanaman tebu berbentuk malai terbuka yang terletak dibagian ujung batang saat tanaman tebu sudah cukup umur. Didalam malai bunga tebu tersebut terdapat ribuan bunga-bunga kecil yang tersusun rapi. Panjang bunga tebu berkisar antara 70-90 cm.

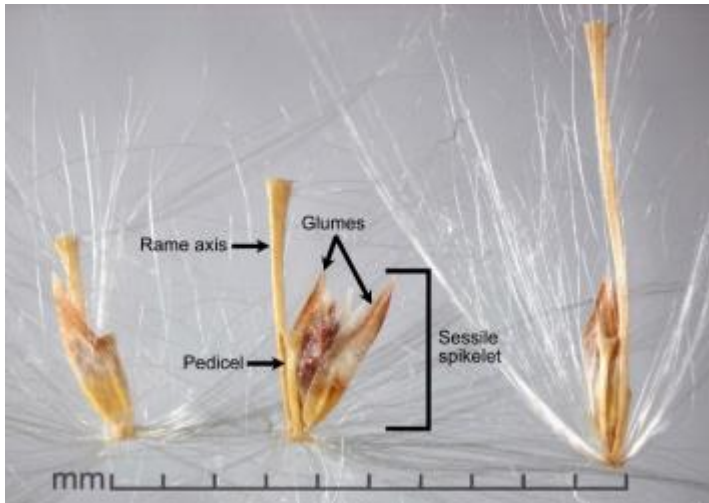


Gambar 2. 7 Bunga tebu berbentuk malai

(Sumber: Hermesen E J., 2023)

5. Buah dan Biji

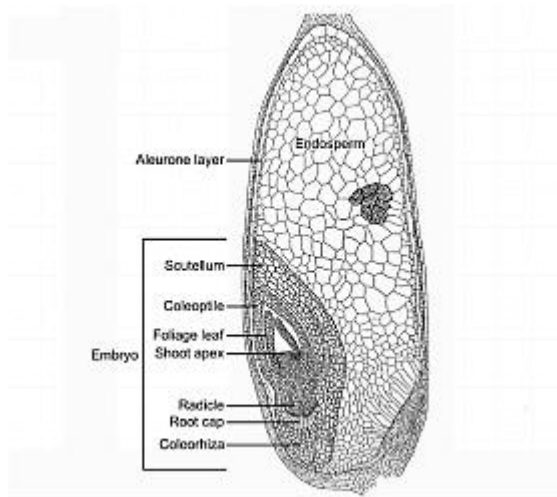
Setelah terjadi penyerbukan pada bunga maka akan terjadi proses pembuahan. Bakal buah nantinya akan tumbuh dan berkembang menjadi buah. Bakal biji nantinya akan tumbuh menjadi biji. Bunga tebu setelah mengalami penyerbukan dan pembuahan akan membentuk buah. Buahnya berbentuk bulir (kariopsis). Buah kariopsis memiliki ciri-ciri dinding buah berkulit tipis, hanya mengandung 1 buah biji dan kulit biji sangat berlekatan dengan bijinya. Buah tebu berbentuk butiran kecil dengan panjang kurang lebih 1.5 mm dengan dinding buah (perikarp) yang melekat pada kulit biji (testa). Biji tebu mengandung embrio tanaman muda dan endosperm yang banyak mengandung zat tepung. Endosperm juga dilapisi dengan lapisan tipis aleuron.



Gambar 2. 8 Bunga tebu berbentuk malai

(Sumber: Hermesen E J., 2023)

Malai bunga tebu akan lepas dengan sendirinya saat sudah matang. Spikelet pedisel akan terlepas bersama dengan tangkainya, sementara spikelet sesil akan terbawa terbang potongan cabang malai. Buah tebu (kariopsis) terdiri dari embrio dan endosperma yang dilapisi oleh perikarp (dinding buah). Kulit biji terbentuk dari selaput bakal biji atau yang disebut dengan *integumen*. Pada tumbuhan berbiji tertutup, kulit bijinya terdiri atas dua lapisan yaitu lapisan kulit lua (*testa*) dan lapisan kulit dalam (*tegmen*). Lapisan kulit dalam ini biasanya bersifat sangat tipis seperti selaput atau sering kita sebut dengan kulit ari. Diujung atas embrio terdapat koleoptil sedangkan diujung bawah terdapat radikula. Kotidelon atau calon daun melekat pada embrio di antara plumula dan radikula. Lapisan terluar dari endosperm disebut lapisan aleuron. Penampang kariopsis dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 9 Penampang biji tebu

(Sumber: Artschwager et al., 1958)

Gambar diatas menunjukkan bahwa didalam embrio terdapat beberapa bagian inti lagi seperti *coleoptil*, *choleorhiza*, *scutellum*, *plumula* dan *radikula*. Anatomi biji tebu akan mirip dengan biji-bijian dari jenis rerumpunan yang sama. Buah tebu ini biasanya akan matang setelah berumur 3 minggu. Buah tebu yang sudah matang ini akan lepas dengan sendirinya dan terbang terbawa angin. Biji tebu ini sangat ringan dan ukurannya kecil. Pada budidaya tanaman tebu, pembentukan biji atau perbanyak tanaman menggunakan biji tidak dimanfaatkan secara komersial karena adanya sifat ketidakstabilan pada tebu itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiq, N. *et al.* (2020) *Klasifikasi Kematangan Tebu Berdasarkan Tekstur Batang Menggunakan Metode Naive Bayes.*
- Artschwager, E., Brandes Formerly, E.W. and Pathologist, H. (1958) *Sugarcane (Saccharum Officinarum L.) Classification Characteristics and Descriptions of Representative Clones.*
- Elizabeth J. Hermesen (2023) *Sugarcane morphology and anatomy, National Science Foundation.*
- Garcia, J.F. *et al.* (2007) *Feeding Site of the Spittlebug Mahanarva fimbriolata (STÅL) (Hemiptera: Cercopidae) on Sugarcane, Sci. Agric.*
- Grivet, L. and Arruda, P. (2002) 'Sugarcane Genomics: Depicting the Complex Genome of an Important Tropical Crop', *Current Opinion in Plant Biology*, 5(2), pp. 122–127.
- Legaz, M.E. *et al.* (2006) 'Ultrastructural Alterations of Sugarcane Leaves Caused by Common Sugarcane Pathogens', *Belg. Journ. Bot*, 139 (1), pp. 79–91.
- Moore, P.H. and Botha, F.C. (2013) 'Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology', in *Wiley Blackwell*. 1st edn. Oxford: Wiley.
- Nurdiana (2020) *Morfologi Tumbuhan*. Mataram.
- Pan, Y.-B. (2010) 'Databasing Molecular Identities of Sugarcane (Saccharum spp.) Clones Constructed with

Microsatellite (SSR) DNA Markers', *American Journal of Plant Sciences*, 01(02), pp. 87–94.

Sandhu, H.S. *et al.* (2016) *Sugarcane Botany: A Brief View 1 Main Parts of the Plant*. Available at: <https://edis.ifas.ufl.edu>.

Syabrina, A. *et al.* (2023) 'Identification of Stomata Types in Plants of The Genus *Saccharum*', *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), pp. 485–494.

BAB 3

SYARAT TUMBUH DAN AGROEKOLOGI TANAMAN TEBU

Oleh Muhammad Yusuf Dibisono. SP. MP

A. Pendahuluan

Tebu (genus *Saccharum*) merupakan tanaman pangan-industri yang memiliki peranan penting dalam produksi gula, bioethanol, dan biomassa. Tanaman ini membutuhkan kondisi agroekologi yang optimal untuk pertumbuhannya yang baik. Kondisi tersebut meliputi faktor iklim, tanah, air, serta praktik pengelolaan yang diterapkan oleh petani. Iklim tropis dengan suhu antara 25°C hingga 30°C dan curah hujan yang cukup ideal sangat mendukung pertumbuhan tebu, karena tanaman ini memerlukan suhu yang stabil dan sinar matahari yang cukup untuk memaksimalkan proses fotosintesis dan pembentukan gula di batangnya.

Tanah yang ideal untuk budidaya tebu adalah tanah yang subur, berstruktur gembur, dan memiliki drainase yang baik. Tanah dengan pH antara 5,5 hingga 7,0 memberikan kondisi terbaik bagi penyerapan unsur hara yang diperlukan tebu untuk tumbuh optimal (Sutanto, 2019). Selain itu, tebu juga memerlukan pasokan air yang cukup, dengan kelembapan yang tinggi, namun tidak tergenang, agar akar tidak terhalang dalam menyerap nutrisi.

Praktik pengelolaan juga memainkan peran penting dalam memastikan kesuksesan budidaya tebu. Salah satu faktor pengelolaan yang penting adalah pemilihan varietas yang sesuai dengan kondisi lokal. Varietas unggul yang tahan terhadap serangan hama dan penyakit serta memiliki potensi sukrosa yang tinggi akan memberikan hasil yang maksimal. Oleh karena itu, memahami syarat tumbuh yang optimal, termasuk kondisi agroekologi dan praktik pengelolaan yang tepat, sangat penting untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan produksi tebu di berbagai daerah.

B. Persyaratan Iklim

Tebu (*Saccharum officinarum*) memerlukan kondisi iklim yang spesifik untuk dapat tumbuh optimal. Suhu merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi proses pertumbuhan vegetatif dan akumulasi sukrosa dalam batang tebu. Secara umum, pertumbuhan vegetatif tebu dan akumulasi sukrosa optimal pada suhu harian rata-rata antara 20–34°C, dengan suhu malam yang tidak terlalu rendah, agar proses respirasi tetap berjalan efisien. Suhu rendah pada malam hari atau selama periode perkecambahan dapat menghambat tunas baru dan memperlambat proses pembentukan gula, yang berdampak langsung pada rendemen (PMCFrontiers, 2021).

Selain suhu, curah hujan juga menjadi faktor penentu dalam budidaya tebu. Produksi tebu komersial biasanya paling baik pada daerah dengan curah hujan tahunan antara 1.000–2.000 mm. Pada daerah yang tidak memiliki curah hujan yang merata sepanjang tahun, seperti daerah tadah hujan, pengelolaan irigasi menjadi sangat penting, terutama pada musim kemarau. Pada daerah kering, irigasi terutama

diperlukan pada fase awal pembentukan batang untuk memastikan suplai air yang cukup guna mendukung pertumbuhan tanaman. Tanpa pasokan air yang memadai, tebu dapat mengalami stres dan penurunan hasil.

Kondisi kelembapan dan evaporasi juga berpengaruh pada kualitas pertumbuhan tebu. Kelembapan relatif yang tinggi, disertai dengan evaporasi yang moderat, membantu mendukung fotosintesis dan penyerapan unsur hara. Namun, kelembapan yang sangat rendah, ditambah dengan suhu tinggi, dapat menyebabkan stres air pada tanaman. Hal ini berisiko menurunkan rendemen gula, karena tanaman akan mengurangi proses metabolisme untuk bertahan hidup, bukan untuk meningkatkan akumulasi sukrosa (Frontiers, 2021).

Secara keseluruhan, pemahaman terhadap persyaratan iklim ini sangat penting untuk memastikan kondisi tumbuh yang ideal bagi tebu, serta untuk merencanakan sistem irigasi yang efektif dan memilih varietas yang sesuai dengan kondisi lokal.

C. Persyaratan Tanah

1. Tanah yang baik merupakan salah satu faktor utama dalam mencapai hasil maksimal dalam budidaya tebu (*Saccharum officinarum*). Salah satu parameter yang sangat mempengaruhi kesuksesan budidaya tebu adalah pH tanah.
2. Tanaman tebu menghendaki tanah yang gembur sehingga aerasi udara dan perakaran dapat berkembang dengan baik. Solum tanah minimal 50 cm, pH antara 6-7,5. Pada pH yang tinggi ketersediaan unsur hara menjadi terbatas.. (Kiswanto dan Bambang, 2014) Pada

pH ini, ketersediaan hara, terutama nitrogen, menjadi lebih efisien dan mudah diserap oleh tanaman. Jika pH tanah lebih rendah dari 6, pemberian kapur (liming) sering dianjurkan untuk menetralkan keasaman dan memperbaiki kesuburan tanah. Keasaman yang tinggi dapat menghambat ketersediaan hara dan memengaruhi aktivitas mikroorganisme tanah yang bermanfaat.

Tabel 3. 1 Kesesuaian Tanah untuk Tebu

Kriteria Tanah	Kelas S1 (Sangat Sesuai)	Kelas S2 (Sesuai)	Kelas S3 (Kurang Sesuai)
Tekstur	Lempung berpasir – lempung liat	Liat berpasir atau pasir berlempung	Pasir kasar / liat berat
pH	6,0–6,5	5,5–6,0 atau 6,5–7,5	<5,5 atau >7,5
Kedalaman efektif	>100 cm	75–100 cm	<75 cm
Drainase	Baik	Sedang	Buruk
Salinitas (EC dS/m)	<1,7	1,7–3,0	>3,0

- Selain pH, tekstur dan drainase tanah juga sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tebu. Tanah yang ideal untuk tebu adalah tanah yang memiliki struktur gembur, dengan drainase yang baik untuk menghindari penumpukan air yang dapat menyebabkan pembusukan

akar. Tanah dengan tekstur lempung berpasir hingga lempung sedang adalah yang terbaik untuk pertumbuhan tebu. Sebaliknya, tanah yang terlalu berat (seperti vertisol) atau terlalu berpasir dapat memengaruhi pertumbuhan akar, menghambat penetrasi air, dan memperburuk kualitas tanaman tebu (Jurnal Universitas Gadjah Mada, 2018).

4. Kesuburan tanah juga sangat penting untuk mendukung pertumbuhan tebu yang optimal. Tebu membutuhkan nitrogen (N) dan kalium (K) dalam jumlah tinggi untuk mendukung pertumbuhannya. Kalium, khususnya, berperan besar dalam pemindahan gula ke batang tebu, yang langsung berdampak pada rendemen. Ketersediaan fosfor (P) dan unsur mikro lainnya juga sangat penting, meskipun kebutuhan tebu terhadap unsur ini tidak sebesar nitrogen dan kalium. Tanah yang subur dengan kandungan hara yang seimbang akan mendukung tanaman tebu dalam mencapai potensi maksimalnya.
5. Salinitas: Tebu relatif sensitif terhadap kelebihan garam; salinitas meningkatkan tekanan air tanaman dan menurunkan produksi.

D. Kebutuhan Air dan Sistem Irigasi

Air merupakan faktor yang sangat penting dalam produksi tebu, terutama pada fase-fase kritis pertumbuhan seperti perkecambahan, pembentukan batang, dan periode pengisian sukrosa. Tanaman tebu membutuhkan pasokan air yang cukup untuk mendukung pertumbuhannya yang optimal, di mana air berperan dalam proses fotosintesis, pemeliharaan turgor sel, dan pengangkutan unsur hara dari akar ke seluruh bagian tanaman. Tanpa manajemen air yang

tepat, hasil yang dihasilkan bisa jauh dari potensi maksimalnya.

Pada fase perkecambahan, kebutuhan air cukup tinggi untuk memastikan bibit tumbuh dengan baik. Begitu juga pada fase pembentukan batang, pasokan air yang memadai sangat diperlukan untuk mendukung pembentukan massa batang dan pertumbuhan vegetatif. Selain itu, pada fase pengisian sukrosa, air menjadi kunci dalam proses metabolisme tanaman yang berhubungan langsung dengan peningkatan kandungan gula di batang tebu.

Manajemen air yang baik sangat diperlukan untuk mencapai hasil produksi yang optimal, terutama di daerah dengan curah hujan yang tidak merata. Beberapa metode irigasi yang umum digunakan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman tebu adalah irigasi tetes dan irigasi banjir terkontrol. Irigasi tetes memberikan pasokan air langsung ke akar tanaman secara efisien, mengurangi penguapan dan pemborosan air. Sementara itu, di daerah yang lebih besar, terutama pada lahan tebu yang luas, irigasi banjir terkontrol digunakan untuk memastikan distribusi air yang merata di seluruh area pertanaman.

Penerapan sistem irigasi yang sesuai dengan sumber daya air yang tersedia sangat penting untuk mendukung keberlanjutan pertumbuhan tanaman tebu. Pada beberapa negara yang memiliki musim kering panjang, sistem irigasi modern, seperti irigasi otomatis berbasis teknologi sensor untuk mendeteksi kelembapan tanah, juga semakin diterapkan untuk mengoptimalkan penggunaan air dan menjaga efisiensi (Banu, 2020).

1. Peranan Air bagi Tebu

Tebu adalah tanaman dengan biomassa tinggi yang sangat bergantung pada pasokan air yang cukup sepanjang siklus hidupnya. Air berperan dalam berbagai proses penting yang memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan produksi gula dari tanaman tebu. Berikut adalah peran utama air dalam budidaya tebu:

a. Fotosintesis dan Transpor Sukrosa

Air memainkan peran utama dalam proses fotosintesis, yang merupakan dasar produksi energi bagi tanaman. Dalam proses ini, air digunakan untuk memecah molekul air menjadi oksigen dan hidrogen, yang diperlukan untuk sintesis glukosa. Selain itu, air juga berperan dalam **transpor sukrosa** dari daun ke batang dan akar. Sukrosa yang terbentuk melalui fotosintesis akan diangkut ke batang, yang kemudian diubah menjadi gula kristal selama proses pemasakan. Tanpa cukup air, proses ini terganggu, yang dapat menurunkan rendemen gula pada tanaman tebu (FAOHome, 2019).

b. Pertumbuhan Vegetatif (Pembentukan Batang dan Daun)

Air juga sangat penting untuk pertumbuhan vegetatif, yaitu pembentukan batang dan daun. Tebu membutuhkan pasokan air yang stabil untuk mempercepat pembelahan sel, pembentukan jaringan baru, dan peningkatan panjang batang. Pada fase awal pertumbuhan, air mendukung pembentukan akar dan akar lateral yang sehat, yang sangat penting untuk penyerapan unsur hara dan air. Kekurangan air selama fase ini dapat menghambat perkembangan tanaman, yang akan berdampak langsung pada hasil panen tebu.

c. Menjaga Turgor Sel dan Mencegah Kelayuan

Turgor sel, yang merujuk pada tekanan internal sel terhadap dinding sel, sangat penting dalam menjaga kekuatan struktural tanaman. Air menjaga turgor sel, yang memungkinkan tanaman tebu untuk tetap tegak dan berkembang dengan baik. Jika tanaman kekurangan air, turgor sel berkurang, dan tanaman akan mulai mengalami kelayuan. Kelayuan ini bisa berpengaruh negatif terhadap kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi dan memengaruhi pertumbuhannya (Kumar et al., 2022).

d. Mempengaruhi Rendemen Gula pada Masa Pemasakan

Ketersediaan air juga memengaruhi rendemen gula pada tanaman tebu, khususnya selama fase pemasakan. Pada fase ini, tanaman membutuhkan pasokan air yang cukup untuk mendukung metabolisme tanaman yang berkaitan dengan akumulasi sukrosa dalam batang. Kekurangan air pada fase pemasakan dapat menyebabkan penurunan kadar gula dan rendemen yang lebih rendah. Oleh karena itu, menjaga keseimbangan air pada masa ini sangat penting untuk mencapai produksi gula yang optimal (Banu et al., 2021).

2. Kebutuhan Air per Fase Pertumbuhan

Kebutuhan air tebu tidak sama pada setiap fase pertumbuhan.

Tabel 3. 2 Kebutuhan Air per Fase Pertumbuhan

Fase Pertumbuhan	Lama (minggu)	Kebutuhan Air (mm/hari)	Catatan Penting
Perkecambahan (Germination)	4-6	3-4	Kelembapan tanah harus stabil untuk memacu tunas.
Pembentukan Batang (Tillering)	6-14	4-5	Kekurangan air dapat mengurangi jumlah batang produktif
Pemanjangan Batang (Grand Growth)	14-32	5-7	Fase kritis kebutuhan air tertinggi.
Pemasakan (Maturation)	32-40	2-4	Air berlebih dapat menurunkan akumulasi sukrosa
Menjelang Panen	-	Minimal	Fase kering diperlukan untuk rendemen gula optimal.

3. Sumber Air untuk Tebu

Tebu memerlukan pasokan air yang cukup sepanjang siklus hidupnya, dan ada berbagai sumber air yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Hujan alami adalah sumber utama air bagi tanaman tebu di daerah tropis basah, di mana curah hujan tahunan cukup tinggi

untuk mendukung pertumbuhannya. Di daerah dengan curah hujan tidak merata, irigasi teknis seperti air permukaan (dari sungai atau bendungan) dan air tanah digunakan untuk mendukung pertumbuhan tebu. Irigasi teknis memungkinkan pengelolaan yang lebih baik terhadap distribusi air selama musim kemarau. Namun, pada fase kritis pertumbuhan atau ketika terjadi kekeringan, irigasi tambahan sangat diperlukan untuk mencegah tanaman mengalami stres air yang dapat menurunkan hasil panen dan kualitas gula (Kumar et al., 2022; FAOHome, 2020).

4. Sistem Irigasi yang Umum Digunakan

Berbagai metode **irigasi** digunakan untuk memastikan pasokan air yang cukup untuk tanaman tebu. Setiap sistem irigasi memiliki kelebihan dan kekurangan, serta penggunaan yang lebih cocok di kondisi tertentu.

a. Irigasi Permukaan (*Surface Irrigation*)

Metode alur (*furrow irrigation*) adalah salah satu jenis irigasi permukaan yang banyak digunakan di perkebunan tebu, terutama di daerah Jawa dan Sumatra. Metode ini cukup murah karena tidak memerlukan teknologi canggih, namun boros air jika tidak dikontrol dengan baik. Dalam sistem ini, air mengalir melalui saluran yang dibuat di permukaan tanah dan masuk ke dalam alur-alur yang berisi tanaman. Meskipun murah, sistem ini tidak efisien dalam penggunaan air, terutama jika tidak ada pengaturan distribusi yang tepat (Banu et al., 2021).

b. Irigasi Tetes (*Drip Irrigation*)

Irigasi tetes merupakan metode yang lebih efisien dalam penggunaan air, terutama di daerah dengan

ketersediaan air terbatas atau di wilayah kering. Sistem ini memberikan air langsung ke akar tanaman dalam jumlah yang tepat, mengurangi pemborosan akibat penguapan dan limpasan. Selain itu, sistem ini dapat dilengkapi dengan fertigasi, yaitu pemupukan melalui air, yang memungkinkan pemberian nutrisi secara langsung ke tanaman (ScienceDirect, 2020). Metode ini sangat efektif dalam meningkatkan hasil tebu di lahan dengan keterbatasan air.

c. Irigasi Sprinkler

Irigasi sprinkler memberikan distribusi air yang lebih merata melalui penyemprotan air dari pipa yang terhubung dengan kepala penyemprot. Meskipun dapat merata dalam distribusi air, sistem ini kurang umum digunakan untuk tanaman tebu karena biaya tinggi dan potensi risiko penyakit daun yang dapat berkembang akibat kelembapan berlebih pada daun tebu (Kothari et al., 2019). Meskipun memberikan hasil yang baik di beberapa tanaman lain, irigasi sprinkler tidak selalu cocok untuk tebu yang memerlukan pengaturan kelembapan yang lebih tepat.

5. Manajemen Air

Manajemen air yang efisien sangat penting untuk menjaga kualitas tanaman tebu dan mengoptimalkan produksi gula. Untuk menentukan waktu penyiraman yang tepat, penggunaan *soil moisture sensor* atau pengamatan lapangan sangat dianjurkan. Alat sensor kelembapan tanah dapat membantu petani mengetahui kondisi kelembapan tanah secara akurat, sehingga penyiraman dapat dilakukan tepat waktu, menghindari kekurangan atau kelebihan air yang merugikan tanaman.

Selain itu, pada fase pemasakan, pemberian air yang berlebihan harus dihindari karena dapat menurunkan rendemen gula dan kualitas tanaman tebu. Oleh karena itu, penting untuk mengatur jadwal irigasi agar air hanya diberikan saat diperlukan. Praktik konservasi kelembapan tanah, seperti penggunaan mulsa atau sisa daun tebu (trash blanket), juga sangat efektif untuk menjaga kelembapan tanah, mengurangi penguapan, dan memperbaiki struktur tanah, sehingga tanaman tetap memperoleh air yang cukup tanpa pemborosan.

E. Topografi dan Zonasi Agroekologi

Topografi memainkan peran penting dalam keberhasilan budidaya tebu karena dapat memengaruhi berbagai faktor lingkungan yang mendukung pertumbuhannya. Pertama, topografi mempengaruhi distribusi air hujan dan aliran permukaan. Tanah yang berada pada kemiringan lebih tinggi cenderung memiliki aliran air yang lebih cepat, yang bisa menyebabkan erosi tanah dan pengikisan bahan organik yang dibutuhkan tebu untuk tumbuh. Sebaliknya, lahan yang datar memiliki distribusi air yang lebih merata dan lebih sedikit risiko erosi, yang sangat mendukung pertumbuhan tanaman tebu. Oleh karena itu, pemilihan lahan dengan kemiringan yang rendah hingga sedang sangat dianjurkan untuk budidaya tebu (FAOHome, 2020).

Topografi juga memengaruhi kualitas tanah, termasuk kedalaman dan kesuburan tanah. Tanah yang lebih dalam memungkinkan akar tebu untuk berkembang lebih baik dan menyerap lebih banyak air dan unsur hara. Tanah yang dangkal, terutama di daerah berbukit atau berombak, dapat menghambat pertumbuhan akar dan memperburuk ketahanan tanaman terhadap stres (Frontiers, 2021). Selain

itu, suhu mikroklimat juga dipengaruhi oleh topografi. Di daerah dataran rendah, suhu cenderung lebih stabil dan sesuai untuk pertumbuhan tebu, sementara di daerah dengan ketinggian lebih tinggi, suhu yang lebih dingin bisa menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman tebu (ScienceDirect, 2020).

Tebu dapat tumbuh di berbagai ketinggian mulai dari dataran rendah hingga ± 1.200 m dpl, namun produksi optimal biasanya terjadi pada ketinggian 0–500 m dpl. Pada ketinggian ini, tanaman tebu dapat memperoleh curah hujan yang sesuai dan suhu yang mendukung pertumbuhannya. Suhu optimal untuk tebu adalah sekitar 25–30°C, dan pada ketinggian rendah, suhu ini cenderung lebih stabil dan lebih cocok untuk pengisian sukrosa di batang tebu (Kumar et al., 2022). Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang topografi dan zonasi agroekologi sangat penting untuk meningkatkan hasil dan kualitas tanaman tebu.

Topografi dan zonasi agroekologi memainkan peran penting dalam menentukan kesuksesan budidaya tebu. Secara umum, tebu tumbuh dengan baik di dataran rendah hingga lereng landai, dengan kedalaman tanah yang memadai. Tanah yang terlalu dangkal atau berbatu akan menghambat perkembangan akar dan mengurangi daya serap tanaman terhadap air dan unsur hara. Tanah yang ideal untuk tebu adalah tanah yang dalam, gembur, dan memiliki kemampuan drainase yang baik. Dalam hal ini, tanah aluvial dan latosol sangat cocok untuk tanaman tebu, karena kedua jenis tanah ini mendukung pertumbuhan akar yang optimal dan memperbaiki kapasitas tanaman dalam menyerap air dan unsur hara.

Zonasi agroekologi untuk tebu mempertimbangkan berbagai faktor lingkungan yang mendukung pertumbuhan tanaman. Salah satu faktor utama adalah suhu, dengan suhu optimal berkisar antara 25°C hingga 30°C. Temperatur yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat mengganggu proses fotosintesis dan metabolisme tanaman, yang berdampak pada pengurangan hasil dan kualitas gula yang dihasilkan. Selain itu, curah hujan yang merata juga merupakan faktor penting dalam menentukan wilayah yang sesuai untuk budidaya tebu. Curah hujan yang baik mendukung suplai air yang dibutuhkan tebu selama fase pertumbuhannya, khususnya pada fase pengisian sukrosa.

Zonasi agroekologi tidak hanya mempertimbangkan suhu dan curah hujan, tetapi juga potensi kekeringan dan ketersediaan lahan. Di banyak negara, seperti Brasil, India, dan Indonesia, telah disusun peta zonasi agroekologi tebu yang membantu petani dan pihak industri dalam menentukan lokasi dan sistem tanam yang tepat. Peta ini memetakan daerah-daerah dengan kondisi agroekologi yang sesuai untuk menanam tebu, serta memberikan rekomendasi tentang varietas yang paling cocok untuk setiap wilayah. Penggunaan peta zonasi agroekologi ini sangat penting untuk memaksimalkan hasil dan kualitas tebu serta mendukung keberlanjutan produksi dalam jangka panjang.

Tabel 3. 3 Klasifikasi Topografi untuk Tebu

Kelas Lereng	Kemiringan (%)	Karakteristik	Kesesuaian untuk Tebu
Datar	0 - 3	Drainase baik, mudah mekanisasi	Sangat sesuai (S1)
Landai	3 - 8	Sedikit risiko erosi	Sesuai (S1-S2)
Berombak	8 - 15	Risiko erosi sedang	Perlu konservasi tanah
Curam	➤ 15	Risiko erosi tinggi	Tidak sesuai (N)

Zonasi Agroekologi Tebu di Indonesia

1. Zona A – Iklim Basah (>2.500 mm/tahun)

- Contoh: Sumatra bagian timur, sebagian Sulawesi Selatan.
- Kelebihan: Curah hujan tinggi → cocok tanpa irigasi tambahan.
- Kekurangan: Risiko serangan penyakit daun dan pembusukan batang pada drainase buruk.

2. Zona B – Iklim Sedang (1.500–2.500 mm/tahun)

- Contoh: Jawa Tengah, Jawa Timur, sebagian Lampung.

- Kondisi ideal dengan musim kering cukup untuk pemasakan tebu.
- Sistem irigasi diperlukan di musim kemarau panjang.

3. Zona C – Iklim Kering (<1.500 mm/tahun)

- Contoh: NTB, NTT, sebagian Sulawesi Tenggara.
- Memerlukan irigasi teknis (*drip atau furrow*).

Keunggulan: Rendemen gula tinggi karena musim kering panjang.

Setiap zona agroekologi memiliki karakteristik yang berbeda, yang memengaruhi keputusan terkait pemilihan varietas tebu, sistem irigasi, **dan** praktik budidaya lainnya. Oleh karena itu, pemilihan zona yang tepat sangat penting untuk memastikan produksi tebu yang maksimal dan berkelanjutan.

F. Hubungan Agroekologi dengan Hama, Penyakit, dan Gulma

Kondisi agroekologi sangat mempengaruhi tekanan hama, penyakit, dan gulma pada tanaman tebu. Salah satu faktor utama yang memengaruhi adalah kelembapan, di mana kelembapan yang tinggi dapat meningkatkan prevalensi jamur dan patogen lain yang menyebabkan penyakit pada tanaman tebu. Penyakit seperti karat daun dan penyakit busuk akar sering berkembang pesat dalam kondisi yang lembap. Sebaliknya, kondisi yang kering dan panas dapat mengubah spektrum musuh alami tanaman tebu, memperburuk serangan hama seperti kutu kebul dan ulat pemakan daun, yang dapat merusak tanaman dan mengurangi hasil.

Untuk mengatasi masalah tersebut, manajemen terintegrasi hama dan penyakit (IPM) sangat penting. Praktik-praktik seperti rotasi tanaman, pemilihan varietas toleran terhadap hama dan penyakit, sanitasi lahan, serta penggunaan kontrol biologis sangat dianjurkan untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia. Beberapa penelitian menekankan pentingnya penggunaan model peramalan berbasis iklim untuk memprediksi munculnya hama dan penyakit, sehingga pengendalian dapat dilakukan lebih tepat waktu dan efisien. Ini sangat penting di daerah dengan fluktuasi iklim yang besar, di mana pola cuaca dapat memengaruhi pola persebaran hama dan penyakit (Frontiers, 2021).

Kondisi agroekologi (iklim, topografi, tanah, dan pola tanam) mempengaruhi intensitas serangan hama, penyakit, dan gulma pada tebu.

1. Iklim basah cenderung meningkatkan penyakit berbasis jamur dan bakteri.
2. Iklim kering dengan kelembapan rendah lebih mendukung perkembangan hama penggerek batang.
3. Jenis tanah dan pola tanam memengaruhi keberadaan gulma dan siklus hidup patogen.

G. Dampak Lingkungan, Keberlanjutan, dan Adaptasi Perubahan Iklim

Budidaya tebu dapat berdampak pada lingkungan, terutama dalam hal penggunaan lahan, keanekaragaman hayati, dan jasa ekosistem. Ekspansi lahan tebu sering kali dilakukan dengan mengubah hutan atau lahan pertanian lainnya menjadi perkebunan tebu, yang dapat mengurangi

keanekaragaman hayati lokal dan merusak ekosistem. Oleh karena itu, praktik budidaya tebu yang berkelanjutan dan ramah lingkungan sangat dibutuhkan untuk mengurangi dampak negatif tersebut.

Perubahan iklim merupakan kondisi beberapa unsur iklim yang mengalami penyimpangan atau perubahan intensitas dari kondisi rata-rata (Rejekiingrum, 2014). Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa perubahan iklim sebenarnya membawa dampak positif melalui peningkatan kadar karbon dioksida (CO₂) dan suhu udara global yang dapat memacu pertumbuhan dan akumulasi biomassa pada tebu (Marin *et al.*, 2013). Namun, perubahan iklim lebih banyak membawa dampak negatif terhadap pertumbuhan dan produktivitas tebu karena peningkatan frekuensi dan intensitas cuaca ekstrem, seperti kekeringan, banjir, dan suhu udara yang terlalu tinggi (Chandiposha, 2013).

Adaptasi terhadap perubahan iklim menjadi kunci dalam mempertahankan keberlanjutan produksi tebu. Varietas tebu yang tahan kekeringan dan tahan garam sangat penting untuk menghadapi perubahan pola curah hujan dan peningkatan suhu yang dapat terjadi akibat perubahan iklim. Selain itu, penerapan pengelolaan air yang efisien, seperti irigasi tetes atau irigasi berbasis cuaca, dapat membantu menghemat penggunaan air, yang sangat penting di daerah dengan kekurangan sumber daya air.

Sistem agroforestry, yang menggabungkan tanaman tebu dengan pohon-pohon pelindung, dapat membantu memperbaiki kualitas tanah, mengurangi erosi, dan menjaga keseimbangan ekologis. Praktik berkelanjutan lainnya yang dapat diterapkan mencakup konservasi tanah dan

pengurangan penggunaan input kimia berlebih, seperti pupuk dan pestisida sintetis. Berbagai studi dan review terbaru menekankan bahwa untuk mempertahankan produktivitas tanaman tebu dalam menghadapi perubahan iklim, penting bagi petani untuk mengadopsi praktik adaptasi iklim yang efektif, serta melakukan manajemen sumber daya alam yang bijaksana.

Perubahan iklim global mempengaruhi sektor pertanian di seluruh dunia, dan sektor perkebunan tebu tidak terkecuali. Dampak perubahan iklim terhadap tebu sangat signifikan, yang dapat dilihat melalui beberapa aspek berikut:

1. Pergeseran Pola Curah Hujan: Pergeseran musim hujan yang lebih pendek atau lebih panjang mengubah distribusi air yang tersedia untuk tanaman. Hal ini dapat memengaruhi kalender tanam dan ketepatan irigasi, terutama di daerah yang bergantung pada hujan musiman. Hujan yang tidak teratur dapat mengganggu fase kritis tanaman tebu, yang membutuhkan pasokan air yang stabil (Kumar et al., 2020).
2. Peningkatan Suhu Rata-Rata: Peningkatan suhu yang terjadi secara global berisiko mempercepat proses pemasakan tebu, tetapi juga mengurangi periode pertumbuhan vegetatif tanaman. Suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan evaporasi dan memperburuk kekeringan, yang mengurangi hasil tebu.
3. Peningkatan Frekuensi Kejadian Ekstrem: Kejadian ekstrem seperti banjir, kekeringan, dan badai menjadi semakin sering. Hal ini tidak hanya merusak tanaman tebu secara langsung, tetapi juga memperburuk kondisi tanah dan menghambat aktivitas pertanian. Banjir yang

parah dapat merusak akar tebu, sementara kekeringan panjang dapat menurunkan fotosintesis dan pertumbuhan batang tebu.

4. Perubahan Distribusi Hama dan Penyakit: Kondisi iklim yang berubah dapat menyebabkan penyebaran hama dan penyakit baru ke wilayah yang sebelumnya tidak terpengaruh. Misalnya, iklim yang lebih hangat dapat memperluas daerah sebar penggerek batang tebu, sementara iklim basah dan lembap meningkatkan kecepatan penyebaran penyakit jamur seperti karat daun (Kumar et al., 2020).

H. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Pertumbuhan Tebu

Berikut adalah beberapa dampak langsung dan tidak langsung perubahan iklim terhadap pertumbuhan tebu.

Tabel 3. 4 Dampak Perubahan Iklim Terhadap Pertumbuhan Tebu

Perubahan Iklim	Dampak Langsung	Dampak Tidak Langsung
Suhu naik 1–2°C	Mempercepat pemasakan tebu tetapi mengurangi periode pertumbuhan vegetatif	Potensi penurunan biomassa tebu

Musim hujan bergeser	Mengganggu kalender tanam dan irigasi	Meningkatkan risiko banjir/kekeringan
Kekeringan panjang	Menurunkan fotosintesis dan pertumbuhan batang	Rendemen gula bisa meningkat, tapi volume tebu menurun
Curah hujan tinggi ekstrem	Menghambat pemasakan tebu	Meningkatkan penyakit busuk batang

Suhu yang lebih tinggi mempercepat pemrosesan gula pada tebu tetapi memperpendek masa vegetatif yang mengurangi biomassa tanaman. Begitu pula dengan perubahan musim hujan yang tidak terprediksi, yang dapat mengganggu kalender tanam dan sistem irigasi, mengarah pada ketidakseimbangan air yang tersedia (ScienceDirect, 2020). Kekeringan yang lebih lama juga menghambat fotosintesis dan pertumbuhan batang, meskipun dapat meningkatkan rendemen gula. Oleh karena itu, meskipun ada keuntungan dalam kadar gula, volume tebu secara keseluruhan menurun (Kumar et al., 2020).

I. Dampak Perubahan Iklim terhadap Hama dan Penyakit

Perubahan iklim juga memiliki dampak yang signifikan terhadap persebaran dan intensitas hama serta penyakit yang menyerang tanaman tebu:

1. Iklim Hangat dan Kering: Mengubah daerah penyebaran hama seperti penggerek batang (*Chilo auricilius*). Hama ini berkembang lebih cepat di iklim yang lebih hangat, memperburuk kerusakan tanaman (Kothari et al., 2019).
2. Iklim Basah dan Lembap: Meningkatkan penyebaran penyakit jamur, seperti karat daun (*Puccinia melanocephala*), yang berkembang pesat dalam kelembapan tinggi. Penyakit ini dapat mengurangi fotosintesis dan kualitas batang tebu (FAOHome, 2020).
3. Musim Transisi yang Tidak Jelas: Ketidakpastian dalam musim transisi antara hujan dan kemarau mengganggu siklus pengendalian hama berbasis musim. Ini menyulitkan petani dalam merencanakan pengendalian hama yang efektif (Kumar et al., 2020).

J. Adaptasi Budidaya Tebu Menghadapi Perubahan Iklim

Untuk mengatasi dampak perubahan iklim pada pertumbuhan tebu, beberapa strategi adaptasi dapat diterapkan:

1. Penyesuaian Kalender Tanam
Menggunakan prakiraan iklim musiman yang disediakan oleh BMKG untuk menentukan waktu tanam yang optimal. Hal ini memungkinkan petani menyesuaikan waktu tanam dengan pola curah hujan yang lebih akurat (FAOHome, 2020).
2. Penggunaan Varietas Adaptif
Pemilihan varietas tahan kekeringan seperti PS 881 atau varietas lokal NTB yang lebih tahan terhadap perubahan cuaca ekstrem, serta varietas tahan penyakit seperti PS

864 dan PS 865, yang lebih mampu bertahan terhadap hama dan penyakit yang semakin meluas akibat perubahan iklim (ScienceDirect, 2021).

3. Pengelolaan Air

Penggunaan sistem irigasi efisien, seperti drip irrigation atau furrow irrigation, yang mengurangi pemborosan air dan memastikan pasokan air yang cukup untuk tebu. Pembuatan embung atau sumur resapan juga membantu menyimpan air untuk musim kemarau yang panjang (Kumar et al., 2020).

4. Diversifikasi dan Rotasi Tanaman

Menggunakan rotasi tanaman dengan kedelai atau jagung untuk memutus siklus hama dan gulma, serta meningkatkan keberagaman tanaman di lahan yang sama, yang membantu mengurangi ketergantungan pada pestisida dan meningkatkan keberlanjutan ekosistem pertanian (Banu et al., 2021).

Untuk memastikan hasil yang optimal dalam budidaya tebu, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, tergantung pada kondisi agroekosistem setempat. Salah satu langkah pertama yang sangat dianjurkan adalah analisis tanah dan air sebelum penanaman. Dengan mengetahui kandungan unsur hara dalam tanah dan kualitas air yang digunakan untuk irigasi, petani dapat menyesuaikan pemberian pupuk berdasarkan hasil uji tanah. Hal ini memastikan bahwa tanaman tebu mendapatkan nutrisi yang tepat dan mencegah terjadinya defisiensi atau kelebihan unsur hara yang dapat menghambat pertumbuhannya (Ask IFAS - Powered by EDIS, 2021).

Produksi dan produktivitas tebu tidak hanya bergantung pada faktor genotipe (varietas) dan praktik

manajemen budidaya tanaman, namun juga berkaitan dengan lingkungan biotik dan abiotiknya yang dapat terpengaruh oleh perubahan iklim (Zhao & Li, 2015). Pemilihan varietas tebu yang sesuai dengan zonasi agroekologi sangat penting untuk memastikan tanaman dapat tumbuh optimal. Varietas yang memiliki toleransi terhadap kekeringan, salinitas, dan penyakit jamur dapat membantu mengurangi kerugian akibat kondisi iklim yang ekstrem atau serangan patogen. Selain itu, penting untuk menyesuaikan kalender tanam dengan pola musim hujan dan sistem irigasi yang tersedia. Di daerah dengan musim hujan yang jelas, penanaman harus dilakukan pada awal musim hujan, sementara di daerah yang bergantung pada irigasi, penanaman harus disesuaikan dengan ketersediaan air untuk menghindari kekeringan selama fase kritis pertumbuhan (Frontiers, 2021; Jurnal Polbangtan Manokwari, 2020).

Strategi mitigasi pertama yang dapat dilakukan bagi petani tebu dalam menghadapi perubahan iklim adalah melakukan praktik konservasi tanah. Konservasi tanah termasuk penggunaan pupuk organik, misalnya kompos dan pupuk kandang. Tebu membutuhkan unsur hara dalam jumlah yang cukup supaya dapat tumbuh dan berkembang secara optimal (Puspitasari *et al.*, 2023; Kumar *et al.*, 2024).

Konservasi tanah juga memainkan peran penting dalam menjaga keberlanjutan pertanian tebu. Di lahan-lahan yang rawan erosi, minimal *tillage* atau pengolahan tanah minimal dan penerapan penutup tanah (*cover crops*) dapat membantu mengurangi erosi dan meningkatkan kandungan bahan organik tanah. Hal ini menjaga struktur tanah dan memperbaiki kemampuan tanah dalam menyimpan air dan unsur hara yang diperlukan tebu untuk tumbuh dengan baik.

Pengelolaan tanah yang baik juga mendukung keberlanjutan produksi jangka panjang dan mengurangi ketergantungan pada input kimia

DAFTAR PUSTAKA

- Chandiposha, M. 2013. Potential impact of climate change in sugarcane and mitigation strategies in Zimbabwe. *African Journal of Agricultural Research*, 8, 2814–2818.
- Kiswanto dan Bambang W., 2014, Petunjuk Teknis Budidaya Tebu, BPTP Lampung dan BPPP Kementerian Pertanian RI.
- Kumar, V., et al. 2022. *Sustainable sugarcane-based cropping system under changing scenario*. Springer International Publishing.
- Kumar, V., Singh, S, and Mehar Chand, 2014, Nutrient and Water Manajemen for Higher Sugarcane Production, Better Juice Quality and Maintenance of Soil Fertility- A Review., *Agri. Review*, 35 (3): 184-195
- Marin, F. R., Jones, J. W., Singels, A., Royce, F., Assad, E. D., Pellegrino, G. Q., & Justino, F. 2013. Climate change impacts on sugarcane attainable yield in southern Brazil. *Climatic Change*, 117, 227-239.
- Puspitasari, A. R., Ariyani, D., & Putra, R. P. 2023. Aplikasi pupuk nano cair pada fase pertumbuhan vegetatif tebu. *Indonesian Sugar Research Journal*, 3(2), 64-71.
- Rejekiningrum, P. (2014). Dampak perubahan iklim terhadap sumberdaya air: Identifikasi, simulasi, dan rencana aksi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 8(1), 1-15.
- Setyawati, I. K., & Wibowo, R. 2019. *Efisiensi teknis produksi usahatani tebu plant cane dan tebu ratoon (Studi*

- Kasus di PT. Perkebunan Nusantara X*). JSEP (Journal of Social and Agricultural Economics), 12(1), 80–89.
- Soliadi, T., & Erwin, S. 1995. *Karakteristik tanah dan kesesuaian lahan tanaman tebu*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.
- Zhao, D., & Li, Y. R. 2015. Climate change and sugarcane production: potential impact and mitigation strategies. *International Journal of Agronomy*, 2015(1), 547386.

BAB 4

TEKNIK BUDIDAYA TEBU YANG EFISIEN DAN BERKELANJUTAN

Oleh Rina Ekawati, SP., M.Si

A. Pendahuluan

Sesuai dengan visi Asta Cita yang ingin diwujudkan oleh pemerintah Indonesia yang salah satunya adalah mendorong bangsa melalui swasembada pangan, maka keberadaan pangan dari berbagai sektor pertanian perlu untuk terus ditingkatkan. Salah satu langkah untuk mencapai hal tersebut, pemerintah juga mendorong percepatan swasembada gula konsumsi nasional 2028 dan swasembada gula industri 2030. Untuk mencapai swasembada gula tersebut, peningkatan produksi dan produktivitas tebu terus ditingkatkan oleh Kementerian Pertanian melalui Direktorat Jenderal Perkebunan (Ditjenbun, 2024).

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) sebagai bahan baku produksi gula dari golongan tanaman perkebunan semusim yang hingga saat ini terus dibudidayakan dan dikembangkan dengan tujuan untuk mencapai peningkatan produksi, produktivitas tanaman, konsumsi rumah tangga maupun industri. Secara geografis, wilayah sentra produksi tebu terbanyak berada di wilayah Jawa Timur (47,4%) yang diikuti oleh Lampung (30%) dan Jawa Tengah (10,1%) (Heryanto et al., 2024). Berdasarkan Pusat Data dan Sistem

Informasi Pertanian tahun 2023, rata – rata status pengusahaan kontribusi luas areal tebu diusahakan dari Perkebunan Rakyat (PR) sebesar 56,42% dalam kurun waktu 10 tahun (2014 – 2023) (Kementan, 2024).

Berdasarkan kondisi tebu nasional tersebut di atas dan belum tercukupinya kebutuhan gula nasional, maka diperlukan suatu upaya peningkatan, salah satunya dari aspek teknik budidaya tanaman tebu yang efisien dan berkelanjutan. Teknik budidaya tanaman tebu tentu saja meliputi dari tahap pengolahan tanah, pemilihan bahan tanam/varietas yang unggul, penanaman, pemeliharaan (pemupukan, pengairan, pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman/OPT, klentek), dan panen. Budidaya tanaman tersebut juga dipengaruhi oleh kondisi internal dan eksternal (lingkungan) yang sesuai dengan kebutuhan tanaman tebu.

1. Tebu

Tebu dikenal sebagai salah satu tanaman yang termasuk ke dalam *family Gramineae* (rumput – rumputan) dan merupakan tanaman asli tropika basah. Tebu juga termasuk juga ke dalam tanaman dengan metabolisme C4 yang pada umumnya dapat hidup pada daerah yang bersuhu tinggi dan lembab. Kondisi lingkungan tentu saja akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, baik dari fase pertumbuhan vegetatif maupun generatif.

Bagian utama yang dimanfaatkan untuk bahan baku gula adalah dari batang tebu. Batang tebu memiliki struktur tumbuh tinggi tegak ke atas, ramping, keras, berwarna hijau, kuning, ungu, dan tidak bercabang. Daun tebu memiliki struktur berupa helaian tanpa tangkai daun, berbulu, dan bentuk tulang daun yang sejajar. Bunga tebu tersusun

majemuk berupa malai dengan pertumbuhan yang terbatas. Bunga tebu memiliki tiga daun kelopak, satu daun mahkota, tiga benang sari, dan dua kepala. Akar tebu berupa serabut dan mampu tumbuh memanjang hingga 1 meter pada kondisi tanah yang sesuai (Putra and Agustin, 2021).

2. Teknik Budidaya Tanaman

Secara harfiah, teknik budidaya tanaman yang termasuk juga dalam keilmuan Agronomi, yaitu pengelolaan tanaman pertanian yang melibatkan faktor lingkungan untuk mencapai produksi yang maksimum, berkelanjutan, dan memberikan manfaat yang terbaik (Harjadi, 2019). Menurut Hanum (2008), aspek budidaya tanaman meliputi:

a. Pemuliaan tanaman

Pemuliaan tanaman berkaitan dengan genetik tanaman dan hasil pemuliaan tanaman dapat berupa varietas – varietas yang memiliki sifat unggul. Sifat unggul tanaman akan terlihat jika dilakukan budidaya yang sesuai dengan sifat yang diinginkan, teknik budidaya yang benar, dan modifikasi lingkungan tumbuh sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tanaman selama fase hidupnya.

b. Fisiologi tanaman

Fisiologi tanaman berkaitan dengan proses – proses yang terjadi di dalam tubuh tanaman itu sendiri. Kondisi fisiologis juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan (ekologi) yang selanjutnya nanti juga akan mempengaruhi produksi dari suatu tanaman (dari sisi agronominya).

c. Ekologi tanaman

Ekologi tanaman berkaitan dengan faktor – faktor eksternal (lingkungan) yang berada di sekitar tanaman selama periode pertumbuhan dan perkembangannya. Dalam ekologi, faktor lingkungan berupa faktor abiotik dan biotik. Faktor abiotik adalah faktor tak hidup yang dapat dibedakan menjadi faktor tanah (edafik) dan faktor iklim. Faktor tanah dapat dilihat dari sisi fisik, kimia, dan biologi tanah. Faktor iklim meliputi unsur – unsur iklim, antara lain: cahaya matahari, temperatur udara, suhu tanah, kelembaban udara dan tanah, air, angin, ketinggian tempat, dan letak lintang. Faktor biotik adalah faktor yang hidup, yaitu: tumbuhan/tanaman (produsen), hewan dan manusia (konsumen), dan pengurai/dekomposer (mikroorganisme, fauna tanah).

3. Pengaruh Teknik Budidaya Tanaman

Pengaruh teknik budidaya tanaman tentu saja berbeda – beda tergantung dari jenis tanaman dan faktor lingkungannya. Jenis tanaman juga dipengaruhi oleh faktor internal/genetiknya. Hasil penelitian Aningrum and Herlinawati (2020) pada kedelai edamame menunjukkan bahwa terdapat variasi keragaman dari arthropoda herbivora dan predator akibat pengelolaan teknik budidaya konversi organik dan konvensional. Kondisi lahan dan perbedaan teknik budidaya secara monokultur dan tumpang sari mempengaruhi intensitas serangan penyakit bercak daun dan virus kuning pada tanaman terung (Arsi et al., 2021).

Pemilihan klon tebu dan pengaturan jarak tanam juga perlu diperhatikan dalam teknik budidaya tanaman. Muttaqin et al., (2016) menyebutkan bahwa klon PS864 dan

jarak tanam dalam barisan 60 cm merupakan kombinasi optimal untuk penanaman tebu di kondisi lahan kering Alfisol. Hal tersebut menunjukkan bahwa klon tersebut mampu beradaptasi pada lahan kering dan jarak tanam lebar dapat mencukupi kebutuhan intensitas cahaya matahari untuk meningkatkan laju fotosintesis tanaman. Kegiatan pemupukan dalam tahapan budidaya tanaman tebu juga dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman. Pemberian pupuk N (seperti ZA) dapat meningkatkan produktivitas tebu karena unsur hara N berpengaruh ke pertumbuhan vegetatif dan berkorelasi dengan peningkatan bobot tanaman (Pakpahan and Purwono, 2018).

B. Teknik Budidaya Tanaman Tebu

1. Pengolahan Tanah

Olah merupakan langkah awal dalam kegiatan budidaya tanaman dan menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan dalam produksi tanaman tebu. Secara umum, tujuan dari pengolahan tanah menurut Harjadi (2019), antara lain:

- a. Mencampur sisa tanaman ke dalam tanah. Selain memudahkan pekerjaan pemeliharaan berikutnya, pengolahan tanah juga dapat memperbaiki kesuburan tanah dari sisi fisik tanah
- b. Menggemburkan tanah sehingga akar tanaman/bibit dapat mudah menembus tanah
- c. Meningkatkan aerasi tanah
- d. Menekan pertumbuhan gulma dan hama serangga; dan

e. Mengendalikan erosi tanah yang berkaitan dengan kontur

Sebelum tanah diolah, perlu dilakukan pemerataan tanah yang bertujuan untuk memudahkan kegiatan pembajakan. Kegiatan tersebut dilakukan pada areal tanaman keprasan yang akan dibongkar atau areal yang akan ditanami kembali. Selanjutnya adalah kegiatan pembajakan yang bertujuan untuk membalik dan menggemburkan tanah, memperbaiki aerasi, drainase tanah, dan memutus perakaran gulma.

Pengolahan tanah untuk tanaman tebu dapat dilakukan secara manual maupun mekanisasi, namun mayoritas budidaya tebu untuk di daerah Jawa Timur telah dilakukan secara mekanisasi sesuai dengan status kepemilikan lahan (lahan sendiri atau HGU/Hak Guna Usaha). Dalam buku ini, akan lebih dibahas terkait dengan pengolahan tanah secara mekanisasi.

Pengolahan tanah untuk tebu secara mekanisasi dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu: pengolahan tanah I, pengolahan tanah II, dan pengkairan (pembuatan alur dan parit). Nita et al., (2015) menyatakan bahwa pengolahan tanah yang baik dan juga untuk memperbaiki porositas tanah dan pertumbuhan tanaman yaitu pengolahan tanah *subsoiling* 2 kali + *harrowing* (penggaruan) 1 kali + *furrowing* 1 kali dengan disertai penambahan blotong dan abu ketel dengan dosis 40 ton ha⁻¹. Selain ketiga tahap tersebut, Amaliah and Astika 2020) juga menambahkan tahap putus akar juga dilakukan pada kondisi tanah yang menggunduk dan membentuk alur tanam (juringan) tebu serta terdapat got di tengah lahan yang sebagian tergenangi oleh air. Hal tersebut

menyebabkan sebagian tanah menjadi basah dan sebagian kering. Biasanya pada kondisi tanah tersebut, juga terdapat tebu *ratoon* yang tumbuh di permukaan tanah setelah dikepras. Tingkat efisiensi tertinggi juga ditunjukkan pada saat pengolahan tanah pertama/bajak I.

Setelah pembajakan, lalu dibuat alur tanah dengan membuat juringan dengan jarak antara pusat ke pusat (PKP) 185 cm dan membuat jalur untuk masuknya kendaraan (traktor dan truk) ke areal pertanaman. Alur tanam dibuat dengan jarak antar alur 50 cm dengan kedalaman kasuran 30 cm dan kedalaman alur tanah 35 cm. Saat pengolahan tanah, juga diberikan pupuk dasar yaitu ZA (100 kg ha^{-1}) dan SP-36 (280 kg ha^{-1}) yang diaplikasikan pada kedalaman 5 – 10 cm secara dialur.

Kondisi drainase juga perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi keberhasilan pengolahan tanah. Tebu menghendaki kondisi drainase tanah yang baik. Perbedaan ketinggian muka air tanah dan olah tanah dapat mempengaruhi drainase sehingga porositas serta aerasi tanah dapat meningkat (Lubis et al., 2015).

2. Penyiapan Bahan Tanam

Penyiapan bahan tanam tebu berkaitan dengan penggunaan benih dengan varietas unggul yang bermutu. Penggunaan benih yang bermutu akan menghasilkan kualitas pertumbuhan dan hasil tanaman yang sesuai dengan yang diinginkan. Benih bermutu paling tidak memiliki tiga (3) kriteria, yaitu:

- a. Mutu genetik: memiliki tingkat kemurnian yang tinggi;
- b. Mutu fisik: memiliki penampakan dan bentuk yang seragam, sehat, tidak cacat, dan normal; dan

- c. Mutu fisiologis: memiliki kemampuan vigor dan viabilitas yang tinggi.

Menurut Kementan (2018), benih tebu adalah bagian dari tanaman tebu yang diperoleh dari kebun benih yang terpelihara dan juga sebagai bahan tanam yang dapat dikembangkan menjadi tanaman baru. Potensi produksi tinggi, bebas hama penyakit, pertumbuhan normal, daya kecambah > 90%, dan telah berumur 6 – 8 bulan merupakan beberapa ciri varietas benih yang bermutu. Terdapat lima (5) kebun benih yang biasa dijadikan sebagai sumber benih tebu, antara lain:

- a. Kebun Benih Pokok Utama (KBPU): kebun pembenihan awal untuk menyediakan bahan tanam bagi Kebun Benih Pokok (KBP) yang diselenggarakan di bawah pengawasan lembaga/pemulia tanaman (*breeder*);
- b. Kebun Benih Pokok (KBP): kebun pembenihan untuk menyediakan bahan tanam bagi Kebun Benih Nenek. Penyelenggaraan dan mutu KBP sama dengan KBPU;
- c. Kebun Benih Nenek (KBN): kebun benih yang diselenggarakan untuk menyediakan bahan tanam bagi kebun benih datar;
- d. Kebun Benih Datar (KBD): kebun benih yang diselenggarakan untuk menyediakan bahan tanam bagi kebun tebu giling, baik di sawah maupun di lahan tegalan/kering; dan
- e. Kebun Tebu Giling (KTG): kebun produksi tebu yang memenuhi kriteria layak giling sebagai bahan baku produksi gula.

Jenis benih tebu yang sering digunakan oleh petani/kebun tebu, antara lain:

- a. Bagal adalah benih tebu yang berasal dari lonjoran batang tebu yang mata tunasnya belum berkecambah dan dipotong dalam bentuk bakal mata dua atau tiga;
- b. *Budset*: benih tebu yang diperoleh dari batang tebu dalam bentuk setek satu mata dengan panjang minimal 5 cm serta posisi mata tunas terletak di tengah - tengah; dan
- c. *Bud chips*: benih tebu dalam bentuk mata tebu dan masih memiliki primordia akar yang diambil dari batang tebu dengan alat tertentu.

Untuk mendorong swasembada gula nasional yang juga menjadi salah satu capaian utama pemerintah, saat ini Kementan melalui Ditjenbun bersama Tim Penilai Varietas (TPV) Tanaman Perkebunan telah melepas dua (2) varietas unggul tebu yaitu Klon JSR 13-2161 yang berasal dari PT Sinergi Gula Nusantara (KSO Kebun Dhoho) yang dilepas dengan nama SGN 01 dan varietas lainnya adalah Panjalu 01 yang berasal dari Pemerintah Daerah Kabupaten Kediri yang bekerjasama dengan Badan Roset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan Balai Besar Perbenihan dan Perlindungan Tanaman Perkebunan (BBPPTP) Surabaya.

Varietas unggul tebu SGN 01 dan Panjalu 01 dapat menjadi alternatif varietas masak tengah lambat yang memiliki potensi produktivitas dan hablur yang tinggi. Dengan demikian, penggunaan varietas tebu yang unggul diharapkan dapat mendukung pengembangan komoditas perkebunan strategis di Indonesia, meningkatkan produktivitas tanaman, dan kesejahteraan secara berkelanjutan.

3. Penanaman

Penanaman tebu dapat dilakukan dari tahap pembenihan hingga ke lapang, yaitu:

- a. Sebelum penanaman benih bagal mata 2, juringan perlu diberikan pupuk dasar. Lalu, benih tersebut ditanam dengan posisi horizontal dan mata tunas menyamping. Kondisi tanah harus dijaga kelembabannya;
- b. Benih dari hasil *transplanting* dari polibag ditanam pada juringan dengan ukuran kedalaman lubang tanam ± 20 cm, lebar ± 15 cm, jarak antar lubang ± 40 cm. Sebelum penanaman, perlu dilakukan seleksi bibit terlebih dahulu. Estimasi kebutuhan benih yaitu 25.000 – 30.000 ha⁻¹. Kondisi tanah perlu dijaga kelembabannya. Jenis pupuk sumber N diberikan secara bertahap, yaitu sebagai pupuk dasar sebelum tanam dan pada umur 1 – 1,5 bulan setelah pupuk pertama;
- c. Benih dari bedengan diperlukan sebagai sulaman setelah berumur $\pm 1,5$ bulan. Sebelum pindah tanam, tanah perlu diairi untuk menjaga kelembaban tanah. Penanaman dilakukan dengan memotong 2/3 bagian, kecuali yang masih menggulung dan dilakukan secara hati - hati. Selanjutnya, pemeliharaan tanaman sama dengan benih *transplanting* dari polibag; dan
- d. *Transplanting single bud planting (SBP)* memakai jarak tanam 40 - 60 cm, jarak PKP 1 – 1,2 m, kedalaman lubang tanam 15 - 20 cm, dan diameter 5 cm. Penanaman bibit dilakukan tidak terlalu dalam dan dikurangi Sebagian daunnya. Jika penanaman di bulan kering, maka perlu menjaga kelembaban tanahnya.

Hasil penelitian Durroh and Sugiyanto (2020) menunjukkan bahwa metode *single bud planting* lebih meningkatkan produktivitas tebu, rendemen tebu, dan pendapatan petani tebu daripada metode konvensional. Peningkatan tersebut didukung melalui kecukupan jumlah tenaga kerja, ketersediaan air, perluasan areal tanam, jenis varietas yang digunakan, dan kebutuhan dosis pupuk yang digunakan.

4. Pemupukan

Tanaman tebu membutuhkan unsur hara yang banyak, maka ketersediaan unsur hara dalam tanah relatif cepat menurun sehingga diperlukan praktek manajemen hara tanah yang baik, salah satunya dengan pengaturan pupuk. Menurut (Atmojo et al., 2024) untuk menghasilkan panen tebu yang optimal, diperlukan cara dan jenis pupuk yang sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Unsur hara makro esensial seperti N, P, dan K banyak dibutuhkan oleh tanaman tebu untuk pertumbuhan dan perkembangan. Penyediaan unsur hara yang seimbang sangat penting supaya tanaman tebu dapat mencapai potensi hasil yang optimal. Dalam peraturan pemerintah mengenai budidaya tebu giling yang baik, kebutuhan hara umum untuk mendapatkan tebu 100 ton ha⁻¹ dibutuhkan nitrogen sebesar 150 kg ha⁻¹, P₂O₅ 105 kg ha⁻¹, dan K₂O 105 kg ha⁻¹ (Kementan, 2018). Pakpahan and Purwono (2018) menyebutkan bahwa rekomendasi pemupukan tebu untuk *Plant Cane* (PC) di PG Madukismo memakai pupuk ZA, NPK majemuk, dan pupuk organik dengan dosis berturut – turut adalah 5 ku ha⁻¹, 5 ku ha⁻¹, dan 11 ku ha⁻¹. Tanaman ratoon menggunakan dosis pupuk ZA dan NPK masing – masing sebanyak 5 ku ha⁻¹.

Pupuk ZA sebagai sumber unsur hara N dapat mempengaruhi bobot tanaman sehingga dapat meningkatkan produktivitasnya. Pupuk organik diperlukan untuk membantu perbaikan kesuburan tanah dari aspek fisik, kimia dan biologi tanah (Purba et al., 2019).

Peningkatan pertumbuhan dan produktivitas tanaman tebu juga dapat dilakukan dengan aplikasi biostimulan tanaman seperti pada hasil penelitian dari (Yusup et al., 2021). Contoh biostimulan tersebut adalah fitohormon yang berfungsi untuk merangsang proses fisiologis, asam humat untuk penyerapan nutrisi dan kesuburan tanah yang tinggi, serta pupuk hayati mikoriza arbuskula untuk meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik. Peningkatan pertumbuhan vegetatif, bobot per meter batang, dan rendemen tebu varietas Bululawang (BL) dihasilkan dari pemberian perlakuan biostimulan tersebut.

5. Pengairan

Mayoritas penanaman tebu di Indonesia dilakukan di lahan tegalan/kering dan dipengaruhi oleh ketersediaan air dari curah hujan. Air sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk setiap proses fase pertumbuhan, perkembangan, dan produksi tanaman. Produksi tanaman dihasilkan dari fase pertunasan hingga pemanjangan batang yang merupakan periode kritis terhadap kebutuhan air. Cekaman air yang terjadi pada periode tersebut akan berpotensi menurunkan hasil tanaman.

Rendemen tebu ditentukan dari periode pemasakan, sedangkan penambahan tinggi tanaman dipengaruhi oleh periode pemanjangan batang. Kedua periode pertumbuhan tersebut tentu saja dipengaruhi oleh ketersediaan air di dalam tanah.

Tebu adalah salah satu tanaman semusim C4 yang dapat hidup pada daerah bersuhu tinggi dan lembab. Kondisi suhu tinggi tersebut menyebabkan kebutuhan air untuk tebu juga tinggi. Penurunan ketersediaan air akan mempengaruhi laju fotosintesis, pertumbuhan, dan hasil tanaman tebu. Pemberian air diberikan sesuai dengan kapasitas lapang jika curah hujan tidak memenuhi kebutuhan tanaman.

Pengairan berdasarkan kebutuhan air harian dapat meningkatkan produktivitas tebu lebih efektif dibandingkan kebutuhan air mingguan atau bulanan (Yusara et al., 2019). Aplikasi konsorsium biostimulan juga meningkatkan potensi rendemen gula pada tebu yang ditanam di ketiga tipologi lahan. Produktivitas tebu yang ditanam pada tipologi lahan BPL (pengairan teknis dengan drainase lancar) dan BPJ (pengairan teknis dengan drainase jelek) juga mengalami peningkatan, sedangkan pada tipologi lahan RHL (pengairan tadah hujan dengan drainase lancar) terjadi penurunan. Peningkatan pertumbuhan vegetatif dan produktivitas tebu tertinggi terdapat pada tipologi lahan BPL, hal ini dikarenakan kebutuhan utama tebu berupa air tercukupi dengan baik sehingga tanaman tebu memiliki respons lebih baik terhadap aplikasi konsorsium biostimulan (Yusup et al., 2021).

6. Pengendalian OPT

Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) meliputi 3 jenis, yaitu: hama, penyakit, dan gulma. Upaya peningkatan produktivitas tebu di Indonesia salah satunya dapat ditinjau dari aspek pengendalian serangan hama. Menurut Subiyakto (2016), serangan hama dapat menurunkan produksi gula sekitar 10%. Jenis hama

dominan pada tebu adalah penggerek batang dan penggerek pucuk. Hama penggerek pucuk yang sering menyerang tanaman tebu terdiri dari tiga (3) jenis menurut Alimin (2022), yaitu:

- a. Penggerek pucuk (*Scirpophaga excerptalis*). Jenis hama ini dapat menyebabkan kematian tanaman pada 5, 4, 4, 2, dan 1 bulan sebelum tebang dengan kisaran kerugian 77%, 58%, 46%, 24%, dan 15%;
- b. Penggerek batang (*Chilo sacchariphagus*). Serangan hama ini dapat menyebabkan setiap 1% kerusakan ruas batang akan merugikan hasil gula sebesar 0,5%. Kerugian tersebut karena terjadinya penurunan bobot tebu; dan
- c. Uret (*Lepidiotia stigma*) merupakan hama polifag. Hama ini banyak dijumpai pada jenis tanah ringan berpasir dan pada stadia instar 3 dapat memakan/menghabiskan perakaran satu rumpun tebu.

Beberapa teknologi untuk mengendalikan hama penggerek tebu dapat dilakukan dengan cara pengelolaan lahan, penanaman benih bebas hama dan penggunaan varietas tebu toleran, monitoring hama, pengendalian hayati, mekanis, dan kimiawi (Subiyakto, 2016). Hasil penelitian Muliasari and Trilaksono (2020) menunjukkan bahwa adanya monitoring intensitas serangan serangan hama penggerek batang di PG Jatitujuh sebesar 1,26% dengan nilai ambang ekonomi yang ditetapkan yaitu 5%. Hal tersebut disebabkan oleh faktor lingkungan biotik yang dapat menekan populasi hama penggerek dan budidaya tanaman tebu yang ramah lingkungan.

Arif (2016) menyatakan bahwa pengendalian hama penggerek pucuk dapat dilakukan melalui kontrol optimal

menggunakan parasitoid dari hama tersebut. Pelepasan parasitoid juga menjadi salah satu alternatif dalam mengendalikan serangan hama penggerek pucuk tebu yang berkelanjutan. Selain hama, penyakit luka api juga menjadi penyakit dominan pada tanaman tebu. Penyakit tersebut disebabkan salah satunya oleh adanya dominansi dari penggunaan varietas tebu Bululawang (BL) yang rentan terhadap penyakit luka api. Pengendalian secara kimiawi menggunakan fungisida *Flutriafol* pada PC dan *ratoon* dapat diaplikasikan dengan konsentrasi 2,6 ml/L pada benih tebu saat tanam atau pada bidang kepras untuk menekan peningkatan kejadian penyakit luka api (Kristini et al., 2022).

Keberadaan gulma sebagai salah satu OPT pada budidaya tanaman tebu dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman tebu. Menurut (Rathika et al., 2023), persaingan gulma dapat terjadi di fase awal pertumbuhan tebu. Jika gulma tidak dikendalikan pada periode kritisnya, maka akan menurunkan/mengurangi hasil tebu berkisar 20 – 40%. Pengendalian gulma secara manual dan kimiawi dapat diterapkan dalam budidaya tebu. Puspitasari et al., (2017) dalam hasil penelitiannya menyatakan bahwa gulma secara nyata mempengaruhi pertumbuhan awal vegetatif tanaman tebu dan mengurangi produksi 15 – 53,7%. Jenis pengendalian secara kimiawi seperti penggunaan herbisida berbahan aktif Glifosat (dosis 4 l/ha) sebelum penanaman dan penyiangan gulma pada umur dua (2) bulan menghasilkan pertumbuhan vegetatif tanaman tebu terbaik. Penyiangan gulma secara manual yang dilakukan setiap dua (2) minggu sekali menurut Kristiyanto et al., (2019) mampu menghasilkan pertumbuhan vegetatif tanaman tebu varietas Bululawang yang lebih efektif.

7. Klentek

Secara umum klentek ditujukan untuk sanitasi kebun dengan membuang daun tebu yang sudah tua atau kering atau tidak produktif. Klentek dilakukan untuk menekan intensitas serangan hama dan penyakit tanaman. Selain itu, juga untuk memperbaiki sirkulasi udara dan meningkatkan distribusi cahaya pada tanaman. Klentek juga dilakukan untuk meningkatkan jumlah anakan tebu sehingga dapat meningkatkan rendemen tebu. Klentek dilakukan sebanyak 2 (dua) kali yaitu berturut – turut pada umur tanaman tebu ± 5 dan ± 8 bulan (Marodiyah et al., 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Alimin, 2022. Pengendalian tiga hama penting pada tebu [Artikel *online*]. Diakses: 24 Juli 2025. Tersedia pada: <https://ditjenbun.pertanian.go.id/pengendalian-tiga-hama-penting-pada-tebu/>
- Amaliah, W., Astika, I.W., 2020. Kajian efektivitas dan efisiensi pengolahan tanah pada budidaya tebu. *Open J. Syst.* 15, 4345–4350.
- Aningrum, L., Herlinawati, F., 2020. Pengaruh Teknik Budidaya Konversi Organik dan Konvensional Terhadap Keanekaragaman Arthropoda Herbivora dan Predator Tanaman Kedelai Edamame. *Agriprima J. Appl. Agric. Sci.* 4, 83–93.
- Arif, M.Z., 2016. Strategi pengendalian larva hama penggerek pucuk tebu dengan kontrol optimal. *Pros. Semin. Nas. Pertan.* 427–435.
- Arsi, A., Abdindra, G.G., Kusuma, S.S.H., Gunawan, B., 2021. Pengaruh teknik budidaya terhadap serangan penyakit pada tanaman terung Ronggo (*Solanum melongena*) di Desa Gunung Cahya Kecamatan Buay Rawan, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan. *J-Plantasimbiosa* 3, 27–39.
- Atmojo, H.W., Machmudi, M., Nursandi, F., Puspitasari, A.R., 2024. Pengaruh pemupukan anorganik pada budidaya tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) Varietas PSKA 942 di Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia. *Indones. Sugar Res. J.* 4, 13–23. <https://doi.org/10.54256/isrj.v4i1.120>

- Ditjenbun, 2024. Kejar Swasembada Gula Konsumsi 2028 Tercapai, Kementan Gandeng Multi Stakeholder Gula [Artikel *online*]. Diakses: 24 Juli 2025. Tersedia pada: <https://ditjenbun.pertanian.go.id/kejar-swasembada-gula-konsumsi-2028-tercapai-kementan-gandeng-multi-stakeholder-gula/>
- Durroh, B., Sugiyanto, 2020. Analisis efektivitas penerapan metode *Single Bud Planting* dan metode konvensional pada penanaman tebu *Plant Cane* di Kabupaten Bojonegoro. *Agro Bali Agric. J.* 3, 171–178. <https://doi.org/10.37637/ab.v3i2.580>
- Hanum, C., 2008. Teknik Budidaya Tanaman Jilid 1 Untuk SMK. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah. Departemen Pendidikan Nasional.
- Harjadi, S.S., 2019. Dasar - Dasar Agronomi. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Heryanto, M.A., Pardian, P., Nugraha, A., 2024. Analisis wilayah unggulan perkebunan: komoditas tebu (*Saccharum officinarum* Linn). *Agricore J. Agribisnis dan Sos. Ekon. Pertan. Unpad* 9, 174–182.
- Kementan, 2024. Statistik Perkebunan Jilid 2 2023-2025.
- Kementan, 2018. Perubahan Atas Keputusan Menteri Pertanian Nomor 318/Kpts/KB.020/10/2015 Tentang Pedoman Produksi, Sertifikasi, Peredaran dan Pengawasan Benih Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L), Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 01/Kpts/KB.020/1/2018.

- Kristini, A., Adi, H.C., Kardianasari, A., Rifai, F.D., Jati, W.W., 2022. Pengendalian penyakit luka api pada tanaman tebu dengan fungisida Flutriafol. *Indones. Sugar Res. J.* 2, 86–94. <https://doi.org/10.54256/isrj.v2i2.86>
- Kristiyanto, F., Yuliana, A., Wardhani, Y., 2019. Pengaruh herbisida dan penyiangan pada pertumbuhan vegetatif tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) varietas Bululawang. *J. Agroteknologi Merdeka Pasuruan* 3, 1–6.
- Lubis, M.M.R., Mawarni, L., Husni, Y., 2015. Respon pertumbuhan tebu (*Saccharum officinarum* L.) terhadap pengolahan tanah pada dua kondisi drainase. *J. Online Agroekoteknologi* 3, 2337–6597.
- Marodiyah, Inggit, Cahyana, Sidhi, A., I, N., 2022. Integrasi metode QRM dan FMEA dalam manajemen risiko petani tebu. *J. Produkt.* 2, 1–5.
- Muliasari, A.A., Trilaksono, R., 2020. Pengendalian hama dan penyakit utama tebu (*Saccharum officinarum* L.) di PT PG Rajawali II Jatitujuh Majalengka. *J. Sains Terap.* 10, 40–52. <https://doi.org/10.29244/jstsv.10.1.40-52>
- Muttaqin, L., Taryono, Kastono, D., Sulistyono, W., 2016. Pengaruh jarak tanam terhadap pertumbuhan awal lima klon tebu (*Saccharum officinarum* L.) asal bibit mata tunas tunggal di lahan kering. *Vegetalika* 5, 49–61.
- Nita, E.C., Siswanto, B., Utomo, H.W., 2015. Pengaruh pengolahan tanah dan pemberian bahan organik (blotong abu ketel) terhadap porositas tanah dan pertumbuhan tanaman tebu pada ultisol. *Tanah dan Sumberd. Lahan* 2, 119–127.

- Pakpahan, F.P., Purwono, D., 2018. Pengelolaan tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) di wilayah PG Madukismo dengan aspek korelasi pemupukan terhadap produktivitas. *Prod. Bul. Agrohorti* 6, 336–343.
- Purba, J.H., Wahyuni, P.S., Febryan, I., 2019. Kajian pemberian pupuk kandang ayan pedaging dan pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil petsai (*Brassica chinensis* L.). *J. Agro Bali (Agricultural Journal)* 2, 77–88.
- Puspitasari, D., Sumiya, W., Yamika, D., Sebayang, T., 2017. Pengaruh cara pengendalian gulma pada pertumbuhan vegetatif awal tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) asal bibit *bud chip* varietas PSJK 922. *J. Produksi Tanam.* 5, 647–653.
- Putra, N.A.E., Agustin, S., 2021. Klasifikasi kematangan tebu berdasarkan tekstur batang menggunakan metode Naïve Bayes. *Indexia* 2, 23–28.
- Rathika, S., Ramesh, T., Jagadeesan, R., 2023. Weed management in sugarcane: A review 12, 3883–3887.
- Subiyakto, S., 2016. Hama penggerek tebu dan perkembangan teknik pengendaliannya. *J. Penelit. dan Pengemb. Pertan.* 35, 179.
- Yusara, A., Handoko, H., Budianto, B., 2019. Analisis kebutuhan air tanaman tebu berdasarkan model simulasi tanaman (Studi kasus: Kabupaten Kediri, Jawa Timur). *Agromet* 33, 30–40.
- Yusup, C.A., Purwantoro, D., Widiastuti, H., Siswanto, Santoso, D., Priyono, 2021. Respons tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) terhadap aplikasi

konsorsium biostimulan di tiga tipologi lahan. E-Journal Menara Perkeb. 89, 100–114.

BAB 5

POLA TANAM TEBU DI PERKEBUNAN DAN KEBUN RAKYAT

Oleh Turi Handayani, S.P., M.Si

A. Pendahuluan

Tebu (*Saccharum officinarum L.*) adalah salah satu tanaman industri tertua yang dibudidayakan manusia, terutama sebagai bahan baku gula dan bioetanol. Di Indonesia, tebu memegang peran strategis dalam pemenuhan kebutuhan gula nasional, yang rata-rata mencapai lebih dari 5 juta ton per tahun (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2023).

Produksi tebu di Indonesia tersebar di beberapa wilayah utama seperti Jawa Timur, Jawa Tengah, Lampung, dan sebagian Sulawesi Selatan. Masing-masing wilayah memiliki kondisi agroklimat, struktur kepemilikan lahan, dan tingkat mekanisasi yang berbeda. Hal ini berimplikasi pada variasi sistem tanam dan pola tanam yang digunakan, baik di perkebunan besar maupun di perkebunan rakyat.

Perkebunan besar-baik milik negara maupun swasta umumnya memiliki akses pada teknologi modern, mesin mekanis, serta modal yang memadai. Sebaliknya, perkebunan rakyat (*smallholder*) umumnya mengandalkan tenaga kerja keluarga, peralatan sederhana, dan pola tanam

tradisional yang diwariskan secara turun-temurun (Hendayana, 2016).

Pemilihan sistem dan pola tanam yang tepat sangat menentukan efisiensi produksi, biaya operasional, dan hasil panen. Selain itu, strategi pengelolaan pola tanam yang tepat juga mampu meningkatkan daya saing gula nasional di pasar global.

Penanaman merupakan suatu kegiatan menanam bibit pada lahan untuk mendapatkan hasil produk dari tanaman yang dibudidayakan. Penanaman pada tanaman tebu disebut juga dengan tanaman tebu plant cane (PC). Plant Cane (PC) adalah tanaman tebu yang pertama kali ditanam pada suatu lahan. Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan produktifitas tebu ialah dengan penggunaan teknik penanaman tebu yang tepat. Teknik penanaman tebu sangat berpengaruh terhadap produktifitas tanaman tebu. Teknik penanaman tersebut dapat berupa sistem tanam atau pola dalam penanaman bibit. Dengan ditanamnya tebu dengan baik maka dapat meningkatkan produktivitas sehingga protas tebu dapat tercapai.

B. Sebaran Perkebunan Tebu di Indonesia



Sumber: Direktorat Jenderal Perkebunan (2021)

Sistem Tanam

Sistem tanam adalah cara pengaturan tanaman di lahan meliputi jarak tanam, orientasi barisan, dan metode penempatan bibit untuk mencapai pertumbuhan optimal, memudahkan perawatan, dan memaksimalkan hasil panen. Pada tebu, sistem tanam tidak hanya memengaruhi produktivitas, tetapi juga menentukan kemudahan dalam pengolahan lahan, irigasi, dan pemanenan.

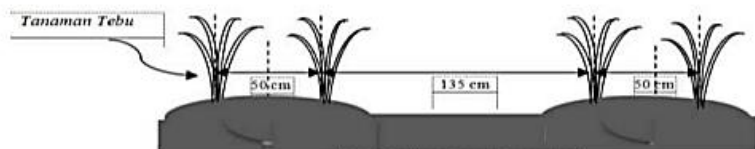
Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2023), sistem tanam tebu di Indonesia umumnya dibedakan berdasarkan tingkat mekanisasi dan pola pengaturan barisan, seperti juring tunggal dan juring ganda. Sistem tanam diklasifikasikan berdasarkan tiga bagian yaitu berdasarkan skala usaha, tujuan produksi dan teknologi.

1. Berdasarkan Skala Usaha
 - a. Perkebunan besar
Luas >100 ha, dikelola oleh perusahaan swasta atau BUMN, menggunakan teknologi mekanisasi tinggi, dan menerapkan pola tanam presisi.
 - b. Perkebunan rakyat
Luas <25 ha, dikelola oleh petani individu atau kelompok, dengan teknologi sederhana dan pola tanam yang seringkali bersifat tradisional.
2. Berdasarkan Tujuan Produksi
 - a. Gula konsumsi, mengutamakan rendemen tinggi dan kualitas kristal gula.
 - b. Bahan baku bioethanol, memprioritaskan volume biomassa tebu dan kadar sukrosa.
3. Berdasarkan Teknologi
 - a. Manual, mengandalkan tenaga kerja manusia, cocok untuk lahan kecil dan tidak memerlukan investasi besar. Keuntungannya adalah murah, fleksibel, mudah diterapkan di lahan kecil. Kelemahannya adalah lambat, bergantung pada tenaga kerja.
 - b. Semi-mekanis, kombinasi tenaga manusia dan mesin sederhana seperti *planter* dorong. Keuntungan dari sistem ini adalah efisiensi meningkat, mengurangi kelelahan pekerja. Kelemahannya adalah perlu modal awal, pemeliharaan alat.
 - c. Mekanis penuh, seluruh tahapan menggunakan alat berat, dari pengolahan tanah hingga penanaman bibit. Keuntungannya cepat, presisi tinggi, cocok

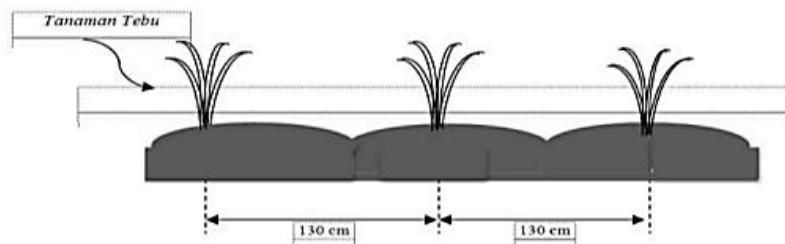
untuk skala besar. Kelamahan modal tinggi, butuh operator terampil Riajaya et al. (2022).

C. Pola Tanam Tebu

Pola tanam tebu di Indonesia terbagi menjadi dua sistem yaitu system juring ganda dan system tanam juring tunggal. Juring tunggal: satu baris tebu per gundukan, jarak antarbaris 110–120 cm. Juring ganda: dua baris tebu pada satu gundukan lebar, jarak antarbaris 185–200 cm. Berikut ini adalah gambar dari kedua sistem tersebut.



(a)



(b)

Gambar 5. 1 (a) Sistem Tanam Juring Ganda, (b) Sistem Tanam Juring Tunggal

(Hutahaean dan Ernawanto, 2015)

1. Pola Tanam Populer di Perkebunan Besar

Perkebunan besar baik milik negara maupun swasta umumnya mengelola lahan lebih dari 100 hektare dan

memiliki akses ke sumber daya modal, teknologi mekanisasi, serta tenaga kerja terlatih. Dengan skala usaha yang besar, efisiensi dalam sistem dan pola tanam menjadi kunci keberhasilan produksi. Pola tanam yang umum digunakan di perkebunan besar meliputi grid, baris ganda (juring ganda), sistem blok, dan baris jarak variabel untuk mendukung mekanisasi penuh (Hendayana, 2016).

a. Pola Grid

Pola grid adalah sistem tanam di mana tanaman ditempatkan pada titik-titik potong garis horizontal dan vertikal sehingga membentuk petak persegi. Pola ini memudahkan pengaturan irigasi, akses mesin dan kendaraan operasional dan pemupukan merata. Meskipun efisien dalam tata letak, pola ini membutuhkan pengukuran presisi di awal, biasanya dilakukan menggunakan GPS atau *laser guidance system* (Riajaya et al., 2022).

b. Pola Baris Ganda (Juring Ganda)

Pola ini menempatkan dua baris tanaman pada satu gundukan lebar (bedengan) dengan jarak antarbaris 185–200 cm dan jarak dalam baris 50–60 cm. Penelitian di Kebun Percobaan Muktiharjo, Jawa Tengah, menunjukkan bahwa sistem juring ganda mampu meningkatkan produktivitas dari 70–90 ton/ha menjadi 135–150 ton/ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2023). Keunggulan: efisiensi penggunaan lahan, mempermudah perawatan dan panen mekanis, meningkatkan aerasi tanah. Kekurangan: membutuhkan alat khusus untuk pembentukan gundukan lebar, modal awal lebih tinggi.

c. Sistem Blok

Dalam sistem blok, lahan dibagi menjadi beberapa petak (blok) berukuran 5–10 ha. Setiap blok memiliki akses jalan dan saluran irigasi sendiri. Keuntungan sistem ini adalah memudahkan rotasi panen, mempermudah manajemen pemupukan dan pengendalian hama, mencegah penyebaran penyakit antarblok.

d. Pola Baris dengan Jarak Variabel

Pola ini menyesuaikan jarak antarbaris sesuai kebutuhan mesin tanam, perawatan, dan panen. Jarak baris bisa diperlebar (1,5–1,8 m) untuk memudahkan akses traktor dan *harvester*. Sistem ini banyak diterapkan di perkebunan tebu di Lampung yang mengandalkan panen mekanis penuh (BPS Lampung, 2022).

Penelitian oleh Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) di beberapa perkebunan besar milik PTPN menunjukkan bahwa juring ganda memberikan LER (Land Equivalent Ratio) lebih tinggi dibanding juring tunggal, pola jarak variabel lebih sesuai untuk lahan yang dipanen menggunakan *Austoft sugarcane harvester*, sistem blok mampu menurunkan waktu panen rata-rata sebesar 15% karena akses jalan yang lebih baik.

Tabel 5. 1 Perbandingan Produktivitas Beberapa Pola Tanam di Perkebunan Besar

Pola Tanam	Produktivitas (ton/ha)	Kelebihan Utama	Kekurangan Utama
Grid	110–125	Pemupukan dan irigasi efisien	Pengukuran awal rumit
Juring ganda	135–150	Produktivitas tinggi	Butuh alat khusus
Sistem blok	120–130	Manajemen lahan lebih efisien	Perlu perencanaan jalan dan irigasi
Jarak variabel	115–140	Cocok untuk mekanisasi	Membutuhkan modifikasi mesin

Sumber: Direktorat Jenderal Perkebunan (2023) dan P3GI (2021)

2. Pola Tanam pada Perkebunan Rakyat

Perkebunan rakyat atau *smallholder* tebu di Indonesia umumnya memiliki luas lahan <5 ha per petani, dengan sistem pengelolaan berbasis keluarga. Karakteristik utama perkebunan rakyat adalah modal terbatas, akses teknologi yang rendah, mengandalkan tenaga kerja manual, fleksibilitas pola tanam sesuai kondisi sosial-ekonomi (Susilowati dan Maulana, 2018).

Pola tanam di perkebunan rakyat sering kali berorientasi pada keberlanjutan ekonomi keluarga, bukan

sekadar produktivitas maksimum. Oleh karena itu, adaptasi pola tanam sangat bervariasi antarwilayah.

a. Pola Tanam Tradisional

Pola tradisional tebu rakyat umumnya berupa barisan tunggal dengan jarak antarbaris 1–1,2 m dan jarak dalam baris 40–50 cm. Keunggulan pola ini adalah sederhana dan mudah diterapkan, tidak membutuhkan alat khusus, memudahkan penanaman secara gotong royong. Namun, kelemahannya adalah produktivitas relatif rendah (50–70 ton/ha) dan kurang efisien untuk panen mekanis (Purwono, 2020).

b. Pola Tumpang Sari Sederhana

Banyak petani rakyat mempraktikkan *intercropping* sederhana dengan tanaman pangan seperti kacang tanah, jagung, atau sayuran selama fase awal pertumbuhan tebu. Tujuannya: (a) Mendapatkan pendapatan tambahan sebelum panen tebu. (b) Mengoptimalkan pemanfaatan ruang antarbaris. (c) Meningkatkan penutupan tanah untuk mengurangi erosi (Maryono et al., 2019). Contoh: Tebu + Kacang tanah (ditanam 2–3 minggu setelah tanam tebu), dipanen sebelum tebu berumur 4 bulan.

c. Adaptasi di Lahan Sempit dan Berbasis Keluarga

Petani rakyat sering kali menggabungkan pola tanam dengan strategi adaptasi:

- Pengaturan jarak tanam fleksibel untuk memanfaatkan sisa lahan di pinggir kebun.
- Penanaman tebu di pematang sawah setelah panen padi.

- Pemanfaatan varietas cepat panen (8–10 bulan) agar perputaran modal lebih cepat (Dwiatmini et al., 2021).

Tabel 5. 2 Perbandingan Produktivitas Pola Tanam Tebu Rakyat

Pola Tanam	Produktivitas (ton/ha)	Keuntungan	Kekurangan
Baris tunggal tradisional	50–70	Sederhana, modal rendah	Produktivitas rendah
Tumpang sari sederhana	55–75 (+ hasil pangan)	Pendapatan ganda	Risiko persaingan nutrisi
Adaptasi lahan sempit	45–65	Memanfaatkan lahan tidak terpakai	Produktivitas sangat bervariasi

Sumber: Purwono (2020)

D. Teknik Penanaman

Teknik penanaman tebu memengaruhi efisiensi waktu tanam, kualitas pertumbuhan, dan produktivitas akhir. Pemilihan metode bergantung pada:

1. Skala usaha.
2. Akses modal dan teknologi.
3. Ketersediaan tenaga kerja.
4. Kondisi topografi lahan (Rachman & Nugroho, 2019).

Di Indonesia, tiga teknik utama yang digunakan adalah penanaman manual, semi-mekanis, dan mekanis penuh.

1. Penanaman Manual

Metode tradisional yang dilakukan dengan tenaga kerja manusia menggunakan alat sederhana seperti cangkul, sabit, dan tugal. Pola tanam tebu secara manual umumnya menggunakan sistem juringan, baik juring tunggal maupun juring ganda. Pemilihan sistem ini mempertimbangkan kondisi lahan, ketersediaan air, dan jenis tanah. Sistem juring tunggal menempatkan satu baris tanaman tebu dalam satu guludan, sedangkan sistem juring ganda menempatkan dua baris tanaman dalam satu guludan dengan jarak antar barisan yang lebih lebar.

Prosedur Langkah Demi Langkah

- a. Persiapan lahan: membajak atau mencangkul tanah sedalam ± 25 cm.
- b. Pembuatan alur tanam: kedalaman ± 15 – 20 cm, jarak antarbaris 1–1,2 m.
- c. Penempatan bibit tebu: potongan batang (*setts*) berisi 2–3 mata tunas diletakkan horizontal.
- d. Penutupan: bibit ditutup tanah tipis ± 5 cm.
- e. Pemadatan ringan: untuk menjaga kelembapan dan kontak bibit dengan tanah.

Kelebihan teknik penanaman tebu secara manual adalah

- a. Modal rendah.
- b. Cocok untuk lahan sempit.

Kekurangan teknik penanaman tebu secara manual adalah

- a. Memerlukan banyak tenaga kerja (20–25 HOK/ha).
- b. Kecepatan rendah: $\pm 0,05$ ha/jam.

2. Penanaman Semi-Mekanis

Menggabungkan tenaga manusia dengan alat bantu seperti *planter* sederhana yang ditarik traktor atau hewan. Dalam sistem ini, beberapa tahapan seperti pengolahan lahan dan penanaman bisa dilakukan dengan alat, namun ada juga tahapan yang masih dikerjakan secara manual, seperti pemeliharaan tanaman. Sistem tanam semi mekanis pada tebu bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas usaha tani tebu, sambil tetap mempertimbangkan kondisi sosial ekonomi petani dan kondisi lahan.

Prosedur

- a. Traktor membuat alur tanam.
- b. Pekerja memasukkan bibit ke alur.
- c. Penutupan dilakukan manual atau dengan implement sederhana.

Kelebihan

- a. Menghemat waktu 30–40% dibanding manual.
- b. Mengurangi kelelahan pekerja.

Kekurangan

- a. Tetap membutuhkan tenaga kerja.
- b. Tidak optimal untuk lahan sangat miring.

3. Penanaman Mekanis Penuh

Menggunakan mesin penanam (*sugarcane planter*) yang melakukan pembukaan alur, penempatan bibit, pemupukan, dan penutupan dalam satu lintasan. Metode penanaman mekanis penuh mengacu pada sistem budidaya tebu di mana seluruh proses, mulai dari pengolahan lahan hingga panen, dilakukan menggunakan mesin. Ini berbeda dengan sistem tradisional yang banyak melibatkan tenaga manusia. Tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan mengurangi biaya produksi.



Sumber: Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, (2021)

Kelebihan teknik penanaman mekanis penuh:

- a. Kecepatan tinggi: 0,4–0,6 ha/jam.
- b. Tenaga kerja minimal.
- c. Distribusi bibit dan pupuk lebih seragam.

Kekurangan teknik penanaman mekanis penuh:

- Biaya investasi tinggi (Rp 300–500 juta/unit).
- Membutuhkan lahan dengan akses jalan dan kondisi tanah stabil.

Tabel 5. 3 Perbandingan Teknik Penanaman Tebu

Teknik Penanaman	Kecepatan (ha/jam)	Tenaga Kerja (HOK/ha)	Biaya (Rp/ha)	Produktivitas Potensial (ton/ha)
Manual	0,05	20–25	5–7 juta	60–75
Semi-mekanis	0,12–0,18	10–15	6–8 juta	65–80
Mekanis penuh	0,4–0,6	4–6	8–10 juta	70–85

Sumber: Rahardjo et al. (2020)

Faktor Penentu Pemilihan Teknik

Teknik penanaman tebu dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kondisi tanah, iklim, dan varietas tebu yang ditanam. Faktor-faktor ini menentukan bagaimana tebu ditanam, dirawat, dan dipanen untuk hasil yang optimal.

- Ketersediaan modal – mekanisasi penuh memerlukan investasi besar.
- Luas areal – lahan <5 ha cenderung menggunakan metode manual/semi-mekanis.
- Kondisi topografi – lahan miring membatasi penggunaan mesin besar.
- Akses ke layanan mekanisasi – di beberapa daerah, kelompok tani dapat menyewa *planter* dari koperasi atau pabrik gula.

***Intercropping* dan Diversifikasi**

Intercropping atau tumpang sari pada tanaman tebu adalah sistem penanaman dua atau lebih jenis tanaman secara bersamaan dalam satu lahan, dengan tujuan memanfaatkan ruang, cahaya, dan nutrisi secara optimal (Anderson et al., 2018). Diversifikasi di sini berarti memperluas jenis komoditas yang ditanam untuk mengurangi risiko kegagalan panen tunggal dan meningkatkan pendapatan petani.

Dalam konteks perkebunan tebu, *intercropping* umum dilakukan pada fase awal pertumbuhan (0–4 bulan) sebelum kanopi tebu menutup rapat, sehingga tanaman sela masih mendapatkan cukup sinar matahari.

Desain Pola Intercropping

- a. Baris Sela: Tanaman sela ditanam di antara baris tebu dengan jarak 0,5–0,75 m.
- b. Sistem Strip: Barisan tanaman sela dibuat dalam jalur memanjang di antara blok tebu.
- c. Tumpang Sari Campuran: Kombinasi beberapa tanaman sela sekaligus (lebih kompleks pengelolaannya).

Manajemen Nutrisi dan Air

Pemupukan harus mempertimbangkan kebutuhan gabungan semua tanaman. Leguminosa dapat mengurangi kebutuhan pupuk nitrogen tebu. Penyiraman harus lebih sering di fase awal karena tanaman sela meningkatkan kompetisi air.

Dampak terhadap Hama dan Penyakit

Positif: Keanekaragaman tanaman dapat menghambat perkembangan hama spesifik tebu (misal *borer*). Negatif:

Beberapa tanaman sela dapat menjadi inang alternatif bagi hama, sehingga rotasi dan pemilihan jenis tanaman penting.

Studi Kasus

Penelitian di PTPN XI Jawa Timur menunjukkan intercropping tebu dengan kacang tanah meningkatkan pendapatan bersih petani sebesar 22% per hektar tanpa menurunkan produktivitas tebu secara signifikan (Wicaksono et al., 2021).

Tabel 5. 4 Perbandingan Sistem Monokultur vs Intercropping

Sistem Tanam	Produktivi-tas Tebu (ton/ha)	Pendapatan Tambahan (Rp/ha)	Risiko Gagal Panen	Dampak Lingku-ngan
Monokultur	70–85	-	Tinggi	Rendah keanekar agaman hayati
Intercropping	68–82	4–8 juta	Lebih rendah	Lebih tinggi keanekar agaman hayati

Sumber: Wicaksono et al. (2021)

Penutup

Peningkatan produktivitas tebu di Indonesia memerlukan sinergi antara teknologi, pengetahuan lokal, dan kebijakan yang mendukung. Pola tanam yang adaptif dan inovatif tidak hanya meningkatkan hasil gula, tetapi juga memperkuat ketahanan ekonomi petani dan industri gula nasional.

Kesimpulan dari pola tanam tebu perkebunan besar dan perkebunan rakyat adalah:

1. Pola tanam tebu di perkebunan besar cenderung menggunakan sistem yang terstandarisasi, seperti *grid*, juring ganda, dan sistem blok, yang memaksimalkan efisiensi mesin, tenaga kerja, dan produktivitas lahan (Hunsigi, 1993).
2. Perkebunan rakyat masih mengandalkan pola tradisional dan penanaman manual, namun terdapat peluang besar untuk peningkatan produktivitas melalui adaptasi jarak tanam, penggunaan varietas unggul, dan penerapan pola tumpang sari yang tepat (Sutoro & Suyamto, 2010).
3. Teknik penanaman berkembang dari manual ke mekanis penuh, dengan perbedaan signifikan pada kecepatan kerja, biaya operasional, dan kualitas penanaman.
4. Intercropping dan diversifikasi dapat memberikan keuntungan ekonomi dan ekologis, tetapi memerlukan manajemen nutrisi, air, dan pengendalian hama yang terintegrasi agar produktivitas tebu tidak terganggu (Anderson et al., 2018).

Keberhasilan sistem dan pola tanam tebu sangat dipengaruhi oleh faktor lokal seperti jenis tanah, curah hujan, akses teknologi, dan kemampuan manajerial petani

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, R. L., Ingram, B. T., Jones, M. A. 2018. Intercropping principles and practices for sustainable agriculture. *Agricultural Systems*, 167, 193–205.
<https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.09.011>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2022. *Statistik tebu Provinsi Lampung 2022*. BPS Provinsi Lampung.
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Statistik tebu Indonesia 2021*. Jakarta: BPS.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2019. *Pedoman teknis tumpangsari pada tebu rakyat*. Kementerian Pertanian.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2020. *Petunjuk teknis budidaya tebu rakyat*. Kementerian Pertanian.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2023. *Statistik Perkebunan Indonesia: Komoditas Tebu 2021–2023*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Dwiatmini, K., Suprajaka, Haryati, R. 2021. Adaptasi petani tebu terhadap keterbatasan lahan di Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(2), 215–224.
<https://doi.org/10.18343/jipi.26.2.215>
- FAO. 2018. *Intercropping systems for sustainable agriculture*. FAO Agricultural Services Bulletin.
- Hendayana, R. 2016. *Pola tanam juring ganda pada tebu*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

- Hunsigi, G. 1993. *Production of sugarcane: Theory and practice*. Springer Science & Business Media.
- Hutahaeen, L., Ernawanto, Q. D. 2015. Kelayakan usahatani tebu dengan sistem tanam juring ganda di Jawa Timur dan Jawa Tengah. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 18(2), 125-176.
- Lithourgidis, A. S., Dordas, C. A., Damalas, C. A., Vlachostergios, D. N. 2011. Annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4), 396–410.
- Maryono, M., Sutaryo, Suryanto, P. 2019. Analisis ekonomi tumpang sari tebu dengan kacang tanah pada perkebunan rakyat. *Agriekonomika*, 8(2), 205–214. <https://doi.org/10.21107/agriekonomika.v8i2.5934>
- Nugraha, R., Suryanto, H. 2021. Analisis produktivitas dan pendapatan pada sistem tumpangsari tebu di Jawa Timur. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 49(2), 123–131.
- Purwono, Hartono, R. 2019. Efisiensi penggunaan lahan pada sistem tumpangsari tebu-kacang tanah. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(1), 45–53.
- Purwono, A. 2020. Pola tanam tradisional tebu rakyat di Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Berkelanjutan*, 45–53.
- Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia. 2020. Teknik budidaya tebu di lahan kering. P3GI.
- Rachman, S., Nugroho, S. 2019. Perbandingan biaya dan produktivitas antara metode tanam manual, semi mekanis, dan mekanis penuh pada tebu. *Agritech*,

- 39(4), 350–359.
<https://doi.org/10.22146/agritech.39351>
- Rahardjo, B., Wibowo, R., Santoso, D. 2020. Efisiensi mekanisasi penanaman tebu pada lahan datar di Jawa Timur. *Jurnal Mekanisasi Pertanian*, 15(1), 12–20.
<https://doi.org/10.21082/jmp.v15n1.2020.12-20>
- Riajaya, P. D., Hariyono, B., Cholid, M., Kadarwati, F. T., Santoso, B., Djumali, Subiyakto. 2022. Growth and yield potential of new sugarcane varieties during plant and first ratoon crops. *Sustainability*, 14(21), 14396.
- Riawan, B., Setiawan, E. 2020. Evaluasi sistem tanam tebu dengan jarak variabel di perkebunan besar. *Jurnal Teknologi Perkebunan*, 15(2), 77–86.
- Setiawan, B., Hidayat, T., Lestari, S. 2019. Optimalisasi produktivitas tebu rakyat melalui penerapan pola tanam terukur di Lampung Tengah. *Jurnal Agrikultura Tropis*, 7(1), 45–54.
- Sukmadinata, E. 2018. Sistem pertanian berkelanjutan: Teori dan praktik. Bandung: Alfabeta.
- Susilowati, S. H., Maulana, M. 2018. Karakteristik petani tebu rakyat dan implikasinya terhadap kebijakan peremajaan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 36(1), 49–63.
<https://doi.org/10.21082/fae.v36n1.2018.49-63>
- Sutaryo, D., Widodo, Y. 2021. Mekanisasi budidaya tebu: Peluang dan tantangan. *Jurnal Mekanisasi Pertanian*, 26(3), 155–163.

- Sutoro, Suyamto. 2010 Strategi peningkatan produktivitas tebu rakyat. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(3), 102–110. <https://doi.org/10.21082/jp3.v29n3.2010>
- Verheye, W. 2010. Growth and production of sugarcane. In W. H. Verheye (Ed.), *Land use, land cover and soil sciences* (Vol. 1). EOLSS Publishers.
- Wicaksono, B., Hidayat, T., Sugiarto, A. 2021. Peningkatan pendapatan petani melalui tumpang sari tebu dengan kacang tanah di Jawa Timur. *Jurnal Agroteknologi*, 15(2), 101–110.
- Widiastuti, T., Prabowo, H. (2019). Dampak diversifikasi tanaman pada produktivitas tebu rakyat. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 22(4), 301–310.
- World Bank. 2020. Sustainable agriculture and value chain development. Washington DC: World Bank.

BAB 6

PANEN DAN PENANGANAN PASCAPANEN TEBU

Oleh Dr. Ade Fipriani Lubis, S.P., M.P.

A. Pendahuluan

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman perkebunan yang menjadi bahan baku utama gula. Di Indonesia, tebu memiliki peran strategis baik dari sisi ekonomi, sosial, maupun ketahanan pangan. Proses panen dan penanganan pascapanen yang tepat sangat menentukan rendemen gula yang dihasilkan. Kesalahan dalam penentuan waktu panen, metode pemotongan, maupun pengangkutan dapat menyebabkan penurunan kadar gula secara signifikan, yang pada akhirnya merugikan petani dan industri gula.

Tujuan Bab ini adalah:

1. Menjelaskan kriteria dan indikator panen tebu yang optimal.
2. Memberikan pedoman persiapan panen dan pemilihan metode yang efisien.
3. Menguraikan teknik panen manual dan mekanis beserta kelebihan dan kekurangannya.
4. Menjelaskan prinsip penanganan pascapanen untuk meminimalkan kehilangan hasil.

5. Memaparkan inovasi teknologi yang dapat meningkatkan produktivitas dan mutu gula.

B. Penentuan Umur Panen

1. Penentuan Umur Panen

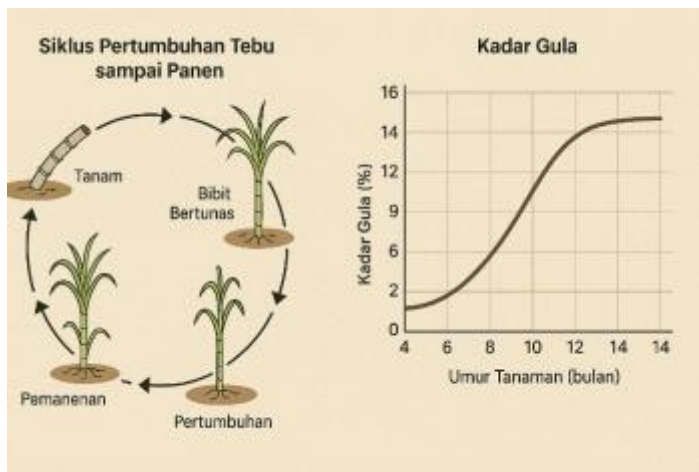
Umur panen tebu sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti varietas, kondisi tanah, iklim, dan teknik budidaya yang diterapkan. Di Indonesia, tebu umumnya dipanen pada umur 10–12 bulan untuk tebu yang ditanam di dataran rendah, dan 12–14 bulan untuk tebu yang ditanam di dataran tinggi. Penentuan waktu panen yang tepat sangat penting untuk memastikan kualitas dan kuantitas gula yang optimal. Proses panen dilakukan ketika pertumbuhan vegetatif tanaman tebu berhenti dan akumulasi gula di batang mencapai puncaknya.

Untuk menentukan umur panen, beberapa pendekatan dapat digunakan. Salah satunya adalah dengan mengikuti kalender tanam yang telah disesuaikan dengan kondisi lokal. Selain itu, riwayat varietas juga menjadi referensi penting, karena setiap varietas memiliki karakteristik waktu panen yang berbeda-beda. Pengukuran kadar gula secara periodik juga merupakan metode yang umum digunakan untuk menentukan waktu yang tepat untuk panen. Pengukuran kadar gula dapat dilakukan dengan menggunakan alat seperti refraktometer atau analisis Brix, yang mengukur konsentrasi gula dalam batang tebu. Selain itu, para petani sering mengamati tanda-tanda visual pada tanaman, seperti perubahan warna daun dan ketinggian batang, untuk menilai kesiapan panen.

Pentingnya penentuan waktu panen yang tepat tidak hanya berdampak pada hasil giling, tetapi juga pada efisiensi

proses pascapanen dan kualitas gula yang dihasilkan. Penundaan dalam panen dapat menyebabkan penurunan kualitas, karena gula dalam batang akan terdegradasi menjadi senyawa lain yang tidak diinginkan. Sebaliknya, panen terlalu dini juga dapat mengurangi kandungan sukrosa dan mempengaruhi hasil giling secara negatif.

Beberapa studi menunjukkan bahwa teknik budidaya yang tepat, seperti penggunaan irigasi yang baik, pemupukan yang seimbang, dan kontrol hama yang efektif, dapat mempercepat pencapaian umur panen optimal. Selain itu, teknologi terbaru seperti penggunaan sensor untuk memonitor kandungan gula dalam batang tebu dan prediksi waktu panen yang lebih akurat juga mulai diterapkan di beberapa negara untuk meningkatkan efisiensi panen.



Gambar 6. 1 Siklus Pertumbuhan Tebu sampai Panen

2. Indikator Kematangan Fisiologis

Kematangan fisiologis pada tebu adalah kondisi ketika pertumbuhan vegetatif tanaman berhenti dan akumulasi

sukrosa di batang mencapai tingkat maksimal, sebelum terjadi penurunan kualitas akibat degradasi gula. Penentuan tingkat kematangan yang tepat penting untuk menentukan waktu panen yang optimal.

a. Warna dan Kekerasan Batang

- Batang tebu matang umumnya memiliki warna sesuai varietas (kuning, ungu, atau hijau kekuningan) dan tampak mengkilap.
- Kulit batang menjadi lebih keras dibandingkan saat masih muda.
- Buku-buku batang terlihat jelas dan jaraknya tidak lagi bertambah panjang (Sumber: P3GI, 2017)

b. Kandungan Sukrosa dan Brix

- *Brix* (total padatan terlarut) meningkat dan stabil di bagian pangkal hingga ujung batang.
- Rasio gula reduksi terhadap sukrosa menurun.
- Nilai Pol % tebu (kadar sukrosa) berada pada kisaran optimal 12–16% tergantung varietas (**Sumber:** Solomon (2014); Direktorat Jenderal Perkebunan, 2015)

c. Perubahan Daun

- Daun tua di bagian bawah mengering, dimulai dari daun terbawah menuju ke atas.
- Jumlah daun hijau berkurang, tetapi pucuk masih aktif secara minimal (Sumber: FAO, 2019)

d. Kadar Air Batang

- Menurun dibanding fase pertumbuhan vegetatif.

- Air dalam batang lebih terkonsentrasi pada sel-sel penyimpanan sukrosa (Sumber: Hunsigi, 1993)

e. Distribusi Sukrosa yang Merata

- Pada tebu belum matang, kandungan sukrosa di bagian pangkal lebih tinggi dibanding ujung.
- Pada kematangan fisiologis, kadar sukrosa hampir merata di seluruh batang (Sumber: Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, 2017)

Tabel 6. 1 Tabel Ringkas Indikator Kematangan Tebu

No	Indikator	Ciri-ciri	Sumber Pustaka
1	Warna & kekerasan batang	Warna sesuai varietas, kulit keras, buku jelas	P3GI, 2017
2	Brix & Pol % tebu	Brix tinggi & stabil, Pol % 12–16%	Solomon, 2014; Ditjenbun, 2015
3	Daun bawah mengering	Daun tua mengering, jumlah daun hijau berkurang	FAO, 2019
4	Kadar air batang	Lebih rendah, air terkonsentrasi di sel penyimpan sukrosa	Hunsigi, 1993
5	Distribusi sukrosa merata	Sukrosa hampir sama dari pangkal hingga ujung batang	P3GI, 2017

3. Faktor Iklim dan Musim Panen

Iklim memegang peranan penting dalam menentukan waktu panen tebu. Panen sebaiknya dilakukan pada musim kemarau ketika curah hujan rendah, karena kadar gula cenderung tinggi dan risiko kehilangan akibat pertumbuhan tunas baru lebih kecil. Faktor iklim yang memengaruhi kematangan antara lain:

- a. Suhu: Idealnya antara 25–28°C untuk akumulasi gula. Suhu yang terlalu tinggi dapat menghambat proses fotosintesis dan mengurangi kandungan gula dalam batang tebu. Sebaliknya, suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat pertumbuhan dan perkembangan tebu.
- b. Kelembapan: Kelembapan yang rendah mengurangi risiko fermentasi di batang tebu. Kelembapan yang tinggi dapat mempercepat pembusukan dan penurunan kualitas tebu. Kelembapan yang moderat selama fase pematangan mendukung akumulasi sukrosa yang optimal.
- c. Curah Hujan: Curah hujan rendah selama musim kemarau membantu menjaga kestabilan kandungan air dalam batang tebu, mencegah pencairan gula, dan meminimalkan risiko pembusukan. Curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kualitas tebu, terutama jika terjadi selama fase pematangan.

Penerapan strategi budidaya yang mempertimbangkan faktor-faktor iklim ini dapat membantu memaksimalkan hasil dan kualitas panen tebu. Misalnya, penjadwalan tanam yang tepat untuk memastikan panen jatuh pada musim kemarau, serta pemilihan varietas tebu yang adaptif terhadap kondisi iklim setempat, dapat meningkatkan efisiensi produksi.

4. Kadar Gula sebagai Acuan Panen

Kadar gula menjadi indikator paling akurat dalam menentukan waktu panen. Pengukuran kadar gula dilakukan dengan refraktometer (°Brix) untuk mengetahui konsentrasi sukrosa. Panen dilakukan jika nilai °Brix telah mencapai 16–18% dan stabil selama beberapa hari berturut-turut.



Gambar 6. 2 Gambar Tebu Matang Dengan Tanda-Tanda Fisiologis

C. Persiapan Panen Tebu

1. Perencanaan dan Koordinasi Panen

Perencanaan panen bertujuan memastikan tebu dipanen pada waktu tepat, dengan metode yang efisien, serta mengalir lancar ke pabrik gula. Tahapan perencanaan meliputi:

- a. Pemetaan lahan – menggunakan peta manual atau GIS untuk menentukan urutan panen.
- b. Penentuan jadwal panen – berdasarkan kematangan tebu, kapasitas transportasi, dan kebutuhan pabrik.
- c. Koordinasi dengan pabrik gula – memastikan sinkronisasi antara kapasitas giling dan ketersediaan bahan baku.
- d. Perencanaan logistik – mengatur armada truk, jalur angkut, dan titik pengumpulan.

2. Peralatan Panen

Peralatan panen terdiri dari:

- a. Alat manual: sabit, parang, dan alat ikat.
- b. Mesin panen (*harvester*): memotong batang, membersihkan daun, dan memotong menjadi potongan siap muat dalam satu proses.
- c. Peralatan pendukung: traktor, trailer, dan alat ukur kadar gula di lapangan.

Pemilihan peralatan disesuaikan dengan skala lahan, ketersediaan modal, dan kondisi medan.

3. Tenaga Kerja Panen Tebu

Tenaga kerja dalam proses panen tebu dibagi menjadi beberapa kategori, yang masing-masing memiliki peran khusus untuk memastikan panen dapat dilakukan dengan efisien dan aman. Pembagian tenaga kerja dalam proses panen tebu meliputi:

- a. Pemanen: Tugas utama pemanen adalah memotong batang tebu menggunakan alat yang sesuai dengan teknik standar. Pemanen harus terampil dalam memilih

batang tebu yang siap untuk dipanen, memotongnya dengan presisi agar tidak merusak tanaman lainnya, serta menghindari kerusakan pada batang yang sedang tumbuh. Keahlian dalam pemilihan batang tebu yang tepat dapat berpengaruh besar pada kualitas hasil panen.

- b. Pengikat: Setelah batang tebu dipotong, pengikat bertanggung jawab untuk menyusun dan mengikat batang tebu dalam jumlah tertentu, memudahkan proses pengangkutan ke tempat penyimpanan atau pengolahan. Pengikatan yang rapi dan sesuai standar sangat penting untuk menghindari kerusakan pada batang tebu yang dapat menurunkan kualitasnya. Pengikat harus memiliki pemahaman yang baik mengenai teknik pengikatan yang tepat agar hasil panen dapat diangkut dengan aman.
- c. Pengangkut: Pengangkut berperan dalam memindahkan batang tebu yang sudah dipotong dan diikat menuju titik muat atau tempat penyimpanan. Proses ini memerlukan tenaga kerja yang cukup kuat serta pemahaman mengenai teknik angkut yang aman dan efisien. Pengangkut harus memastikan bahwa batang tebu tidak rusak selama proses pengangkutan dan tiba di titik muat dengan kondisi baik.

Pelatihan singkat untuk setiap kategori tenaga kerja ini sangat penting untuk memastikan bahwa mereka memahami cara kerja yang efisien dan aman. Dengan pelatihan yang tepat, para pekerja dapat mengoptimalkan produktivitas mereka, mengurangi risiko cedera, dan menjaga kualitas hasil panen tebu.

Pelatihan singkat diperlukan untuk memastikan pekerja memahami cara panen yang efisien dan aman.

D. Teknik Panen Tebu

1. Panen Manual

Panen manual adalah metode tradisional yang dilakukan dengan menggunakan alat sederhana seperti sabit atau parang untuk memotong batang tebu. Meskipun proses ini membutuhkan tenaga kerja yang besar, namun metode ini tetap banyak diterapkan pada lahan-lahan sempit atau yang memiliki kontur tanah tidak rata. Proses panen manual meliputi beberapa langkah utama:

- a. Pemotongan Batang Dekat Pangkal: Pemotongan dilakukan sedekat mungkin dengan pangkal batang untuk menjaga panjang batang yang optimal, yang berpengaruh pada kualitas tebu dan hasil gilingan.
- b. Pembuangan Daun Kering dan Pucuk: Batang tebu yang telah dipotong perlu dibersihkan dari daun kering dan pucuk agar tidak ada bahan organik lain yang dapat mempercepat pembusukan dan kehilangan sukrosa.
- c. Pengikatan Batang Tebu: Batang tebu yang telah dipotong kemudian diikat menjadi beberapa ikatan yang mudah untuk diangkut, sehingga proses transportasi ke pabrik menjadi lebih efisien.

Kelebihan Panen Manual:

- a. Cocok untuk Lahan Sempit atau Tidak Rata: Metode ini sangat efektif pada lahan yang sulit dijangkau oleh mesin besar atau pada kebun dengan kontur yang tidak rata.
- b. Memungkinkan Seleksi Batang Berkualitas: Pemanen dapat memilih batang tebu yang berkualitas terbaik untuk dipanen, sehingga dapat meningkatkan hasil gilingan dan kualitas gula.

- c. Modal Awal Relatif Rendah: Tidak membutuhkan investasi besar dalam alat berat, sehingga lebih terjangkau, terutama untuk petani skala kecil atau kebun yang terbatas.

Kekurangan Panen Manual:

- a. Memerlukan Banyak Tenaga Kerja: Proses manual sangat bergantung pada jumlah tenaga kerja, yang dapat meningkatkan biaya operasional dan mempengaruhi efisiensi.
- b. Waktu Panen Lebih Lama: Dibandingkan dengan metode mekanis, panen manual memerlukan waktu yang lebih lama untuk menyelesaikan proses pemanenan, yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam penggilingan.
- c. Risiko Kehilangan Sukrosa Lebih Tinggi: Jika tebu tidak segera diangkut setelah dipanen, proses respirasi dan degradasi sukrosa bisa terjadi, menyebabkan penurunan kualitas gula.

2. Panen Mekanis

Panen mekanis dilakukan dengan menggunakan alat berat, seperti sugarcane harvester, yang dapat memotong, membersihkan, dan mencacah tebu secara langsung di lapangan. Mesin ini dirancang untuk dapat memanen ratusan ton tebu per hari, sehingga sangat efektif untuk operasi berskala besar. Proses panen mekanis memiliki beberapa tahapan yang lebih efisien dibandingkan dengan metode manual.

Kelebihan Panen Mekanis:

- a. Kapasitas Panen Tinggi dan Cepat: Dengan menggunakan alat mekanis, proses panen dapat

dilakukan dalam waktu yang jauh lebih singkat, memungkinkan produksi yang lebih tinggi dalam waktu yang terbatas.

- b. Mengurangi Ketergantungan pada Tenaga Kerja Manual: Penggunaan mesin mengurangi kebutuhan akan tenaga kerja manual, yang dapat mengurangi biaya operasional dan mempercepat proses panen.
- c. Panen Dapat Dilakukan Lebih Tepat Waktu: Dengan mekanisasi, panen dapat dilakukan tepat pada waktunya, yang mengurangi risiko kehilangan sukrosa dan penurunan kualitas tebu.

Kekurangan Panen Mekanis:

- a. Investasi Alat Sangat Mahal: Pembelian dan pemeliharaan mesin pemanen tebu memerlukan investasi yang besar, yang sering kali menjadi kendala bagi petani kecil.
- b. Tidak Cocok untuk Lahan dengan Kemiringan Tinggi atau Kondisi Tanah Berlumpur: Mesin harvester memiliki keterbatasan dalam menjangkau lahan dengan kemiringan lebih dari 15 derajat atau tanah yang berlumpur, yang bisa merusak mesin dan mengurangi efisiensi.
- c. Membutuhkan Operator Terlatih dan Perawatan Berkala: Mesin pemanen tebu memerlukan operator yang terlatih dan pemeliharaan rutin agar tetap berfungsi dengan baik. Tanpa pemeliharaan yang tepat, mesin bisa mengalami kerusakan, yang mengarah pada biaya tambahan.

Tabel 6. 2 Keuntungan dan Kelemahan Masing-masing Metode

Aspek	Panen Manual	Panen Mekanis
Kecepatan	Lambat	Sangat cepat
Biaya Awal	Rendah	Tinggi
Kebutuhan Tenaga	Tinggi	Rendah
Presisi Pemotongan	Tinggi	Sedang
Kebutuhan Lahan	Fleksibel	Rata dan luas

Pemilihan metode panen sebaiknya mempertimbangkan skala usaha, kondisi lahan, ketersediaan tenaga kerja, dan modal investasi.

3. Teknik Pemotongan dan Pengikatan Tebu

Dalam panen, teknik pemotongan yang tepat sangat penting untuk mengurangi kerusakan tanaman dan meminimalkan kehilangan gula:

- Potong di bawah buku pertama agar seluruh bagian manis batang terambil.
- Buang daun dan pucuk yang tidak mengandung gula.
- Ikat tebu dalam jumlah sedang (20–30 batang per ikatan) untuk memudahkan pengangkutan.
- Hindari penumpukan tebu di lahan terlalu lama agar gula tidak turun akibat respirasi pascapanen.

E. Penanganan Pascapanen Tebu

Penanganan pascapanen tebu bertujuan mempertahankan kandungan sukrosa setinggi mungkin hingga tebu masuk ke

proses penggilingan. Setelah dipanen, proses respirasi dan degradasi sukrosa akan segera berlangsung. Tanpa penanganan yang tepat, kadar gula akan menurun akibat aktivitas enzim invertase dan mikroorganisme. Oleh karena itu, prinsip utama pascapanen meliputi:

1. Meminimalkan Waktu Tunggu antara Panen dan Penggilingan

Penundaan antara panen dan penggilingan dapat menyebabkan degradasi sukrosa yang signifikan. Penelitian menunjukkan bahwa penundaan penggilingan lebih dari 24 jam dapat mengurangi kandungan sukrosa hingga 1% unit pol, yang berkontribusi pada penurunan kualitas gula yang dihasilkan. Oleh karena itu, penting untuk memastikan jadwal panen dan penggilingan selaras dengan kapasitas pabrik untuk meminimalkan waktu tunggu tebu.

2. Mengurangi Kerusakan Fisik pada Batang selama Penanganan dan Transportasi

Kerusakan mekanis pada batang tebu, baik akibat pemotongan yang tidak tepat maupun transportasi yang kasar, dapat membuka jalan bagi mikroorganisme penyebab pembusukan. Kerusakan ini mempercepat degradasi sukrosa dan menurunkan kualitas tebu secara keseluruhan. Oleh karena itu, penting untuk menerapkan teknik pemotongan dan transportasi yang hati-hati untuk meminimalkan kerusakan mekanis pada batang tebu.

3. Menghindari Kontaminasi dari Tanah, Kotoran, atau Bahan Organik Lain yang Mempercepat Pembusukan

Kontaminasi oleh tanah, kotoran, atau bahan organik lain dapat mempercepat pembusukan tebu dan menurunkan

kualitasnya. Pembersihan tebu dari kontaminan ini sebelum penyimpanan atau penggilingan dapat membantu mempertahankan kualitas tebu dan mengurangi risiko pembusukan.

4. Pengaturan Ventilasi dan Suhu jika Penyimpanan Sementara Tidak Dapat Dihindari

Jika penyimpanan sementara diperlukan sebelum penggilingan, pengaturan ventilasi dan suhu yang tepat sangat penting. Suhu yang tinggi dapat mempercepat aktivitas mikroba dan enzim invertase, yang menyebabkan degradasi sukrosa. Oleh karena itu, penyimpanan tebu dalam kondisi yang sejuk dan berventilasi baik dapat membantu mempertahankan kualitas tebu selama periode penyimpanan.

Implementasi prinsip-prinsip ini secara konsisten dapat membantu meminimalkan kehilangan sukrosa pascapanen tebu, meningkatkan efisiensi produksi gula, dan mendukung keberlanjutan industri gula secara keseluruhan.

1. Pengangkutan Tebu dari Lahan ke Pabrik

Pengangkutan tebu adalah salah satu mata rantai terpenting dalam industri gula. Setelah tebu dipanen, proses pengangkutannya ke pabrik harus dilakukan secepat mungkin untuk menghindari penurunan kualitas. Penurunan kadar sukrosa dapat terjadi akibat respirasi alami dan aktivitas mikroorganisme pada batang tebu yang telah dipotong.

Dalam praktiknya, keberhasilan proses ini tidak hanya bergantung pada sarana transportasi, tetapi juga pada perencanaan logistik, infrastruktur jalan, dan koordinasi antara tim panen dan pabrik gula.

a. **Tujuan Pengangkutan Tebu**

Pengangkutan tebu dilakukan dengan beberapa tujuan utama:

- Menjaga kualitas bahan baku sehingga rendemen gula tetap tinggi.
- Menjamin kelancaran suplai ke pabrik agar kapasitas giling optimal.
- Mengurangi kehilangan hasil akibat pembusukan atau kerusakan mekanis.
- Meningkatkan efisiensi biaya dengan pemilihan moda transportasi yang tepat.

b. **Sistem dan Moda Pengangkutan Tebu**

1) **Moda Darat**

- **Truk Tebu**
Kapasitas antara 5–15 ton, digunakan untuk jarak menengah hingga jauh. Cocok di daerah dengan akses jalan baik.
- **Trailer Traktor**
Digunakan di kebun yang jalannya sempit atau medan sulit. Kapasitas 2–5 ton.
- **Lori (*Decauville*)**
Menggunakan rel mini, umum di beberapa pabrik gula lama. Memiliki kapasitas besar dan stabilitas tinggi.

2) **Moda Rel Kereta Api Besar**

Digunakan untuk mengangkut tebu dari kebun luas dengan jarak jauh ke pabrik melalui jalur rel permanen. Kapasitas per rangkaian bisa mencapai

puluhan ton, sehingga cocok untuk operasi skala besar.

3) Moda Air

Jarang digunakan, tetapi dapat dimanfaatkan jika kebun berada di dekat sungai besar yang terhubung ke pabrik.

2. Tahapan Proses Pengangkutan

Proses pengangkutan tebu merupakan salah satu tahap kritis dalam sistem tebang-muat-angkut (TMA) yang mempengaruhi efisiensi dan kualitas hasil giling. Setiap tahapan dalam proses ini harus direncanakan dan dilaksanakan dengan cermat untuk meminimalkan kehilangan sukrosa dan memastikan tebu sampai ke pabrik dalam kondisi optimal.



a. Persiapan

- Penentuan Jadwal Tebang Sesuai Kapasitas Giling: Penjadwalan tebang yang tepat berdasarkan kapasitas pabrik gula sangat penting untuk menghindari penumpukan tebu di kebun atau pabrik.

Hal ini juga membantu dalam mengatur jumlah tenaga kerja dan armada angkut yang diperlukan.

- Pemeriksaan Kelayakan Armada dan Infrastruktur Jalan: Sebelum musim panen, penting untuk memeriksa kondisi armada angkut dan infrastruktur jalan. Kendaraan harus dalam kondisi baik dan jalan harus dapat dilalui dengan aman dan efisien untuk menghindari keterlambatan dan kerusakan pada tebu.

b. Pengumpulan di Loading Point

- Tebu Hasil Tebang Ditumpuk di Tepi Jalan atau Titik Muat: Setelah ditebang, tebu ditumpuk di lokasi yang telah ditentukan untuk memudahkan proses pemuatan. Penataan yang baik akan mempercepat proses pemuatan dan mengurangi kerusakan pada tebu.
- Proses Penataan Batang untuk Memudahkan Pemuatan: Penataan batang tebu yang rapi dan sistematis akan memudahkan alat pemuat dalam mengambil tebu dan mengurangi waktu yang dibutuhkan dalam proses pemuatan.

c. Proses Muat

Pemuatan Manual atau dengan Alat Mekanis: Pemuatan tebu dapat dilakukan secara manual atau menggunakan alat mekanis seperti grab loader atau crane tebu. Penggunaan alat mekanis dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi tenaga kerja.

d. Perjalanan ke Pabrik

- Pengiriman Mengikuti Rute Tercepat dan Paling Aman: Rute pengiriman harus direncanakan dengan baik untuk memastikan tebu sampai ke pabrik dalam waktu yang singkat dan aman. Hal ini juga membantu dalam mengurangi biaya transportasi dan kerusakan pada tebu.
- Ritasi Diatur untuk Pasokan Kontinu: Pengaturan ritasi kendaraan angkut yang tepat akan memastikan pasokan tebu ke pabrik berjalan lancar dan kontinu, menghindari kekosongan bahan baku di pabrik.

e. Pembongkaran di Pabrik

- Menggunakan Konveyor, Crane, atau Metode Tipping: Di pabrik, tebu dibongkar menggunakan konveyor, crane, atau metode tipping. Pemilihan metode bongkar yang tepat akan mempengaruhi efisiensi dan kerusakan pada tebu.
- Tebu Ditimbang dan Dicatat Sebelum Masuk Proses Giling: Setelah dibongkar, tebu ditimbang dan dicatat untuk keperluan administrasi dan kontrol kualitas. Hal ini penting untuk memastikan akurasi data dan perencanaan produksi yang tepat.

3. Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi

- Jarak dan kondisi jalan: Jarak yang dekat dan jalan yang baik mempercepat pengiriman.
- Kapasitas armada: Kapasitas besar menurunkan frekuensi perjalanan.
- Koordinasi: Sinkronisasi antara panen, transportasi, dan giling.

- Cuaca: Hujan lebat dapat menghambat akses dan menurunkan kualitas tebu.

4. Strategi Peningkatan Efisiensi

- Menggunakan armada dengan desain khusus untuk tebu (misalnya truk bak jaring).
- Perbaikan dan pemeliharaan jalan kebun.
- Penerapan sistem logistik modern dengan GPS tracking.
- Pelatihan tenaga kerja bongkar muat agar lebih cepat dan aman.
- Mengatur jadwal panen dan transportasi secara terintegrasi.

5. Ilustrasi Alur Pengangkutan Tebu



Gambar 6.3 Skema Alur Pengangkutan Tebu dari Lahan ke Pabrik

Pengangkutan tebu bukan sekadar memindahkan batang tebu dari kebun ke pabrik, melainkan sebuah proses yang memerlukan manajemen waktu, tenaga, dan sumber daya secara efisien. Kecepatan pengiriman adalah kunci, karena setiap jam keterlambatan dapat menurunkan rendemen gula secara signifikan. Dengan perencanaan yang matang, pemilihan moda transportasi yang tepat, dan dukungan infrastruktur, proses pengangkutan dapat dilakukan secara optimal.



6. Penanganan di Tempat Penampungan

Tempat penampungan sementara harus didesain agar:

- a. Memiliki aliran udara yang baik untuk mengurangi panas dan kelembapan.
- b. Lantai atau permukaan bersih dan kering untuk menghindari kontaminasi.
- c. Tebu ditumpuk secara teratur agar mudah diangkut kembali.
- d. Menghindari penumpukan lebih dari 24 jam jika tidak ada pendinginan atau proses pengawetan.



Gambar 6. 4 Diagram Alir penanganan pascapanen

a. Faktor yang Mempengaruhi Kehilangan Hasil Pascapanen

Kehilangan hasil pascapanen tebu merupakan tantangan signifikan dalam industri gula, yang dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas produksi gula. Beberapa faktor utama yang memengaruhi kehilangan hasil pascapanen tebu antara lain:

1) Waktu Tunggu yang Terlalu Lama Sebelum Penggilingan

Keterlambatan antara panen dan penggilingan dapat menyebabkan penurunan kualitas tebu. Penelitian menunjukkan bahwa penundaan penggilingan lebih dari 24 jam dapat mengurangi kandungan sukrosa hingga 1% unit pol, yang berkontribusi pada penurunan kualitas

gula yang dihasilkan. Oleh karena itu, penting untuk memastikan jadwal panen dan penggilingan selaras dengan kapasitas pabrik untuk meminimalkan waktu tunggu tebu.

2) Kerusakan Mekanis Akibat Pemotongan atau Transportasi yang Kasar

Kerusakan mekanis pada batang tebu, baik akibat pemotongan yang tidak tepat maupun transportasi yang kasar, dapat membuka jalan bagi mikroorganisme penyebab pembusukan. Kerusakan ini mempercepat degradasi sukrosa dan menurunkan kualitas tebu secara keseluruhan. Oleh karena itu, penting untuk menerapkan teknik pemotongan dan transportasi yang hati-hati untuk meminimalkan kerusakan mekanis pada batang tebu.

3) Suhu dan Kelembapan Tinggi yang Mempercepat Pembusukan

Suhu dan kelembapan tinggi dapat mempercepat aktivitas mikroorganisme yang menyebabkan pembusukan pada tebu. Penyimpanan tebu pada suhu ruang tanpa pengemasan yang tepat dapat meningkatkan aktivitas mikroba, yang pada gilirannya mempercepat degradasi sukrosa. Sebaliknya, penyimpanan pada suhu rendah dapat memperlambat aktivitas mikroba dan memperpanjang umur simpan tebu.

4) Serangan Mikroba dan Jamur yang Merusak Batang

Mikroba dan jamur, seperti *Leuconostoc spp.*, dapat menyebabkan fermentasi dan pembusukan pada tebu,

mengubah sukrosa menjadi alkohol dan asam, yang menurunkan kualitas tebu. Serangan ini sering terjadi jika tebu disimpan dalam kondisi lembap dan hangat. Penggunaan bahan pengawet alami dan teknik penyimpanan yang tepat dapat membantu mengurangi serangan mikroba dan jamur pada tebu.

5) Kandungan Air Berlebih yang Mempercepat Degradasi Sukrosa

Kandungan air yang tinggi pada tebu dapat mempercepat proses fermentasi dan pembusukan, yang pada gilirannya meningkatkan kehilangan sukrosa. Penurunan kandungan air melalui pengeringan atau pemrosesan awal dapat membantu mengurangi degradasi sukrosa dan memperpanjang umur simpan tebu.

b. Strategi Pengendalian Kehilangan Hasil

Untuk mengurangi kehilangan hasil pascapanen tebu, beberapa strategi yang dapat diterapkan antara lain:

- **Mempercepat Proses Penggilingan:** Menjaga agar waktu antara panen dan penggilingan tetap singkat untuk mencegah penurunan kualitas tebu.
- **Mengurangi Kerusakan Mekanis:** Menggunakan teknik pemotongan dan transportasi yang hati-hati untuk meminimalkan kerusakan pada batang tebu.
- **Pengaturan Suhu dan Kelembapan:** Menyimpan tebu pada suhu rendah dan kelembapan yang terkendali untuk memperlambat aktivitas mikroba dan memperpanjang umur simpan.

- **Penggunaan Bahan Pengawet Alami:** Mengaplikasikan bahan pengawet alami untuk mengurangi serangan mikroba dan jamur pada tebu.
- **Pengurangan Kandungan Air:** Mengurangi kandungan air pada tebu melalui pengeringan atau pemrosesan awal untuk mencegah degradasi sukrosa.

Implementasi strategi-strategi tersebut dapat membantu mengurangi kehilangan hasil pascapanen tebu, meningkatkan efisiensi produksi gula, dan mendukung keberlanjutan industri gula secara keseluruhan.

F. Penyimpanan dan Mutu Tebu

1. Penurunan Kualitas Tebu setelah Panen

Setelah tebu dipanen, proses respirasi dan aktivitas mikroba terus berlangsung, menyebabkan terjadinya penurunan kadar sukrosa. Penurunan kualitas tebu ini dipengaruhi oleh suhu lingkungan, kelembapan, serta waktu tunggu sebelum proses penggilingan. Semakin lama tebu dibiarkan di lapangan atau di tempat penampungan, semakin besar kerugian sukrosa akibat degradasi gula menjadi glukosa dan fruktosa.

Menurut Solomon (2009), tebu yang dibiarkan lebih dari 48 jam setelah panen dapat mengalami kehilangan sukrosa hingga 10–15%. Faktor-faktor seperti kerusakan mekanis selama panen dan pengangkutan juga mempercepat pembusukan.

2. Waktu Tunggu sebelum Penggilingan

Waktu tunggu ideal sebelum penggilingan adalah kurang dari 24 jam. Penelitian Kuniadi dkk. (2018) menunjukkan bahwa penggilingan dalam waktu cepat dapat meminimalkan kehilangan rendemen gula dan mencegah pertumbuhan mikroba perusak.

Jika terjadi penundaan penggilingan, tebu sebaiknya disimpan di lokasi teduh dengan ventilasi baik, atau diatur dalam tumpukan yang meminimalkan tekanan pada batang bagian bawah.

3. Metode Penyimpanan Tebu

Metode penyimpanan tebu harus mempertimbangkan faktor kelembapan, sirkulasi udara, dan perlindungan dari sinar matahari langsung.

Beberapa metode yang digunakan antara lain:

- a. Penyimpanan Terbuka Bernaungan – Tebu disimpan di bawah atap sederhana untuk mengurangi panas langsung.
- b. Penyimpanan di Gudang Ventilasi – Menggunakan bangunan dengan sirkulasi udara alami atau buatan.
- c. Penggunaan Kain Basah/Penyiraman Ringan – Untuk menjaga kelembapan batang, tetapi harus dihindari genangan air yang dapat memicu pembusukan.

4. Pengendalian Kehilangan Sukrosa

Kehilangan sukrosa pada tebu pasca panen merupakan tantangan signifikan dalam industri gula, karena dapat mengurangi rendemen dan kualitas produk akhir. Berbagai faktor, seperti keterlambatan penggilingan, kerusakan mekanis, dan kondisi penyimpanan yang tidak optimal,

berkontribusi terhadap degradasi sukrosa. Untuk mengatasi masalah ini, beberapa langkah strategis dapat diimplementasikan:

a. Mempercepat Proses Penggilingan

Keterlambatan antara panen dan penggilingan dapat menyebabkan degradasi sukrosa yang signifikan. Penelitian menunjukkan bahwa penundaan penggilingan lebih dari 24 jam dapat mengurangi kandungan sukrosa hingga 1% unit pol, yang berkontribusi pada penurunan kualitas gula yang dihasilkan. Oleh karena itu, penting untuk memastikan jadwal panen dan penggilingan selaras dengan kapasitas pabrik untuk meminimalkan waktu tunggu tebu.

b. Penggunaan Bahan Pengawet Alami

Untuk mengurangi kerusakan mikroba yang mempercepat kehilangan sukrosa, penggunaan bahan pengawet alami seperti ekstrak tumbuhan antimikroba dapat efektif. Penelitian oleh Misra et al. (2022) menunjukkan bahwa ekstrak tumbuhan tertentu dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab degradasi sukrosa pada tebu pasca panen. Penerapan bahan pengawet alami ini dapat membantu mempertahankan kualitas tebu selama periode penyimpanan.

c. Pengelolaan Transportasi yang Cepat dan Efisien

Transportasi yang cepat dan efisien dari lokasi panen ke pabrik sangat penting untuk mencegah penurunan kualitas tebu. Penundaan dalam transportasi dapat menyebabkan peningkatan aktivitas mikroba dan degradasi sukrosa. Oleh karena itu, perencanaan logistik

yang baik, termasuk pemilihan rute yang optimal dan penggunaan kendaraan yang sesuai, dapat membantu meminimalkan waktu transit dan menjaga kualitas tebu.

d. **Pemilihan Lokasi Penampungan yang Strategis**

Lokasi penampungan tebu yang strategis, dekat dengan pabrik, dapat mengurangi waktu tunggu dan meminimalkan risiko degradasi sukrosa. Studi oleh Li et al. (2023) menunjukkan bahwa penyimpanan tebu dalam kondisi yang tidak optimal dapat meningkatkan aktivitas mikroba dan mempercepat kehilangan sukrosa. Oleh karena itu, penting untuk memilih lokasi penampungan yang memiliki akses mudah ke pabrik dan kondisi lingkungan yang mendukung kualitas tebu.

G. Inovasi Teknologi Panen dan Pascapanen Tebu

1. Alat Panen Modern

Perkembangan teknologi telah menghadirkan berbagai jenis mesin panen tebu (sugarcane harvester) yang mampu melakukan pemotongan, pembersihan daun, dan pemuatan secara otomatis. Mesin seperti ini dapat memanen hingga 100–150 ton tebu per hari, jauh lebih efisien dibandingkan tenaga manusia.

Keunggulan alat panen modern:

- a. Mengurangi biaya tenaga kerja.
- b. Mempercepat proses panen.
- c. Mengurangi kerusakan batang akibat penanganan manual.

Namun, investasi awalnya relatif tinggi, sehingga umumnya digunakan oleh perusahaan perkebunan besar atau kelompok tani yang mampu berbagi biaya.

2. Sistem Logistik dan Transportasi Tebu

Sistem logistik modern untuk pascapanen tebu melibatkan koordinasi antara waktu panen, ketersediaan transportasi, dan kapasitas penggilingan pabrik. Penggunaan GPS dan sistem manajemen armada memungkinkan rute pengiriman lebih efisien sehingga waktu tunggu tebu berkurang.

Di beberapa negara, truk pengangkut dilengkapi sensor beban dan suhu untuk memantau kualitas tebu selama perjalanan.

3. Penggunaan Sensor dan Analisis Digital

Sensor berbasis *Near-Infrared* (NIR) kini digunakan untuk mengukur kadar gula tebu di lapangan secara cepat. Data yang dikumpulkan dapat dianalisis dengan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk menentukan waktu panen optimal. Selain itu, teknologi drone juga digunakan untuk memantau kesehatan tanaman, mendeteksi area yang siap panen, dan mengidentifikasi masalah pertumbuhan.

4 .Studi Kasus Keberhasilan

Studi Kasus Keberhasilan Inovasi Panen dan Pascapanen Tebu

Inovasi dalam teknologi panen dan pascapanen tebu telah berhasil meningkatkan efisiensi dan produktivitas di berbagai negara. Berikut adalah beberapa contoh penerapan inovasi yang berhasil:

a. Brazil: Penggunaan Harvester Modern dan Manajemen Logistik Berbasis AI

Di Brazil, penerapan teknologi canggih dalam industri gula telah membawa dampak signifikan. Penggunaan harvester modern yang dilengkapi dengan sistem manajemen logistik berbasis kecerdasan buatan (AI) memungkinkan koordinasi yang lebih baik antara pemanen dan kendaraan angkut. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi proses panen, tetapi juga mengurangi waktu tunggu penggilingan menjadi kurang dari 12 jam, sehingga mengurangi kehilangan sukrosa dan meningkatkan kualitas gula yang dihasilkan.

b. Australia: Pemanfaatan Drone untuk Pemetaan Lahan dan Penentuan Titik Panen

Australia telah mengadopsi teknologi drone untuk pemetaan lahan tebu secara presisi. Dengan menggunakan drone untuk memetakan lahan dan menentukan titik panen, petani dapat mengidentifikasi area dengan potensi hasil terbaik dan merencanakan panen secara lebih efisien. Studi menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan rendemen gula rata-rata sebesar 8%, berkontribusi pada peningkatan produksi gula secara keseluruhan.

c. Indonesia: Penerapan Sensor NIR dan Sistem Armada Terintegrasi

Di Indonesia, beberapa pabrik gula telah mulai menerapkan teknologi sensor Near-Infrared (NIR) untuk memantau kualitas tebu secara real-time. Sensor NIR ini memungkinkan deteksi kadar air dan sukrosa dalam tebu, sehingga proses penggilingan dapat disesuaikan untuk memaksimalkan hasil. Selain itu, sistem armada

terintegrasi yang menghubungkan kendaraan angkut dengan pabrik gula melalui platform digital membantu mengoptimalkan rute transportasi dan mengurangi waktu tunggu, meningkatkan efisiensi keseluruhan dalam rantai pascapanen.

Implementasi teknologi-teknologi ini menunjukkan bahwa inovasi dalam panen dan pascapanen tebu dapat membawa perubahan signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas industri gula. Adopsi teknologi yang tepat, disertai dengan pelatihan dan dukungan yang memadai, menjadi kunci keberhasilan dalam menghadapi tantangan global di sektor pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, A. G. (1973). *Sugarcane physiology: A comprehensive study of the Saccharum source-to-sink system*. Elsevier Scientific Publishing.
- Aliano Filho, A. (2021). A bi-objective mathematical model for integrated planning of sugarcane harvest and transport operations. *Elsevier*.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2020). *Panduan teknis budidaya dan panen tebu*. Kementerian Pertanian RI.
- Bantacut, T., Sukardi, & Supatma, I. A. (2012). Kehilangan sukrosa dalam sistem terbang muat angkut di pabrik gula Sindang Laut dan Tersana Baru Cirebon. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 22(2), 115-121.
- Chen, J. C. P., & Chou, C. C. (1993). *Cane sugar handbook: A manual for cane sugar manufacturers and their chemists* (12th ed.). Wiley-Interscience.
- Department of Primary Industries. (2024). *Drone and mapping tech*. Queensland Government.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2015). *Pedoman teknis budidaya dan pengolahan tebu*. Kementerian Pertanian RI.
- FAO. (2019). *Good practices for the transportation and handling of sugarcane*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Humbert, R. P. (1968). *The growing of sugar cane*. Elsevier Publishing Company.

- Hunsigi, G. (1993). *Production of sugarcane: Theory and practice*. New York: Springer.
- Kaur, R., & Watson, J. A. (2024). A scoping review of postharvest losses, supply chain management, and technology: Implications for produce quality in developing countries. *Journal of the ASABE*.
- Kuspratomo, D. (2012). Pengaruh umur simpan air tebu terhadap susut bobot dan total padatan terlarut. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(2), 119-126.
- Lamsal, K. (2015). *Sugarcane harvest logistics in Brazil*. University of Iowa.
- Legendre, B. L. (2001). Harvest and storage of sugarcane. *Louisiana Agriculture*, 44(3), 14–17.
- Li, L., & Ma, S. (2023). Experimental study on sucrose losses of sugarcane by 2450 MHz microwave technology. *Agriculture*, 13(8), 1638.
- Malik, Z. W. (2020). Response of sugarcane on agro-climatic factors. *Pakistan Journal of Sugarcane Research*, 35(2), 25-30.
- Mehdi, F. (2024). Factors affecting the production of sugarcane yield and quality. *Frontiers in Plant Science*.
- Misra, V., Mall, A. K., Solomon, S., & Ansari, M. I. (2022). Post-harvest biology and recent advances of storage technologies in sugarcane. *Biotechnology Reports*, 33, e00705.
- Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI). (2015). *Teknik budidaya tebu*. Pasuruan: P3GI.

- Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI). (2017). *Manajemen panen dan transportasi tebu*. Pasuruan: P3GI.
- Rachman, A., & Soenarjo, D. (2018). Penentuan umur panen optimal tebu berdasarkan kadar gula dan iklim. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 19(1), 45–53.
- Sing, R., & Reddy, K. (2003). Impact of rainfall and temperature on sugarcane yield and quality. *Agricultural Science Digest*, 23(1), 51–55.
- Solomon, S. (2009). Post-harvest deterioration of sugarcane. *Sugar Tech*, 11(2), 109–123.
- Solomon, S. (2014). *Cane sugar production in India: Past, present and future*. Lucknow: Indian Institute of Sugarcane Research.
- Solomon, S. (2016). Post-harvest deterioration of sugarcane. *Sugar Tech*, 18(2), 133–147.
- Sulaiman, A. A., et al. (2019). Increasing sugar production in Indonesia through land suitability analysis. *MDPI*.
- Sundara, B. (2011). *Sugarcane cultivation*. Vikas Publishing House.
- Zhao, Y., et al. (2023). Climate variations in the low-latitude plateau contribute to sugarcane yield and sucrose accumulation. *Environmental Research Letters*, 18(4), 044017.

BAB 7

PROSES PENGOLAHAN TEBU MENJADI GULA DAN PRODUK TURUNAN

Oleh Pada Mulia Raja, M.Si

A. Prinsip Dasar Ekstraksi Sukrosa

Sukrosa yang dihasilkan dari tanaman tebu melewati proses ekstraksi sebagai tahapan awal yang sangat penting pada proses pengolahan tebu menjadi gula. Prinsip dasar dari proses ekstraksi gula dengan memisahkan nira yang didalamnya terkandung sukrosa yang berasal dari jaringan serat tebu dengan efektivitas dan efisiensi mungkin dengan tetap memperhatikan hal-hal meminimalkan kehilangan gula dan degradasinya.

Tebu secara anatomi memiliki struktur yang tersusun atas jaringan pembuluh yang menyimpan nira di dalam sel-sel parenkim. Nira dari tebu memiliki kadar Sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) bervariasi, secara umumnya kadar sukrosa pada nira tebu antara 12–16% berat tebu segar, tergantung varietas, kondisi iklim, tanah, kultur teknis, dan umur panen (Solomon, 2016). Proses ekstraksi bertujuan untuk memisahkan nira pada dinding parenkim sel dengan cara perlakuan mekanis atau difusi.

Prinsip dasar ekstraksi sukrosa meliputi tahapan yaitu:

1. Pembukaan Struktur Sel Tebu

Dilakukan melalui pencacahan (*shredding*) atau pemotongan (*cane knives*) untuk memperbesar luas permukaan kontak antara serat tebu dan pelarut (air atau nira encer). Tahap ini memudahkan penetrasi pelarut dan mengurangi energi yang dibutuhkan untuk menekan tebu dalam gilingan (Chen & Chou, 2012).

2. Pemisahan Nira secara Mekanis

Menggunakan sistem gilingan (*milling*), di mana tebu yang telah dicacah dilewatkan melalui beberapa unit rol bertekanan tinggi (biasanya 4–7 unit) untuk memeras nira. Penambahan imbibisi (air panas atau nira encer) dilakukan di antara unit gilingan untuk melarutkan sisa gula pada ampas (*bagasse*) sehingga meningkatkan perolehan sukrosa (Rein, 2007).

3. Ekstraksi dengan Difusi

Alternatif modern dari sistem gilingan adalah difuser. Prinsipnya menggunakan gradien konsentrasi untuk memindahkan sukrosa dari serat ke pelarut melalui mekanisme osmosis dan difusi molekul. Proses ini dilakukan dalam aliran kontinu di mana tebu yang telah dipotong kecil-kecil bergerak berlawanan arah dengan aliran air panas (Eggleston & Amorim, 2013).

4. Pengendalian Suhu dan pH

Suhu ekstraksi umumnya dipertahankan pada 70–80 °C untuk mempercepat pelarutan sukrosa sekaligus menginaktivasi enzim invertase yang dapat menguraikan sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa (Zhu et al., 2017). pH dijaga pada kisaran 5,0–6,0 untuk mencegah inversi gula dan degradasi warna.

5. Efisiensi dan Kehilangan Sukrosa

Efisiensi ekstraksi dinilai dari perbandingan sukrosa yang diperoleh terhadap total sukrosa yang terkandung dalam tebu. Kehilangan gula dapat terjadi dalam bentuk sukrosa yang tertinggal pada bagasse, degradasi menjadi gula reduksi, atau terikut dalam air pencuci yang tidak terproses.

B. Tahap-Tahap Pengolahan Gula

Proses pengolahan gula dari tebu merupakan serangkaian tahapan yang bertujuan untuk mengambil, memurnikan, mengkonsentrasikan, dan mengkristalkan sukrosa yang terkandung dalam nira tebu hingga menjadi gula kristal yang memenuhi standar mutu. Meskipun detail teknis dapat bervariasi antar pabrik, secara umum tahapan pengolahan gula terdiri atas:

1. Penerimaan dan Penimbangan Tebu

Tebu yang baru dipanen dibawa ke pabrik dan ditimbang untuk menentukan berat bersih bahan baku yang akan diolah. Penimbangan ini juga menjadi dasar perhitungan rendemen dan pembayaran kepada petani. Kecepatan penanganan sangat penting untuk mencegah penurunan kadar sukrosa akibat respirasi dan aktivitas enzim invertase (Solomon, 2016).

Tebu yang dipanen dari areal perkebunan diangkut ke truk untuk dibawa ke pabrik, jenis truk atau mobil yang mengangkut tebu ke pabrik ada 2 jenis truk yaitu truk besar dan truk kecil. Tebu yang diangkut truk sebelum pengolahan dilakukan Pengec ekan SPTA (Surat Perintah Tebang dan Angkut), kemudian dilakukan Seleksi awal

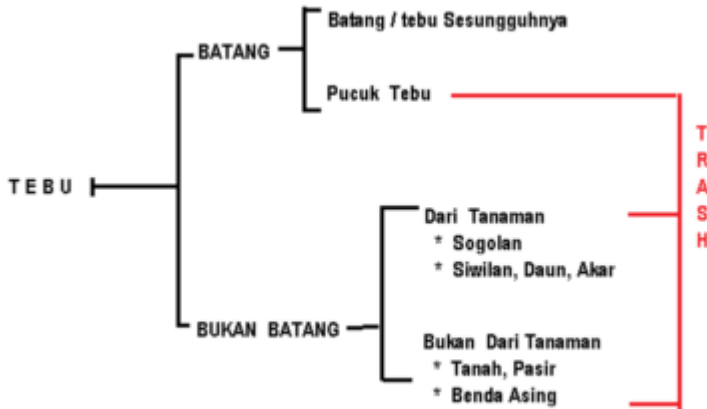
besar % brix sehingga didapatkan bahan baku tebu hasil seleksi rafaksi Manis, Segar, dan Bersih (MBS). Tebu yang diangkut oleh truk ke pabrik ditimbang terlebih dahulu di penimbangan untuk mengetahui berat- berat tebu yang diangkut setiap masing- masing truk.

2. Persiapan Bahan Baku (*Cane Preparation*)

Tebu dibersihkan dari kotoran seperti tanah, pasir, dan bahan asing, kemudian dicacah menggunakan *cane knives* dan *shredder*. Pencacahan memperbesar luas permukaan serat, memudahkan ekstraksi nira, serta meningkatkan efisiensi gilingan atau difuser (Chen & Chou, 2012).

Setelah ditimbang tebu kemudian di angkut dengan Cane yard merupakan tempat untuk membongkar tebu dari alat angkutnya (unloading), menumpuk tebu dan area tebu sebelum masuk kemeja tebu. Di Pabrik Gula Camming sistem yang digunakan pada cane yard ialah prinsip FIFO (first in first out) yaitu memprioritaskan bahan baku tebu datang lebih dahulu agar diproses giling. Tujuan dari sistem ini ialah untuk mecegah terjadinya kerusakan tebu akibat disimpan terlalu lama. Penyimpanan tebu yang terlalu lama akan berisiko terserang oleh mikroba dan merusak kandungan gula dalam tebu.

tebu berikutnya ditempatkan pada meja tebu berfungsi untuk mengatur jumlah tebu yang masuk ke keypark tebu (*cane carrier*) agar penempatan tebu di cane carrier rapih dan tidak menumpuk. Meja tebu berbentuk persegi didukung dengan alat pendukung seperti penyangga alat, roda gigi dan rantai. Tebu ditempatkan diatas meja tebu dengan alat pengangkut



Gambar 7. 1 Proses Analisis Trash Bahan Baku Tebu

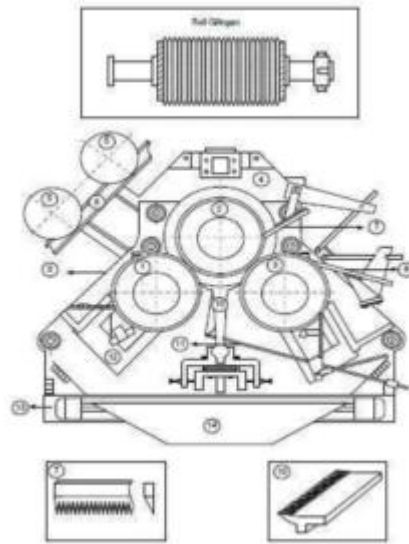
(Sumber: Sinergi Gula Nusantara, 2024)

3. Ekstraksi Nira

Ekstraksi dilakukan untuk memisahkan nira dari serat tebu. Dua metode utama yang digunakan adalah:

- Milling: Tebu yang telah dicacah dilewatkan melalui serangkaian unit rol bertekanan tinggi (biasanya 4–7 gilingan) dengan penambahan air imbibisi untuk melarutkan sisa gula.
- Diffusion: Potongan tebu direndam dan dialiri air panas secara *counter-current*, sehingga sukrosa berpindah ke pelarut melalui difusi molekul (Rein, 2007).

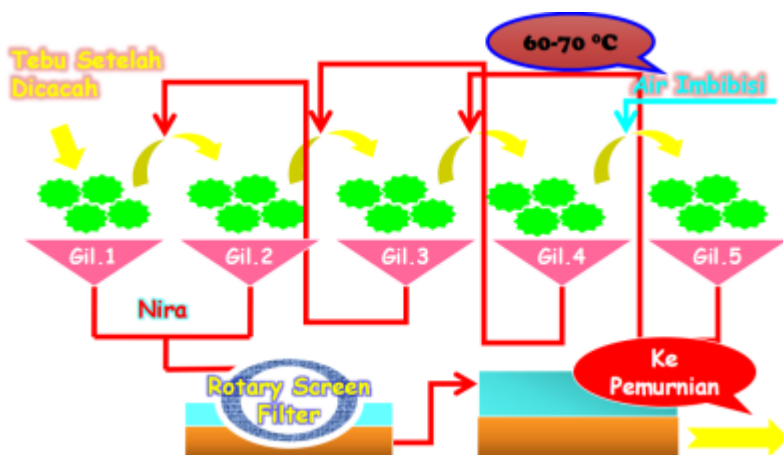
Tebu yang telah melewati tahap sebelumnya selanjutnya digiling. Penggilinagn alat yang berfungsi untuk memerah nira yang terkandung didalam tebu sebanyak mungkin. Rol-rol gilingan dibuat beralur agar penekanan atau pemerahan berjalan dengan baik.



Gambar 7. 2 Mesin Gilingan Tebu

Keterangan Gambar 7.2. :

- | | |
|-------------------------|-------------------|
| 1. Rol Depan | 8. Scrapper Bawah |
| 2. Rol Atas | 9. Kap Samping |
| 3. Rol Belakang | 10. Ampas Plat |
| 4. Kap Atas | 11. Ampas Balk |
| 5. Pressure feeder Roll | 12. Bantalan Rol |
| 6. Corong / cute | 13. Standart |
| 7. Scrapper Atas | 14. Bak penampung |
| | Nira |



Gambar 7.3 Tahapan Penggilingan Tebu

Pada tiap unit gilingan, tebu selanjutnya akan mengalami proses pemerahan dengan frekuensi dua kali, yaitu antara rol muka dengan rol-rol atas dan antara rol belakang dengan rol atas. Cacahan tebu yang masuk ke celah antara roll gilingan atas dan depan, diberikan ekanan dari roll gilingan atas dan roll gilingan depan tadi, berdampak pada nira yang ada dalam tebu akan keluar, selanjutnya hasil ampas pemerahan pertama melalui plat ampas masuk ke celah antara roll gilingan atas dan belakang yang mempunyai celah lebih sempit dibandingkan dengan celah antara roll gilingan atas dan depan, sehingga ampas yang volumenya lebih kecil tetap mendapatkan tekanan yang besar, maka nira yang masih tersisa dalam sel tebu dapat terpisah. Ampas yang keluar dari unit gilingan 1 kemudian digiling kembali pada unit gilingan 2 lalu ke gilingan 3 dan seterusnya ke gilingan 4. Unit gilingan 1 – 4 memiliki konstruksi yang sama yaitu berupa silinder atau rol dengan permukaan yang alurnya bergerigi.

Pada sistem pemerahan, air imbibisi akan di berikan pada ampas yang akan masuk ke gilingan ke-2 dan ke-3 Untuk selanjutnya nira yang didapat digunakan sebagai bahan imbibisi pada ampas yang akan masuk pada gilingan 3, begitu pula pada hasil perahan gilingan 3 yang menjadi nira imbibisi pada gilingan 2. Prinsip ini dengan memanfaatkan nira dengan kualitas yang kecil sebagai imbibisi. Air nira tersebut dimanfaatkan sebagai bahan pengencer nira yang ada dalam ampas gilingan yang bersangkutan. Jumlah air imbibisi juga akan berpengaruh pada proses.

a. Gilingan 1

Tebu yang berupa serat-serat kecil di umpankan memasuki gilingan 1 dengan bantuan feeding roller untuk diperas dan di ambil niranya. Hasil dari gilingan ini berupa nira perahan pertama (NPP) dan ampas gilingan I NPP yang diperoleh akan langsung menuju bak pengendapan. Ampas gilingan 1 di bawa oleh intermediate carrier untuk di jadikan umpan pada unit gilingan 2. Ampas gilingan I yang telah dicampur dengan nira perahan gilingan 3

b. Gilingan 2

Nira dari gilingan 1 di campur dengan nira perahan gilingan 3 di peras kembali di gilingan 2 hasil perahan unit gilingan 2 ini disebut nira perahan lanjutan (NPL). Pada gilingan 2, tebu yang digiling ditambahkan air imbibisi sebanyak 30% dari banyaknya tebu yang digiling. Nira mentah merupakan campuran dari NPP dan NPL. Nira mentah kemudian akan masuk ke dalam bak pengendapan dan menuju stasium pemurnian untuk diolah lebih lanjut

c. Gilingan 3

Ampas keluaran gilingan 2 dicampur dengan nira keluaran gilingan 4 dijadikan umpan pada gilingan 3. Hasil perahan gilingan 3 disebut nira gilingan 3 yang digunakan sebagai imbibisi pada gilingan 2. Pada gilingan 3 juga ditambahkan air imbibisi sebanyak 30% dari jumlah teabu yang digiling.

d. Gilingan 4

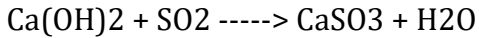
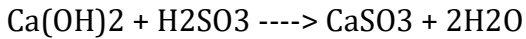
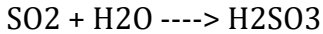
Umpan pada gilingan 4 adalah ampas dari gilingan 3. Hasil dari gilingan 4 merupakan ampas yang akan digunakan sebagai bahan bakar pada boiler. Pada gilingan 4 sudah tidak diberi tambahan air imbibisi agar ampas yang akan masuk ke boiler tidak lagi mengandung air atau telah dalam kondisi kering

4. Pemurnian Nira

Nira hasil ekstraksi mengandung kotoran berupa serat halus, tanah, dan senyawa non-gula seperti protein, asam organik, dan pigmen. Pemurnian untuk menghilangkan kotoran sebanyak mungkin yang terdapat dalam nira mentah agar nira yang dihasilkan semurni mungkin dalam waktu singkat tanpa merusak nira tersebut melalui beberapa metode:

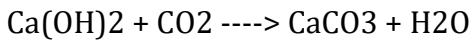
- a. Defekasi: Penambahan kapur (*milk of lime*) untuk menaikkan pH dan mengendapkan kotoran.
- b. Sulfitasi: Penambahan gas SO_2 untuk memucatkan warna dan mengendapkan pengotor.

Pemurnian menggunakan kapur berlebih dan SO Reaksi yang terjadi adalah:

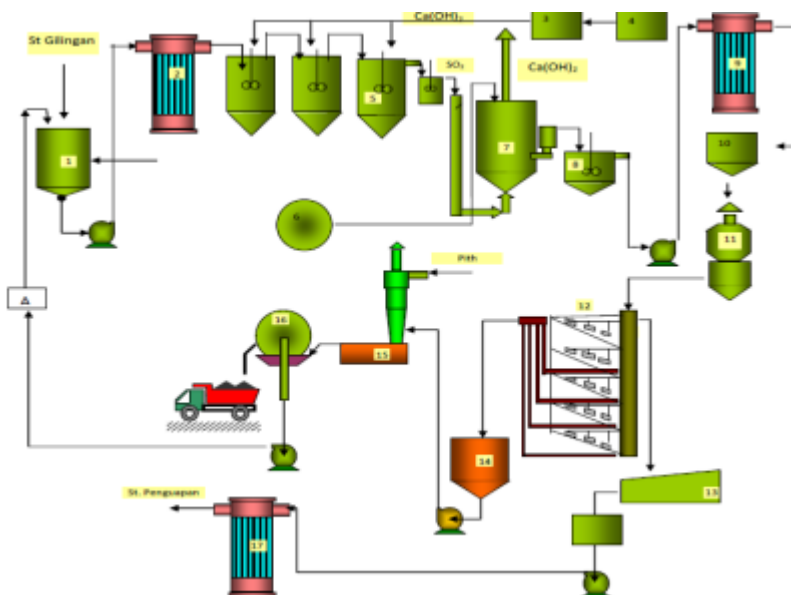


- c. Karbonatasi: Penambahan kapur dan gas CO_2 untuk membentuk endapan CaCO_3 yang mengikat pengotor. Pemurnian menggunakan susu kapur berlebih dan gas CO_2

Reaksi yang terjadi adalah:



Pemilihan metode tergantung kualitas nira dan jenis gula yang akan dihasilkan (Eggleston & Amorim, 2013).



Gambar 7. 4 Stasiun Pemurnian

Keterangan Gambar:

1. Peti nira mentah
2. PP I
3. Spitter Box
4. Lime Slucker
5. Defekator
6. RSB
7. SO₂ tower
8. Reaction tank
9. PP II

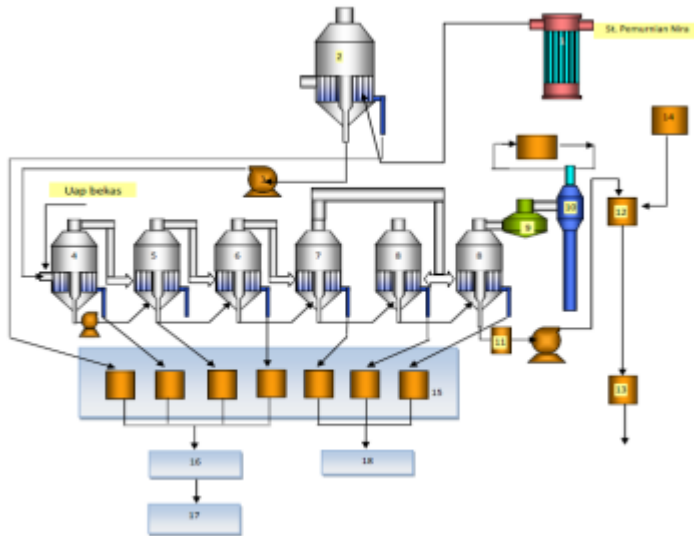
10. Flash tank
11. Prefloc tower
12. Single tray clarifier
13. Peti nira encer
14. Peti Nira Kotor
15. Mud Mixer Bagassilo
16. Rotary Vacuum Filter
17. PP III
- A. Nira tapis yang digunakan kembali untuk proses pemurnia

5. Penguapan (Evaporation)

Nira jernih yang diperoleh masih memiliki kadar padatan $\pm 15-20^\circ$ Brix. Proses penguapan dilakukan dalam sistem *multiple-effect evaporator* untuk menaikkan konsentrasi hingga $65-70^\circ$ Brix. Prinsipnya adalah memanfaatkan panas uap secara berulang untuk menghemat energi (Chen & Chou, 2012). Tujuan dari penguapan Adalah untuk menguapkan air dalam nira encer sehingga membuat nira menjadi lebih pekat.

Beberapa hal yang harus diperhatikan sebagai berikut :

- a. Waktu penguapan
- b. Kualitas gula
- c. Efektifitas biaya
- d. Mempermudah proses selanjutnya



Gambar 7. 5 Proses Penguapan (Evaporasi)

Keterangan Gambar:

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1. PP III | Proses |
| 2. Pre Evaporator | 10. Kondensor |
| 3. Pompa | 11. Buffer tank |
| sementara | 12. Tangki Nira Kental |
| 4. Evaporator badan 1 | 13. Peti Nira Kental |
| 5. Evaporator badan 2 | 14. RSB |
| 6. Evaporator badan 3 | 15. CCP |
| 7. Evaporator badan 4 | 16. Tangki Seribu |
| 8. Evaporator badan 5 | 17. Ketel/Boiler |
| 9. Juice catcher | 18. Tangki |

Proses ini dilakukan dalam sistem *multiple-effect evaporator*, yang terdiri dari beberapa unit penguapan (efek) yang dihubungkan secara seri. Prinsipnya adalah memanfaatkan panas uap secara berulang untuk mengurangi konsumsi energi. Uap panas bertekanan digunakan pada efek pertama untuk memanaskan nira. Uap hasil pemanasan (uap sekunder) digunakan kembali untuk memanaskan nira pada efek berikutnya. Dengan metode ini, efisiensi energi dapat meningkat hingga 50–70% dibandingkan sistem penguapan tunggal (Honig, 2015; Hugot, 1986).

6. Stasiun Pemasakan Kristalisasi

Tujuan dari Proses Pemasakan untuk pemasakan nira lebih lanjut dan pembentukan kristal gula yang nantinya dapat dengan mudah dipisahkan dari larutan induknya dan kotoran-kotoran bukan gula di stasiun puteran. Larutan kental (syrup) dari evaporator dimasak dalam *vacuum pan* untuk membentuk kristal sukrosa. Proses ini dilakukan di bawah tekanan rendah untuk menurunkan titik didih, sehingga menghindari karamelisasi gula. Kristalisasi dikontrol secara ketat agar ukuran kristal seragam dan kemurnian tinggi (Rein, 2007).

Pengaturan kecepatan pendinginan, laju penguapan air, serta viskositas larutan sangat berpengaruh pada kualitas kristal. Kristal yang terbentuk harus memiliki bentuk seragam, ukuran yang sesuai standar, dan kadar kemurnian tinggi agar mudah dipisahkan pada tahap sentrifugasi (Asadi, 2007). Faktor-faktor seperti impuritas, pH, dan keberadaan ion logam juga mempengaruhi bentuk dan ukuran kristal (de Oliveira et al., 2015).

Proses kristalisasi biasanya dilakukan secara **batch** di dalam vacuum pan, dengan pemanasan uap dan pengendalian suhu yang presisi. Selain metode batch, beberapa pabrik modern mulai menerapkan **continuous** crystallization untuk meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi fluktuasi kualitas produk (Mersmann, 2001).

7. Stasiun Puteran (Sentrifugasi)

Tujuan dari stasiun puteran Untuk memisahkan antara memisahkan antara padatan (kristal gula) dengan yang cair (stroop) dengan cara penyaringan sentrifugal. Campuran kristal gula dan larutan induk (*massecuite*) dipisahkan menggunakan sentrifus berkecepatan tinggi. Kristal gula ditahan di saringan, sementara molases dikeluarkan sebagai hasil samping. Kristal kemudian dicuci dengan sedikit air panas atau uap untuk menghilangkan sisa molases.

Efisiensi pemisahan pada stasiun puteran juga ditentukan oleh faktor-faktor seperti kecepatan putar, waktu putar, suhu pencucian, dan kondisi saringan. Kesalahan dalam pengaturan parameter ini dapat menyebabkan kehilangan gula pada molases (sugar loss in molasses) yang berdampak pada penurunan rendemen (Widyastuti et al., 2020). Oleh karena itu, pengendalian mutu pada stasiun puteran menjadi fokus utama dalam peningkatan produktivitas pabrik gula di Indonesia (Sutiyono & Haryanto, 2014).

8. Pengeringan dan Pendinginan

Pengeringan merupakan tahap penting setelah proses sentrifugasi, di mana kristal gula yang dihasilkan masih mengandung kelembapan sekitar 0,5–1%. Kandungan air yang tinggi dapat menyebabkan gula mudah menggumpal dan mempercepat pertumbuhan mikroorganisme selama

penyimpanan. Oleh karena itu, kadar air harus diturunkan menjadi sekitar 0,05–0,1% agar gula memiliki umur simpan yang lebih lama dan kualitas fisik yang stabil (Panggabean, 2002).

Proses pengeringan pada industri gula di Indonesia umumnya menggunakan rotary drum dryer atau fluidized bed dryer. Rotary drum dryer bekerja dengan prinsip memutar silinder yang dialiri udara panas, sehingga kristal gula bergerak dan mengalami kontak dengan udara panas secara merata. Sementara itu, fluidized bed dryer memanfaatkan aliran udara panas dari bawah yang menyebabkan kristal gula "mengapung" (fluidisasi), sehingga pengeringan lebih cepat dan efisien (Suyanto, 2011).

Kristal gula yang masih basah dikeringkan dengan *rotary drum dryer* atau *fluidized bed dryer* hingga kadar air sekitar 0,05–0,1%. Setelah itu gula didinginkan untuk mencegah penggumpalan, kemudian diayak untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam (Solomon, 2016).

9. Penyimpanan dan Pengemasan

Gula kering disimpan dalam silo atau gudang tertutup dengan kelembaban rendah, lalu dikemas sesuai permintaan pasar, baik dalam karung, kantong plastik, atau kemasan konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- Aritonang, Holdiner. (2024). *Proses Pengolahan Dalam Pabrik Gula*. Sinergi Gula Nusantara
- Asadi, M. (2007). *Beet-Sugar Handbook*. Wiley-Interscience.
- Chen, J.C.P., & Chou, C.C. (2012). *Cane Sugar Handbook: A Manual for Cane Sugar Manufacturers and Their Chemists*. Wiley.
- de Oliveira, A. C., da Silva, P. H. M., & Simoes, R. (2015). Effect of impurities on the sucrose crystallization process. *Journal of Food Engineering*, 146, 79–85.
- Eggleston, G., & Amorim, H.V. (2013). *Sugarcane: Agricultural Production, Bioenergy, and Ethanol*. Wil
- Honig, P. (2015). *Principles of Sugar Technology*. Elsevier.
- Hugot, E. (1986). *Handbook of Cane Sugar Engineering* (3rd ed.). Elsevier.
- Mersmann, A. (2001). *Crystallization Technology Handbook*. CRC Press.
- Panggabean, L. (2002). *Teknologi Pengolahan Gula Tebu*. Medan: USU Press.
- Rein, P. (2007). *Cane Sugar Engineering*. Bartens
- Solomon, S. (2016). *Sugarcane Bioethanol: R&D for Productivity and Sustainability*. Springer.
- Suyanto, B. (2011). *Mesin dan Peralatan Pabrik Gula*. Malang: UB Press.

- Sutiyono, & Haryanto, B. (2014). Teknologi Stasiun Puteran Pabrik Gula. P3GI Pasuruan.
- Widyastuti, T., et al. (2020). "Evaluasi Kehilangan Sukrosa pada Molases Pabrik Gula". *Prosiding Seminar Nasional P3GI*, 123–130.
- Zhu, Z., Zhang, J., & Chen, Y. (2017). Effect of temperature and pH on sucrose hydrolysis during sugarcane juice extraction. *Journal of Food Process Engineering*, 40(2), e12345

BAB 8

INOVASI TEKNOLOGI DALAM INDUSTRI TEBU DAN GULA

Oleh Aris Sandi, S.ST., M.Eng.

A. Pendahuluan

Industri tebu merupakan salah satu sektor agribisnis yang sangat penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional, terutama dalam penyediaan bahan baku gula (BKP, 2020). Di Indonesia, luas areal perkebunan tebu rakyat dan PT Perkebunan Nusantara (PTPN) tercatat lebih dari 400 ribu hektare, dengan sentra produksi tersebar di Jawa Timur, Jawa Tengah, Sumatera Selatan, dan Lampung. Namun demikian, produktivitas dan efisiensi dalam industri ini masih belum optimal, salah satunya disebabkan oleh permasalahan distribusi pascapanen yang belum tertangani secara sistemik. Proses pengangkutan tebu dari lahan ke truk pengangkut hingga akhirnya mencapai pabrik pengolahan, masih banyak yang bergantung pada metode manual dan tenaga kerja fisik (Lembaga Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, 2022). Hal ini tidak hanya memperlambat waktu distribusi, tetapi juga menyebabkan peningkatan kehilangan kualitas bahan baku akibat keterlambatan, kontaminasi, dan kerusakan batang tebu.

Kualitas bahan baku sangat ditentukan oleh parameter MBS, yang merupakan singkatan dari Manis, Bersih, dan Segar. MBS adalah indikator mutu tebu yang menjadi acuan

utama dalam menentukan keberhasilan pengolahan tebu menjadi gula. Semakin tinggi kadar kemanisan (sukrosa), semakin sedikit kotoran yang menyertai (daun kering, tanah, dan lumpur), dan semakin segar batang tebu yang digiling, maka semakin tinggi pula rendemen gula yang dihasilkan (Narayanasamy and Venkatachalam, 2025). Praktik di lapangan, banyak tebu yang kehilangan mutu MBS akibat waktu tunggu yang terlalu lama sejak panen hingga proses giling. Penundaan distribusi selama lebih dari 24 jam setelah panen dapat menurunkan kadar sukrosa sebanyak 10–15%, akibat aktivitas respirasi dan fermentasi alami. Dalam kondisi iklim tropis, dekomposisi berlangsung cepat, sehingga distribusi yang lambat berisiko menurunkan efisiensi produksi secara signifikan (Lembaga Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, 2022).

Salah satu titik lemah yang krusial dalam rantai distribusi tebu adalah proses pemuatan dari lahan panen ke truk pengangkut. Hingga kini, sebagian besar pemindahan tebu dilakukan secara manual oleh tenaga kerja manusia (Jarumaneeroj, Laosareewatthanakul and Akkerman, 2021). Pekebun dan buruh tani menggunakan alat sederhana untuk memindahkan batang-batang tebu yang berat dan panjang satu per satu ke atas kendaraan. Proses ini memakan waktu, menguras tenaga, dan tidak jarang menyebabkan kerusakan fisik pada batang tebu akibat gesekan dan benturan (Anitha *et al.*, 2024). Dalam kondisi panen raya, di mana volume hasil panen tinggi dan tenaga kerja terbatas, sistem manual ini menjadi hambatan besar bagi kelancaran pengiriman ke pabrik. Apalagi, truk-truk yang digunakan untuk mengangkut tebu ke pabrik juga sering kali tidak dilengkapi dengan sistem pencatatan berat otomatis, sehingga estimasi massa tebu yang diangkut baru diketahui setelah tiba di

pabrik. Ketidakakuratan dan keterlambatan data ini menghambat perencanaan penggilingan dan berpotensi menyebabkan ketidaksesuaian tonase yang berdampak pada aspek finansial maupun produksi.

Dalam menghadapi permasalahan tersebut, diperlukan solusi inovatif berbasis teknologi yang mampu menjawab dua tantangan utama secara bersamaan, yaitu efisiensi tenaga kerja dalam proses pemuatan dan keakuratan pencatatan logistik distribusi tebu. Salah satu pendekatan yang potensial adalah penerapan sistem konveyor otomatis yang dirancang untuk membantu menaikkan tebu langsung dari area panen ke dalam truk pengangkut. Konveyor berfungsi sebagai perangkat mekanis yang mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja fisik, sekaligus meningkatkan kecepatan proses pemuatan. Dengan desain yang portabel dan tahan terhadap kondisi lapangan, konveyor ini dapat digerakkan menggunakan motor listrik atau sumber energi terbarukan seperti panel surya, sehingga ramah lingkungan dan hemat biaya operasional.

Sistem ini dikombinasikan dengan sensor berat digital yang terpasang langsung pada truk. Sensor ini dirancang untuk mendeteksi berat tebu secara otomatis dan presisi saat proses pemuatan berlangsung. Data berat yang terdeteksi kemudian dikirimkan secara *real-time* melalui sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) ke *server* pusat di pabrik. Dengan teknologi ini, pihak manajemen pabrik tidak lagi perlu menunggu truk tiba untuk mengetahui jumlah tebu yang sedang dikirim. Data distribusi dapat dipantau langsung dari berbagai lokasi kebun yang berbeda secara simultan, memungkinkan pengambilan keputusan cepat dan berbasis data.

Pengiriman data secara *real-time* memberikan dampak besar terhadap perencanaan produksi (Ahmad, Murni and Adibah, 2024). Pabrik dapat mengatur kapasitas giling harian berdasarkan pasokan aktual yang masuk, meminimalkan waktu tunggu tebu sebelum pengolahan, dan secara langsung mempertahankan mutu MBS. Sistem ini juga mengurangi kesalahan pencatatan dan membuka peluang untuk sistem pembayaran pekebun berbasis tonase aktual, bukan estimasi kasar. Dengan demikian, inovasi ini mendukung efisiensi rantai nilai dari hulu ke hilir.

Tantangan struktural di sektor perkebunan, yaitu keterbatasan tenaga kerja. Data menunjukkan bahwa dalam 10 tahun terakhir, terjadi penurunan partisipasi tenaga kerja muda di sektor perkebunan sebesar 12% (Bank, 2023). Hal ini memperkuat urgensi mekanisasi sebagai strategi adaptif terhadap perubahan demografi. Konveyor otomatis bukan hanya efisien, tetapi juga menciptakan sistem kerja yang lebih modern, ergonomis, dan berkelanjutan.

Penggunaan konveyor dan sistem sensor juga dapat mengurangi penggunaan bahan bakar serta menekan emisi karbon. Penggunaan energi surya sebagai sumber daya konveyor memberikan kontribusi terhadap target *net zero emission* di sektor perkebunan, sejalan dengan agenda transisi energi nasional.

Pengembangan sistem konveyor otomatis dengan sensor berat digital dan transmisi data *real-time* merupakan solusi yang tidak hanya menjawab tantangan distribusi pascapanen, tetapi juga membentuk sistem pengelolaan logistik perkebunan yang lebih efisien, transparan, dan terintegrasi. Inovasi ini menjembatani kebutuhan efisiensi

tenaga, kecepatan distribusi, dan pelacakan mutu bahan baku secara digital (Utomo *et al.*, 2023).

Transformasi digital di sektor perkebunan bukanlah sekadar pilihan, melainkan keniscayaan. Dalam dunia yang bergerak menuju otomatisasi dan efisiensi berbasis data, adopsi sistem konveyor pintar ini adalah langkah strategis untuk memperkuat daya saing industri tebu nasional. Dengan mendukung kelancaran distribusi, menjaga kualitas MBS, dan meningkatkan akurasi pencatatan logistik, inovasi ini diharapkan mampu menjadi model distribusi cerdas yang dapat direplikasi di berbagai daerah penghasil tebu di Indonesia.

B. Inovasi Teknologi Otomasi di Industri Tebu

1. Efisiensi Tenaga Kerja Melalui Inovasi Konveyor Otomatis

Efisiensi tenaga kerja dalam sektor perkebunan, khususnya pada tahap pascapanen, merupakan salah satu isu paling mendesak yang dihadapi industri tebu (Fatah *et al.*, 2022). Dalam praktik distribusi tradisional, pemindahan batang tebu dari lahan ke truk pengangkut masih sangat bergantung pada tenaga kerja manual. Proses ini tidak hanya melelahkan secara fisik, tetapi juga memakan waktu yang cukup lama dan rentan menimbulkan penurunan mutu bahan baku. Pada saat panen raya, ketergantungan pada tenaga kerja manual bisa menjadi hambatan signifikan bagi kelancaran logistik distribusi, terutama ketika jumlah buruh tidak sebanding dengan volume hasil panen.

Penggunaan tenaga manusia dalam proses pemindahan batang tebu menuntut kerja fisik berulang dalam kondisi lapangan yang tidak selalu ideal. Batang tebu

yang panjang, berat, dan berserat tinggi memerlukan kekuatan dan stamina ekstra dari para pekerja. Pekerja bisa memindahkan ratusan kilogram tebu ke atas truk setiap harinya. Ketika dilakukan terus-menerus, pekerjaan ini berdampak pada penurunan produktivitas akibat kelelahan dan meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Hal ini menjadi persoalan tersendiri dalam perkebunan modern yang menuntut produktivitas tinggi dengan efisiensi sumber daya manusia.

Demografi tenaga kerja perkebunan di Indonesia semakin menunjukkan penurunan partisipasi generasi muda. Satu dekade terakhir terjadi penurunan sebesar 12% pada jumlah pemuda yang bekerja di sektor perkebunan. Penyebab utamanya adalah persepsi bahwa sektor perkebunan dianggap berat, kotor, dan tidak menjanjikan secara ekonomi (De Vreyer and Roubaud, 2013). Jika kondisi kerja lapangan tetap mengandalkan fisik tanpa bantuan teknologi, maka keberlangsungan sektor ini akan semakin terancam dalam jangka panjang. Oleh karena itu, adopsi teknologi perkebunan, termasuk mekanisasi pada tahap distribusi hasil panen, menjadi mutlak diperlukan untuk menarik kembali generasi muda dan menjamin kesinambungan produksi (FAO, 2020).

Salah satu solusi inovatif yang dapat diterapkan adalah penggunaan konveyor otomatis untuk mendistribusikan tebu hasil panen ke truk pengangkut. Konveyor merupakan alat mekanik yang dapat mengalirkan material secara kontinu dan terkontrol. Konveyor portabel yang dirancang untuk di lapangan mampu menggantikan pekerjaan berat yang sebelumnya dilakukan oleh buruh tani. Sistem sabuk berjalan (*belt conveyor*) digerakkan oleh motor,

menjadikannya alat yang efisien sekaligus ramah lingkungan.

Keuntungan pertama dari penggunaan konveyor adalah efisiensi waktu. Peningkatan kecepatan distribusi ini secara langsung meningkatkan jumlah trip angkut per hari, yang berarti volume tebu yang dikirim ke pabrik bisa meningkat tanpa menambah jumlah kendaraan atau pekerja.

Keuntungan kedua adalah efisiensi tenaga kerja. Dalam sistem manual, dibutuhkan setidaknya 6–8 orang untuk mengisi satu truk dalam waktu dua jam. Dengan konveyor, jumlah pekerja yang diperlukan bisa ditekan menjadi 2–3 orang operator yang bertugas mengatur aliran batang tebu dan memastikan alat berjalan lancar. Pengurangan jumlah tenaga kerja ini sangat berarti, terutama dalam konteks kekurangan buruh tani dan meningkatnya biaya upah di beberapa daerah. Pabrik gula maupun kelompok tani dapat menghemat biaya operasional sambil tetap mempertahankan kecepatan distribusi.

Konveyor juga memberikan dampak kualitatif terhadap kondisi kerja dan profesionalisme di sektor perkebunan. Tenaga kerja yang sebelumnya hanya melakukan pekerjaan fisik kini memiliki kesempatan untuk meningkatkan keterampilannya melalui pelatihan sebagai operator alat. Hal ini mendorong transformasi ke arah perkebunan modern yang tidak lagi hanya mengandalkan otot, tetapi juga otak dan keterampilan teknis. Perkebunan pun dapat menjadi sektor yang lebih menarik bagi generasi muda karena melibatkan teknologi, sistem kendali, dan aspek digitalisasi yang selama ini identik dengan industri manufaktur atau jasa.

Inovasi konveyor juga mendukung prinsip ergonomi dalam kerja lapangan. Risiko cedera punggung, kelelahan otot, dan kecelakaan akibat beban berat dapat diminimalkan. Dalam jangka panjang, hal ini berkontribusi terhadap kesehatan dan kesejahteraan pekerja. Dari sisi sosial, ini memberikan dampak positif dalam menciptakan lingkungan kerja yang manusiawi dan berkelanjutan.

Namun, tantangan dalam implementasi konveyor tidak dapat diabaikan. Biaya pengadaan alat masih tergolong tinggi bagi pekebun kecil, apalagi bila harus dibeli secara individual. Hal ini sesuai dengan temuan Kementerian Pertanian yang menyatakan bahwa keterbatasan modal menjadi penghambat utama dalam adopsi alat mesin pertanian, termasuk sistem mekanisasi seperti konveyor (Sulaiman et al., 2018). Oleh karena itu, strategi implementasi harus berbasis kolaborasi, misalnya melalui koperasi pekebun, sewa alat bersama, atau program subsidi teknologi dari pemerintah dan BUMN perkebunan. Selain itu, pelatihan operator dan perawatan alat menjadi aspek penting agar sistem konveyor dapat digunakan secara optimal dalam jangka panjang.

Efisiensi tenaga kerja yang ditawarkan oleh sistem konveyor otomatis membuka jalan bagi revolusi distribusi pascapanen di sektor tebu. Tidak hanya sekadar menggantikan tenaga manusia, konveyor memungkinkan peningkatan produktivitas, penurunan biaya, dan peningkatan kualitas hidup tenaga kerja. Dalam konteks transformasi perkebunan modern, mekanisasi bukan lagi pilihan alternatif, melainkan kebutuhan utama. Konveyor menjadi salah satu representasi nyata dari bagaimana teknologi sederhana namun tepat guna dapat mengatasi

persoalan struktural di sektor perkebunan secara progresif dan berkelanjutan.

2. Pencatatan Logistik Digital: Sensor Berat Terintegrasi Truk

Distribusi tebu tidak hanya berkaitan dengan pemindahan fisik batang tebu dari lahan ke pabrik, tetapi juga erat kaitannya dengan pencatatan data logistik yang akurat, cepat, dan andal (Iftekhar *et al.*, 2020) . Dalam sistem konvensional yang masih banyak diterapkan di Indonesia, pencatatan berat tebu dilakukan secara manual menggunakan timbangan stasioner yang berada di area pabrik gula (Ekawati *et al.*, 2021). Hal ini menimbulkan beberapa persoalan krusial seperti penundaan informasi berat muatan, antrean panjang truk yang menunggu giliran timbang, hingga potensi manipulasi atau ketidakakuratan data. Padahal, dalam konteks industri modern, logistik bukan hanya proses teknis, tetapi juga sistem data yang berpengaruh terhadap efisiensi, transparansi, dan pengambilan keputusan produksi (Subramanian, Joshi and Bagga, 2023).

Sistem distribusi yang terintegrasi dengan sensor berat digital (*load cell*) yang dipasang langsung pada sasis atau bak truk pengangkut menjadi solusi inovatif dan strategis. Teknologi ini memungkinkan berat tebu yang dimuat ke dalam truk terbaca secara otomatis dan presisi, seiring proses pemuatan berlangsung melalui conveyor. Ketika berat mencapai kapasitas, sistem akan memberikan notifikasi kepada operator bahwa truk sudah penuh (Mexico Fransiscus Sihombing and Bayu Primawan, 2021). Sistem ini tidak hanya berhenti pada pengukuran, tetapi juga langsung

mengirimkan data berat tersebut ke *server* pusat di pabrik melalui IoT.

Sensor berat terintegrasi menghasilkan pencatatan muatan menjadi *real-time*, tanpa menunggu truk tiba di pabrik. Pabrik dapat mengetahui berapa banyak tebu yang sedang dalam perjalanan, dari lokasi kebun mana, dan estimasi waktu kedatangan. Seluruh data ini dapat dimonitor melalui *dashboard* logistik pabrik yang terhubung dengan jaringan pengangkutan. Hal ini memungkinkan manajemen untuk melakukan penjadwalan penggilingan secara lebih dinamis, menghindari penumpukan tebu di pabrik yang dapat menurunkan kualitas bahan baku, serta mencegah kekosongan bahan giling yang dapat menghentikan operasi mesin.

Keunggulan paling menonjol dari sistem ini adalah akuntabilitas dan transparansi data logistik. Dalam praktik distribusi tebu konvensional, salah satu tantangan utama adalah potensi perbedaan persepsi antara pekebun dan pihak pabrik terkait jumlah tebu yang dikirim. Ketika pencatatan dilakukan secara manual, baik oleh sopir, petugas timbangan, atau pekebun sendiri, peluang terjadinya selisih data sangat besar. Dengan sistem digital berbasis sensor, data massa muatan tercatat otomatis dengan waktu dan lokasi yang tervalidasi secara sistem.

Bagi pekebun, sistem ini membawa keuntungan dari sisi keadilan dan ketepatan pembayaran. Pembayaran hasil panen pekebun yang sebelumnya didasarkan pada hasil timbang manual di pabrik sering kali mengalami perdebatan dan keterlambatan, kini dapat dihitung berdasarkan data berat yang terekam secara digital dari titik kebun. Dengan pendekatan berbasis data, pabrik juga dapat merancang

sistem insentif berbasis kualitas dan kecepatan pengiriman, karena waktu muat, lokasi panen, dan berat muatan semua tercatat secara otomatis. Hal ini mendorong kompetisi sehat antar pekebun dalam menjaga mutu dan efisiensi pengiriman tebu.

Integrasi sensor berat digital juga sangat relevan dengan konteks optimalisasi operasional pabrik gula. Data distribusi yang tersedia secara *real-time*, pabrik dapat memetakan pasokan bahan baku secara akurat untuk setiap hari. Manajemen dapat mengatur ritme penggilingan sesuai dengan volume yang sedang dan akan masuk, menghindari *overload* maupun *underload* sistem giling. Hal ini memberikan efisiensi energi, kestabilan proses produksi, serta optimalisasi rendemen gula, karena pabrik dapat mengatur urutan penggilingan berdasarkan waktu kedatangan dan mutu tebu (FIFO – *First In, First Out*) (Mudgal *et al.*, 2020).

Sensor berat digital yang digunakan biasanya berbasis *strain gauge load cell*, yang telah terbukti akurat hingga 0,05% dan memiliki durabilitas tinggi terhadap guncangan dan kondisi medan lapangan (Tosoongnoen *et al.*, 2017). Sensor ini terhubung dengan modul mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengatur data dan transmitter nirkabel. Data yang dihasilkan bisa dikirim melalui jaringan WiFi, GSM, atau LoRa, tergantung pada ketersediaan infrastruktur jaringan di lokasi kebun. Dengan baterai dan sistem tenaga surya tambahan, sistem ini dapat beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada listrik dari luar.

Penerapan sistem ini tetap memerlukan pendekatan adaptif. Tidak semua truk pengangkut tebu saat ini memiliki struktur rangka yang cocok langsung untuk pemasangan

sensor berat digital. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi pada sasis atau penggunaan sistem *portable weighing pad* yang bisa ditempel pada lantai truk. Selain itu, pelatihan kepada operator dan sopir pengangkut juga menjadi bagian penting dari keberhasilan sistem ini.

3. Menjaga Mutu MBS: Dampak Langsung Efisiensi Distribusi

Kualitas tebu sebagai bahan baku utama industri gula sangat ditentukan oleh kualitas tebu sebagai bahan baku utama industri gula sangat dipengaruhi oleh kondisi batang setelah panen, yang dirangkum dalam istilah MBS. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Tengah, MBS merupakan indikator utama kelayakan tebu layak giling, mencakup kemanisan, kebersihan, dan kesegaran bahan baku tebu (Dinas Pertanian dan Perkebunan Provinsi NTB, 2023). Tiga elemen ini bukan hanya aspek visual atau sensorik, tetapi berdampak langsung terhadap hasil rendemen dan efisiensi proses pengolahan di pabrik. Oleh sebab itu, distribusi pascapanen yang lambat dan tidak terkontrol menjadi salah satu faktor utama penyebab turunnya mutu MBS. Dalam konteks ini, sistem distribusi berbasis konveyor otomatis dan sensor berat digital menawarkan solusi yang signifikan untuk mempertahankan kualitas MBS dari kebun hingga ke pabrik.

Parameter pertama dalam MBS, yaitu “Manis”, merujuk pada kandungan sukrosa yang terkandung dalam batang tebu (Hajar and Nurhayati, 2025). Sukrosa adalah senyawa utama yang akan diekstraksi dalam proses penggilingan (Molina-Cortés *et al.*, 2023). Namun, begitu batang tebu dipotong dari akarnya, terjadi proses respirasi dan fermentasi alami oleh mikroorganisme yang

mengonsumsi gula sederhana dalam batang. Jika distribusi menuju pabrik terlalu lama, maka kandungan sukrosa akan menurun drastis. Penelitian oleh Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia menunjukkan bahwa keterlambatan penggilingan tebu lebih dari 24 jam sejak panen dapat menyebabkan penurunan rendemen sebesar 1,2–1,5% (Lembaga Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, 2022). Artinya, distribusi yang cepat bukan sekadar efisiensi waktu, tetapi juga strategi mempertahankan nilai ekonomis.

Parameter kedua dalam MBS, yakni “Bersih”, berkaitan dengan kondisi fisik batang tebu yang bebas dari kotoran, tanah, daun kering, atau benda asing lainnya. Pada parameter ketiga, yakni “Segar.” Kesegaran tebu berkaitan erat dengan kelembapan internal dan integritas sel batang (Andi Amran Sulaiman, Fadjry Djufry, Andy Wijanarko, Abd. Haris Bahrin, Yunus Musa, 2024). Ketika batang tebu terlalu lama berada dalam suhu tinggi atau kondisi terbuka, jaringan selnya mulai rusak, dan kandungan air serta gula menurun. Dengan adanya sistem pencatatan berat secara *real-time*, distribusi dapat dipantau dan diatur dari pusat kendali pabrik. Pekebun tidak lagi harus menunggu antrian truk kosong atau instruksi dari pabrik secara manual. Sebaliknya, sistem pengiriman berbasis data dapat mengatur rotasi armada logistik sesuai kapasitas yang tersedia dan prioritas mutu.

Sistem konveyor otomatis berkontribusi signifikan dalam mempercepat proses pemuatan batang tebu ke atas truk. Dalam sistem konvensional, waktu yang dibutuhkan untuk mengisi satu truk dapat mencapai 2–3 jam, terutama bila tenaga kerja terbatas. Selama waktu tersebut, batang tebu dibiarkan terpapar sinar matahari langsung dan udara

terbuka, yang mempercepat kehilangan kelembapan dan fermentasi internal. Dengan sistem konveyor, proses pemuatan dapat dipersingkat, dan batang tebu langsung masuk ke dalam truk yang tertutup sebagian, melindunginya dari paparan langsung.

Pengendalian mutu MBS melalui sistem distribusi digital juga membuka peluang penerapan pemetaan mutu panen secara spasial dan temporal. Data berat tebu yang dikirim dari lokasi kebun, dikombinasikan dengan waktu pengiriman dan hasil penggilingan, dapat dianalisis untuk melihat korelasi antara waktu distribusi dan rendemen aktual. Dengan informasi ini, pihak pabrik dapat memberi umpan balik kepada pekebun mengenai jadwal panen yang paling optimal, serta menyesuaikan kapasitas angkut harian agar tidak terjadi *backlog*.

Upaya menjaga mutu MBS juga akan berdampak positif secara ekonomi dan sosial. Bagi pekebun, tebu dengan mutu MBS tinggi akan dihargai lebih tinggi, karena menghasilkan rendemen yang baik dan mempercepat proses penggilingan. Bagi pabrik, kualitas bahan baku yang stabil mengurangi kebutuhan pemrosesan tambahan, menurunkan konsumsi energi, serta mengurangi jumlah residu atau limbah padat dari pengolahan. Hal ini berarti efisiensi biaya dan peningkatan profitabilitas.

Sistem konveyor ini mendukung pendekatan perkebunan berkelanjutan dan berbasis mutu. Mutu MBS sulit dikendalikan karena distribusi bergantung pada banyak faktor tidak terukur, seperti cuaca, kemacetan, atau kesalahan koordinasi. Dengan sistem otomatis dan terintegrasi, mutu dapat dipertahankan dengan pendekatan

preventif, bukan hanya korektif. Distribusi berbasis data menciptakan rantai pasok yang stabil, akurat, dan adil.

Namun, agar semua ini berhasil, dibutuhkan kesadaran kolektif antara pekebun, operator truk, dan manajemen pabrik untuk menjadikan mutu MBS sebagai prioritas utama. Sistem konveyor dan sensor berat bukan hanya alat mekanik, tetapi bagian dari budaya kerja baru yang mengedepankan kecepatan, presisi, dan kualitas. Oleh karena itu, edukasi, pelatihan, dan monitoring perlu dilakukan secara rutin untuk memastikan bahwa sistem berjalan tidak hanya secara teknis, tetapi juga secara budaya kerja yang terstandarisasi.

4. Cara Kerja Sistem Konveyor Otomatis dan Sensor Berat Digital dalam Distribusi Tebu

Integrasi sistem konveyor otomatis dan sensor berat digital dalam distribusi hasil panen tebu merupakan lompatan penting dalam mekanisasi dan digitalisasi sektor perkebunan. Kedua teknologi ini, bila dikombinasikan, tidak hanya mempercepat proses pemuatan dan pengiriman tebu dari lahan ke pabrik, tetapi juga menghadirkan akurasi data logistik yang sangat dibutuhkan dalam manajemen distribusi modern. Untuk memahami kontribusinya secara teknis dan fungsional, diperlukan uraian sistematis mengenai cara kerja dari awal panen hingga data berat masuk ke server pusat.

a. Persiapan dan Penempatan Konveyor di Lahan Panen

Proses dimulai dari penempatan unit konveyor portabel di titik panen. Konveyor ini biasanya berupa *belt* konveyor rangka baja ringan yang kokoh namun mudah

dipindahkan. Tenaga penggeraknya bisa menggunakan motor.

b. Proses Pemuatan Tebu ke Truk

Batang tebu yang mengalir melalui konveyor masuk langsung ke dalam bak truk. Di sini, dilakukan proses pemuatan secara kontinu dan tanpa kontak langsung antara batang tebu dan tanah, sehingga menjaga kondisi fisik dan kebersihan batang. Operator di bagian truk bertugas mengatur posisi batang agar tersusun efisien dan tidak menumpuk sembarangan.

Dalam sistem konvensional, proses ini biasanya dilakukan dengan mengangkut manual menggunakan tenaga kerja manusia yang sangat tidak efisien saat volume panen tinggi. Penggunaan konveyor mengurangi tenaga kerja secara signifikan sekaligus memangkas waktu pemuatan.

c. Pengukuran Berat Tebu dengan Sensor *Load Cell Digital*

Setelah truk mulai terisi, sensor berat digital (*load cell*) yang telah dipasang di bawah bak truk mulai bekerja. *Load cell* ini bekerja dengan prinsip *strain gauge*, yaitu mengubah tekanan mekanik akibat muatan menjadi sinyal listrik. Sensor-sensor ini disambungkan ke *microcontroller* (Arduino) yang menghitung total berat muatan secara otomatis.

Sensor ini mampu mendeteksi berat tebu dan hasilnya ditampilkan langsung melalui *device operator*. Dengan begitu, operator dapat terus memantau berat muatan secara *real-time* selama proses pemuatan berlangsung.

Jika berat telah mencapai kapasitas maksimal (misalnya 7000 kg), sistem akan mengirimkan notifikasi bunyi atau lampu indikator, memberi tahu bahwa muatan telah penuh. Hal ini mencegah kelebihan beban yang berisiko merusak kendaraan atau melanggar regulasi transportasi.

d. Pengiriman Data Berat secara *Realtime* ke *Server* Pabrik

Komponen penting dalam sistem ini adalah modul komunikasi nirkabel, biasanya menggunakan jaringan GSM (SIM card 4G) atau LoRa (*Long Range Communication*). Saat berat tebu terdeteksi dan tercatat, data akan dikirim secara otomatis ke server pusat di pabrik.

Data yang dikirim meliputi:

- Berat total muatan
- Kode kendaraan
- Waktu dan tanggal pemuatan
- Lokasi GPS titik panen
- ID operator atau kelompok tani

Semua data ini ditampilkan dalam *dashboard* berbasis web atau aplikasi yang bisa diakses manajemen pabrik secara *real-time*. Hal ini memungkinkan pihak pabrik mengetahui jumlah muatan yang sedang dalam perjalanan, asal lokasi kebun, serta memprediksi waktu kedatangan.

e. Validasi Data dan Sinkronisasi ke Sistem Produksi

Saat truk tiba di pabrik, sistem validasi akan mencocokkan data digital yang telah dikirim sebelumnya dengan kondisi aktual muatan. Dalam banyak kasus, pabrik tidak perlu lagi melakukan penimbangan ulang secara manual karena data sudah tervalidasi sejak awal. Namun jika tetap dilakukan, prosesnya hanya bersifat verifikasi cepat, bukan proses utama.

Data berat yang telah masuk ke sistem akan digunakan untuk:

- Perhitungan pembayaran pekebun berdasarkan tonase aktual
- Perencanaan jumlah tebu yang akan digiling pada hari tersebut

Pelacakan kinerja distribusi harian per truk dan lokasi panen

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, T. L., Murni, I. P. and Adibah, A. T. N. (2024) 'Pengaruh Mesin Cutting Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) terhadap Efisiensi dan Produktivitas Pekerja pada Mesin Building Tire di PT . ABC : Literature Review', *Jurnal Instrumentasi dan Teknologi Informatika*, 6(1), pp. 121–128.
- Andi Amran Sulaiman, Fadjry Djufry, Andy Wijanarko, Abd. Haris Bahrnun, Yunus Musa, M. A. (2024) *Teknologi Budidaya dan Analisa Usahatani Tebu Terstandar*. Unhas Press.
- Anitha, R. *et al.* (2024) 'Comparative Efficacy of Sodium Metasilicate and Organic Source Combination on Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) for Reducing the Post-harvest Deterioration Losses', *Silicon*, 16(1), pp. 425–434. doi: 10.1007/s12633-023-02679-x.
- Bank, W. (2023) *Indonesia jobs diagnostic: Toward better jobs and structural transformation*. Washington, D.C.
- BKP (2020) 'Rencana Strategis Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian 2020-2024', pp. 1–40.
- Dinas Pertanian dan Perkebunan Provinsi NTB (2023) 'Dinas Pertanian dan Perkebunan Provinsi NTB'.
- Ekawati, R. *et al.* (2021) 'Proposed Design of White Sugar Industrial Supply Chain System based on Blockchain Technology', *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(4), pp. 459–465.

- FAO (2020) 'The Africa Solidarity Trust Fund MALAWI', pp. 1–8.
- Fatah, G. S. A. *et al.* (2022) 'The analysis of labor efficiency on sugarcane cultivation through mechanization application', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 974(1).
- Hajar, R. D. and Nurhayati, A. (2025) 'Pengaruh rasio penambahan gula tebu dan stevia terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik minuman kesehatan pokok', *Arfak Chem: Chemistry Education Journal*, 8(1), pp. 700–713.
- Iftekhar, A. *et al.* (2020) 'Application of Blockchain and Internet of Things to Ensure Tamper-Proof Data Availability for Food Safety', *Journal of Food Quality*, 2020.
- Jarumaneeroj, P., Laosareewatthanakul, N. and Akkerman, R. (2021) 'A multi-objective approach to sugarcane harvest planning in Thailand: Balancing output maximization, grower equity, and supply chain efficiency', *Computers and Industrial Engineering*, 154, p. 107129.
- Lembaga Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (2022) *Laporan tahunan penelitian mutu tebu dan rendemen*.
- Mexico Fransiscus Sihombing, B. and Bayu Primawan, A. (2021) 'Sistem Monitoring Berat Muatan Truk Berbasis IoT (Internet of Things) Truck Weight Monitoring System Based on IoT (Internet of Things)', *Seminar Nasional Teknik Elektro*, (November 2021), pp. 140–150.

- Molina-Cortés, A. *et al.* (2023) 'Bioactive compounds as an alternative for the sugarcane industry: Towards an integrative approach', *Heliyon*, 9(2).
- Mudgal, A. *et al.* (2020) 'Design and Development of a Smart Weighing Scale for Sugar Mill', *International Journal of Computer Applications*, 176(23), pp. 31–33.
- Narayanasamy, K. and Venkatachalam, I. (2025) 'A Detailed Review for Predicting the Quantity of Sugar from Sugarcane Using Various Models', *IEEE Access*, 13(December 2024), pp. 32122–32146.
- Perkebunan, D. (2018) 'Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Tebu 2018-2019', *Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian*.
- Subramanian, N., Joshi, A. and Bagga, D. (2023) 'Transparent and Traceable Food Supply Chain Management'. Available at: <http://arxiv.org/abs/2305.12188>.
- Sulaiman, A. A. *et al.* (2018) *Revolusi Mekanisasi Pertanian Indonesia*, *Iaard Press*.
- Tosoongnoen, J. *et al.* (2017) 'Strain gauge based sensor for real-time truck freight monitoring', *Engineering and Applied Science Research*, 44(4), pp. 208–213.
- Utomo, L. *et al.* (2023) 'Rancang Bangun Sistem Monitoring Konveyor Pemisah, Penimbang Material Organik dan Non-Organik Berbasis IoT', *EPIC Journal of Electrical Power Instrumentation and Control*, 5(2), p. 149.
- De Vreyer, P. and Roubaud, F. (2013) *Urban Labor Markets in Sub-Saharan Africa*, *Urban Labor Markets in Sub-Saharan Africa*. Edited by P. De Vreyer and F. Roubaud. Africa Development Forum.

BAB 9

POTENSI BIOENERGI DARI TEBU: BIOETANOL DAN BIOMASSA

Oleh Dr. Giyanto, STP., MT.

A. Pendahuluan

Kebutuhan energi global terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan aktivitas industri. Di tengah upaya transisi menuju energi bersih dan berkelanjutan, bioenergi menjadi salah satu alternatif penting dalam diversifikasi sumber energi. Bioenergi, khususnya bioetanol dan biomassa, tidak hanya menjadi substitusi bagi bahan bakar fosil, tetapi juga memainkan peran dalam mitigasi perubahan iklim melalui pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) (IEA, 2023).

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tanaman tropis yang memiliki potensi besar sebagai sumber bioenergi karena dua alasan utama: (1) kandungan sukrosa yang tinggi pada batangnya yang dapat dikonversi menjadi bioetanol melalui fermentasi, dan (2) limbah padat hasil penggilingan tebu seperti bagasse dan daun tebu yang dapat dimanfaatkan sebagai biomassa untuk pembangkit tenaga listrik dan panas (FAO, 2021). Di negara-negara produsen gula seperti Brasil, India, dan Thailand, pemanfaatan tebu sebagai sumber energi terbarukan telah menjadi bagian integral dari kebijakan energi nasional.

Indonesia sebagai negara agraris dan salah satu produsen tebu di kawasan Asia Tenggara memiliki peluang besar untuk mengembangkan bioenergi berbasis tebu. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS, 2023), luas areal tanaman tebu Indonesia mencapai lebih dari 400.000 hektare dengan potensi produksi lebih dari 30 juta ton tebu per tahun. Namun, pemanfaatan tebu sebagai bahan baku energi masih sangat terbatas dan belum terintegrasi secara optimal dalam sistem industri gula nasional.

Sebagai bagian dari keluarga besar industri perkebunan nasional yang dinaungi oleh Holding BUMN Perkebunan, komoditas tebu memegang peran penting dalam pengembangan energi terbarukan di Indonesia. Pemanfaatan potensi bioetanol dari nira tebu dan biomassa dari limbah padat pengolahan tebu selaras dengan arah kebijakan energi nasional, terutama target bauran energi baru dan terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025 (Kementerian ESDM, 2022).

Bab ini akan mengulas secara komprehensif potensi bioenergi dari tanaman tebu, mencakup proses produksi bioetanol, konversi biomassa menjadi energi, hingga aspek ekonomi dan lingkungan yang menyertainya. Penjelasan dilengkapi dengan data teknis, hitungan efisiensi, dan contoh kasus yang relevan, sehingga diharapkan dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi kalangan akademisi, peneliti, dan praktisi industri.

B. Komposisi Kimia Bahan Baku Bioenergi Tebu

Pemanfaatan tebu sebagai sumber bioenergi sangat bergantung pada karakteristik kimia dari bagian tanaman yang digunakan. Dalam konteks ini, terdapat dua kelompok

utama bahan baku: (1) nira tebu yang kaya akan sukrosa sebagai substrat fermentasi bioetanol, dan (2) biomassa lignoselulosa seperti bagasse dan daun tebu sebagai sumber bahan bakar padat.

1. Nira Tebu

Nira tebu merupakan cairan hasil ekstraksi batang tebu yang mengandung sukrosa, glukosa, fruktosa, serta sejumlah kecil asam organik, mineral, dan vitamin. Kandungan sukrosa yang tinggi menjadikan nira sebagai substrat ideal untuk fermentasi alkohol menggunakan mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae*.

Tabel 9. 1 Komposisi rata-rata nira tebu (per liter)

Komponen	Konsentrasi (%)
Sukrosa	12 – 18
Glukosa	0.5 – 1.5
Fruktosa	0.5 – 1.2
Abu/mineral	0.2 – 0.6
pH	4.8 – 5.5

(Sumber: Eggleston & Vercellotti, 2000; Rein, 2007)

Tingginya kandungan sukrosa dalam nira memungkinkan efisiensi konversi menjadi bioetanol yang tinggi, yaitu antara 85–90% berdasarkan konversi teoritis (Taherzadeh & Karimi, 2008). Dari 1 ton tebu, diperkirakan dapat dihasilkan sekitar 70–85 liter bioetanol, tergantung

pada kadar sukrosa dan efisiensi fermentasi (Budiarso et al., 2022).

2. Bagasse

Bagasse adalah residu padat hasil penggilingan tebu setelah ekstraksi nira. Bagasse kaya akan lignoselulosa, menjadikannya bahan baku potensial untuk pembangkit listrik berbasis biomassa atau sebagai substrat fermentasi setelah proses pretreatment.

Tabel 9. 2 Komposisi kimia rata-rata bagasse kering

Komponen	Persentase (%)
Selulosa	40 – 45
Hemiselulosa	25 – 30
Lignin	18 – 25
Abu	1 – 4
Kadar air	45 – 55 (dalam kondisi basah)

(Sumber: Sun & Cheng, 2002)

Kandungan energi bagasse kering mencapai 7.5–9.5 MJ/kg, sehingga sangat cocok untuk proses pembakaran langsung, gasifikasi, atau konversi ke bioetanol lignoselulosa (Cardona & Sánchez, 2007). Selain itu, bagasse umumnya tersedia dalam jumlah besar di setiap pabrik gula, dengan estimasi 270–300 kg bagasse dihasilkan dari 1 ton tebu.

3. Daun dan Ampas Tebu Lainnya

Selain bagasse, komponen biomassa lain yang dihasilkan dari tanaman tebu meliputi daun kering (trash), ujung batang, dan lumpur filter (*filter cake*). Komponen ini umumnya tidak dimanfaatkan secara optimal, padahal memiliki potensi besar sebagai bahan baku energi biomassa.

Tabel 9. 3 Perkiraan jumlah residu biomassa dari 1 ton tebu (berat basah)

Komponen	Jumlah (kg)	Kandungan Kering (%)	Potensi Energi (MJ/kg)
Bagasse	270–300	45–55	7.5 – 9.5
Daun kering (trash)	140–160	70–80	10 – 12
Ujung batang	~40	70	~8
Lumpur filter	~30	20–25	Rendah

(Sumber: Junqueira et al., 2015; Mohapatra et al., 2021; Budiarmo et al., 2022)

Produksi biomassa daun tebu di lahan diperkirakan mencapai 10–15 ton/ha per tahun, tergantung varietas dan intensitas pemupukan. Dengan asumsi rendemen panen batang tebu sekitar 70–75% dari total biomassa tanaman, maka bagian vegetatif (daun dan batang atas) menghasilkan sekitar 25–30% dari total berat tanaman, sebagian besar dalam bentuk trash. Tabel 4 menjelaskan karakteristik daun tebu kering

Namun, biomassa ini masih kurang dimanfaatkan secara industri dan sering dibakar terbuka, yang tidak hanya menyia-nyiakan potensi energi, tetapi juga mencemari udara dan meningkatkan emisi gas rumah kaca. Potensi energi dari trash tebu dapat mencapai 13–18 GJ/ha per musim panen, tergantung kadar kering dan sistem pengumpulan.

Namun karena tingginya kandungan silika dan abu pada daun tebu menjadi tantangan dalam proses termokimia karena dapat menyebabkan fouling dan slagging pada sistem pembakaran, sehingga diperlukan teknologi pengolahan atau pencampuran dengan biomassa lain agar performa konversi tetap optimal (Vassilev et al., 2010).

Tabel 9. 4 Karakteristik daun tebu kering (dry basis)

Komponen	Persentase (%)
Selulosa	35 – 40
Hemiselulosa	20 – 25
Lignin	15 – 20
Silika	5 – 8
Abu	4 – 6

(Sumber: Mohapatra et al., 2021)

C. Produksi Bioetanol dari Tebu

Bioetanol dari tebu termasuk dalam kategori biofuel generasi pertama (*1st generation*) yang dihasilkan dari

fermentasi gula sederhana, terutama sukrosa. Produksi bioetanol dari tebu dinilai paling efisien dibandingkan sumber nabati lain karena tebu secara alami menyimpan gula yang langsung dapat difermentasi, tanpa perlu proses hidrolisis enzimatis seperti pada lignoselulosa.

1. Jalur Biokimia Produksi Bioetanol

Produksi bioetanol dari tebu melibatkan tiga tahap utama: (1) ekstraksi nira dari batang tebu, (2) fermentasi gula oleh mikroorganisme, dan (3) distilasi untuk pemurnian etanol.

Proses fermentasi dilakukan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dalam kondisi anaerobik pada suhu 30–35°C dan pH 4.5–5.5 selama 24–48 jam. Reaksi kimia utamanya adalah:



(Sumber: Taherzadeh & Karimi, 2008)

Nira tebu biasanya memiliki kadar gula total 14–18%, yang dapat menghasilkan etanol dengan konsentrasi 7–10% v/v sebelum proses distilasi.

2. Efisiensi Proses dan Hasil Produksi

Efisiensi produksi bioetanol dari tebu sangat tinggi dibandingkan bahan baku lain seperti jagung atau singkong, karena tidak membutuhkan hidrolisis enzimatis. Berdasarkan hasil berbagai studi dan data industri, estimasi output bioetanol dari 1 ton tebu adalah sebagai berikut:

Tabel 9. 5 Kadar Bioetanol pada Nira Tebu

Parameter	Nilai rata-rata
Kadar sukrosa dalam tebu	12–16% (b/b)

Rendemen nira per ton tebu	± 650 liter
Konsentrasi etanol setelah fermentasi	8–10% (v/v)
Hasil etanol per ton tebu	70 – 85 liter

(Sumber: Budiarmo et al., 2022)

Sebagai perbandingan, etanol yield dari tebu per hektare lahan bisa mencapai 5.000–6.500 liter/ha, jauh lebih tinggi dari jagung (3.000–4.000 L/ha) dan singkong (2.500–3.500 L/ha) (FAO, 2021).

3. Teknologi Fermentasi dan Inovasi Proses

Proses fermentasi tradisional menggunakan fermentor batch dengan inokulum *S. cerevisiae*. Namun, efisiensi dapat ditingkatkan melalui pendekatan *simultaneous saccharification and fermentation* (SSF), terutama bila substrat berasal dari molase atau campuran bahan.

Inovasi teknologi yang berkembang meliputi:

- Fermentasi berkelanjutan (*continuous fermentation*). Mampu meningkatkan produktivitas harian etanol.
- Fermentasi tekanan rendah (*vacuum fermentation*). Memungkinkan pemisahan etanol selama proses fermentasi sehingga mencegah penghambatan.
- Strain rekayasa genetika: *S. cerevisiae* yang tahan suhu tinggi dan konsentrasi etanol tinggi (hingga 15%) untuk mempercepat konversi.

Contoh kasus yang terjadi di Brasil, sistem *Integrated Distillery* menghasilkan bioetanol dengan efisiensi lebih dari

90% dari nira tebu, ditambah dengan pemanfaatan panas dari pembakaran bagasse untuk kebutuhan energi internal (Junqueira et al., 2015).

Perlu diketahui bahwa untuk menghasilkan 1 liter bioetanol diperlukan sekitar 13–14 MJ energi proses, namun energi yang terkandung dalam 1 liter bioetanol adalah 21.1 MJ/liter, menunjukkan nilai *Energy Return on Investment* (EROI) sekitar 1.5–2.0 (Goldemberg et al., 2008).

Pada tahun 2010-an, PT Perkebunan Nusantara (PTPN X) melalui Pabrik Gula Mojopanggung pernah menginisiasi pengembangan bioetanol skala pilot dari nira tebu murni sebagai bagian dari program diversifikasi produk. Unit distilasi mini dibangun dengan kapasitas 1.500 liter/hari menggunakan proses fermentasi konvensional dengan *S. cerevisiae* dan distilasi fraksionasi.

Hasil fermentasi menunjukkan efisiensi konversi gula ke etanol sekitar 85–88%, dan kadar etanol hasil distilasi mencapai 96% v/v (fuel-grade). Tantangan utama yang dihadapi adalah kontinuitas suplai bahan baku karena keterbatasan waktu giling tebu (hanya 4–5 bulan/tahun) serta belum optimalnya integrasi dengan sistem energi pembangkit internal.

Meskipun proyek ini tidak dilanjutkan secara komersial, pembelajaran dari aspek teknis, manajemen substrat, dan perizinan biofuel menjadi penting untuk pengembangan bioetanol di masa depan (Sutaryo et al., 2014; PTPN X, 2016).

Sejak tahun 2020, PTPN X melalui Pabrik Gula Gempolkrep mulai memanfaatkan molase sebagai bahan baku bioetanol dalam skema *on-site fermentation*, bekerja sama dengan sektor swasta dan universitas mitra. Proses ini

menggunakan fermentor tertutup skala menengah (kapasitas 10.000 liter), dengan sistem heat integration dari pembakaran bagasse untuk mendukung proses distilasi.

Produksi etanol mencapai 80–100 liter/ton molase, dengan kemurnian >95%. Sistem ini juga terintegrasi dengan unit pengolahan limbah cair (anaerobic digester), menghasilkan biogas sebagai sumber energi tambahan untuk boiler pabrik. Model ini menjadi contoh awal dari pendekatan *circular bioeconomy* berbasis komoditas tebu (Direktorat Bioenergi ESDM, 2023).

D. Potensi Energi dari Biomassa Tebu (Bagasse dan Daun)

Biomassa sisa pengolahan tebu seperti bagasse, daun kering, dan ampas lainnya merupakan sumber energi terbarukan yang potensial. Selain mendukung efisiensi energi internal pabrik gula, biomassa ini juga dapat diolah menjadi listrik, panas, maupun biofuel padat lainnya seperti biopellet atau biochar.

1. Profil Biomassa Sisa Pengolahan Tebu

Berdasarkan data rata-rata industri gula, setiap **1 ton tebu** menghasilkan komponen biomassa sebagai berikut:

Tabel 9. 6 Komponen Biomassa (per Ton Tebu)

Komponen Biomassa	Jumlah (kg/ton tebu)	Kandungan Kering (%)	Nilai Kalor (MJ/kg, db)
Bagasse	270 – 300	45 – 55	7.5 – 9.5
Daun & Ujung Batang	140 – 160	70 – 80	10 – 12
Lumpur filter	~30	20 – 25	Rendah (<4)

(Sumber: Budiarto et al., 2022; Junqueira et al., 2015; Mohapatra et al., 2021)

Dalam konteks nasional, jika total produksi tebu Indonesia pada tahun 2023 mencapai 30 juta ton, maka potensi biomassa bagasse secara kasar dapat mencapai:

$30.000.000 \text{ ton tebu} \times 0,28 \text{ ton bagasse} = 8,4 \text{ juta ton bagasse}$

Jika seluruh bagasse ini dikeringkan dan digunakan sebagai bahan bakar padat, maka potensi energi totalnya mencapai:

$8,400,000 \text{ ton} \times 8,5 \text{ MJ/kg} = 71,4 \text{ PJ (Petajoule) per tahun}$

Nilai ini setara dengan hampir 1,7 juta MWh listrik, yang berpotensi mensuplai energi untuk lebih dari 1 juta rumah tangga di Indonesia per tahun (asumsi konsumsi listrik 1.500 kWh/rumah tangga/tahun).

2. Teknologi Konversi Energi Biomassa Tebu

Konversi energi dari biomassa tebu dapat dilakukan melalui dua pendekatan utama: (1) proses termokimia, yang

melibatkan panas tinggi untuk mengubah bahan menjadi energi, dan (2) proses biokimia, yang melibatkan aksi mikroorganisme atau enzim untuk menghasilkan bahan bakar seperti biogas atau bioetanol.

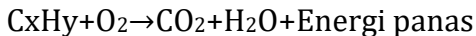
a. Teknologi Termokimia

Teknologi ini memanfaatkan suhu tinggi (200–1000°C) untuk mendekomposisi senyawa organik dalam biomassa. Proses ini cocok untuk bagasse, daun tebu, dan ampas kering lainnya yang memiliki kandungan lignoselulosa tinggi.

1) Pembakaran langsung (*direct combustion*)

Merupakan teknologi paling umum digunakan di pabrik gula untuk menghasilkan uap bertekanan, yang digunakan untuk menggerakkan turbin atau keperluan proses.

Prinsip Kerja:



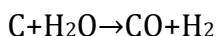
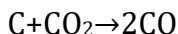
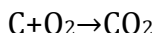
Karakteristik dari reaksi ini adalah: 1). Suhu operasi: 700–1000°C; 2). Efisiensi konversi panas ke listrik: 20–25%; 3). Digunakan di boiler pabrik gula konvensional; 4). Sistem cogeneration (listrik + uap) meningkatkan efisiensi total hingga 60–70%

Contoh penerapannya di boiler berbahan bakar bagasse di pabrik gula menghasilkan uap untuk menggerakkan turbin dan untuk proses penguapan nira.

2) Gasifikasi

Mengubah biomassa menjadi syngas/syntetic gas yaitu gas campuran CO, H₂, CH₄ melalui pembakaran parsial dengan suplai oksigen terbatas.

Reaksi utama:



Karakteristik reaksinya adalah: 1). Suhu: 800–1200°C; 2). Efisiensi konversi energi: 30–45%; 3). Produk: syngas yang dapat dibakar langsung di genset atau turbin gas; 4). Teknologi cocok untuk daun dan campuran trash tebu

Kelebihan dari teknologi ini adalah fleksibel untuk biomassa variatif, emisi lebih rendah dari pembakaran langsung, dapat dikonversi lebih lanjut menjadi biofuel cair (*Fischer-Tropsch synthesis*).

3) Pirolisis

Menguraikan biomassa menjadi bio-oil, biochar, dan gas pirolitik dalam kondisi tanpa oksigen.

Produk utama:

- a) Bio-oil (60–70%): dapat digunakan sebagai bahan bakar boiler atau diolah menjadi biofuel cair
- b) Biochar (15–25%): dapat digunakan untuk reklamasi tanah, penyerap karbon
- c) Gas (10–20%): dapat digunakan untuk kebutuhan energi internal proses

Pirolisis bagasse menghasilkan bio-oil dengan nilai kalor 17–19 MJ/kg, namun memerlukan sistem pendingin cepat dan kontrol temperatur yang presisi.

b. Teknologi Biokimia

Teknologi biokimia mengandalkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik menjadi gas atau etanol. Cocok untuk bahan dengan kadar air tinggi atau kandungan gula/karbohidrat sederhana, serta limbah cair padat seperti lumpur filter.

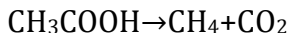
1) Anaerobic digestion (AD)

Proses biologis tanpa oksigen yang menghasilkan biogas (CH_4 dan CO_2) dari bahan organik.

Tahapan proses:

- a) Hidrolisis: pemecahan polimer organik menjadi monomer
- b) Asidogenesis: pembentukan asam organik (asam asetat, propionat)
- c) Asetogenesis: konversi asam menjadi asetat dan H_2
- d) Metanogenesis: pembentukan CH_4 oleh *Methanobacterium* dan *Methanosarcina*

Reaksi utama:



Kondisi optimal reaksi meliputi: 1). Suhu: mesofilik (35–40°C) atau termofilik (50–55°C); 2). pH: 6.8 – 7.4; 3). Retention time: 15–30 hari. Kapasitas produksinya dari 1 ton lumpur filter, dapat dihasilkan 50–80 m^3 biogas, dengan kandungan energi sekitar 20–25 MJ/ m^3 .

Penerapannya di beberapa pabrik gula milik PTPN telah mencoba teknologi *Anaerobic digestion* dari limbah cair pengolahan nira dan filter cake untuk kebutuhan energi boiler.

2) Fermentasi Lignoselulosa

Digunakan untuk mengkonversi selulosa dan hemiselulosa dari bagasse menjadi gula fermentabel, lalu diubah menjadi etanol.

Tahapan prosesnya meliputi: 1). Pretreatment: pelunakan lignin secara kimia, biokimia maupun fisika; 2). Hidrolisis: pemecahan selulosa menjadi glukosa; 3). Fermentasi: konversi glukosa menjadi etanol oleh *S. cerevisiae* atau *Zymomonas mobilis*

Tantangan dalam penerapan teknologi ini antara lain: 1). Biaya pretreatment tinggi; 2). Efisiensi fermentasi rendah; 3). Lignin tidak terfermentasi sehingga perlu dipisahkan. Strain rekayasa genetika yang dapat memfermentasi pentosa (C5) dari hemiselulosa sedang dikembangkan untuk meningkatkan yield dari bagasse (Taherzadeh et al., 2020).

Kombinasi dari beberapa teknologi ini, terutama pembakaran bagasse + co-firing daun kering, telah diterapkan di beberapa pabrik gula di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan energi internal, serta sebagai dasar pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa PLTBm.

E. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) Berbasis Tebu

Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) berbasis tebu merupakan sistem konversi energi yang menggunakan residu biomassa hasil pengolahan tebu: bagasse, daun kering (trash), dan lumpur filter, sebagai bahan bakar utama. Sistem ini umumnya dikembangkan dalam skema cogeneration, yakni menghasilkan listrik dan uap panas secara bersamaan, dan sangat sesuai untuk diterapkan pada industri gula yang membutuhkan kedua jenis energi tersebut.

1. Prinsip Kerja Sistem PLTBm pada Pabrik Gula

Umumnya, PLTBm di pabrik gula mengandalkan bagasse hasil penggilingan sebagai sumber energi utama. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama:

- a. *Feeding system* berupa *conveyor* dan *shredder* untuk mengatur pasokan biomassa ke boiler
- b. Boiler (*steam generator*) merupakan tempat pembakaran biomassa menghasilkan uap bertekanan tinggi
- c. *Turbine & Generator*. Uap yang dihasilkan boiler menggerakkan turbin untuk menghasilkan listrik
- d. *Steam distribution system*. Uap bekas proses pembangkit listrik didistribusikan untuk kebutuhan proses pengolahan gula yaitu penguapan nira
- e. *Condensate & ash handling system*. Merupakan penanganan sisa pembakaran dan sistem pembangkit Listrik.

2. Kapasitas Energi dan Perhitungan Potensial

Asumsikan satu pabrik gula dengan kapasitas giling 4.000 ton tebu/hari (TCD), menghasilkan 1.100 ton bagasse/hari (asumsi 28% dari tebu). Dengan nilai kalor rata-rata bagasse kering 8.5 MJ/kg, maka potensi energi harian:

$$1.100.000 \text{ kg} \times 8,5 \text{ MJ/kg} = 9,35 \text{ TJ/hari}$$

Jika efisiensi konversi ke listrik sekitar 22%:

$$9,35 \text{ TJ} \times 0,22 = 2,06 \text{ TJ} = 572 \text{ MWh/hari}$$

Setara dengan kapasitas pembangkit sekitar 23–25 MW pada operasi penuh.

Sebagian besar listrik digunakan untuk kebutuhan pabrik (*self generation*), namun kelebihan daya bisa dijual ke jaringan listrik nasional dalam skema *Excess Power Agreement* (EPA).

3. Studi Kasus PLTBm Pabrik Gula Rejosari, PTPN X

Pabrik Gula Rejosari, yang dikelola oleh PTPN X, telah menerapkan sistem cogeneration berbasis bagasse untuk memenuhi kebutuhan listrik dan uap. Sistem ini terdiri dari:

- a. Boiler kapasitas 80 ton/jam
- b. Turbine generator 10 MW
- c. Efisiensi termal sistem: 70%
- d. Waktu operasi: 120 hari/tahun (musim giling)

Selama operasi penuh, unit cogeneration ini mampu menghemat sekitar 3 juta liter solar per musim giling dan menghindari emisi sekitar 7.500 ton CO₂. Model ini menunjukkan bahwa penggunaan biomassa tebu tidak hanya mengurangi biaya energi, tetapi juga berkontribusi

pada target dekarbonisasi sektor agroindustri (Kementerian ESDM, 2022).

F. Tantangan dan Potensi Pengembangan Bioenergi dari Tebu

Bioenergi berbasis tebu, khususnya bioetanol dan biomassa padat, memiliki prospek besar untuk dikembangkan di Indonesia. Namun, keberhasilan pengembangannya ditentukan oleh bagaimana tantangan struktural dan teknis dapat diatasi, serta bagaimana potensi sinergi antar sektor dimaksimalkan.

1. Tantangan Pengembangan Bioenergi dari Tebu

- a. Ketergantungan Musim Giling. Produksi biomassa seperti bagasse dan nira sangat bergantung pada musim giling tebu yang terbatas, menyebabkan suplai bahan baku tidak kontinu sepanjang tahun. Hal ini menjadi kendala utama dalam pengoperasian sistem bioetanol dan PLTBm secara berkelanjutan.
- b. Keterbatasan Teknologi dan Investasi. Banyak pabrik gula di Indonesia masih menggunakan sistem lama yang tidak efisien dan belum siap untuk integrasi bioenergi. Investasi untuk pembaruan teknologi seperti boiler tekanan tinggi, sistem gasifikasi, atau fermentor skala besar masih mahal dan terbatas aksesnya.
- c. Dukungan Kebijakan yang Belum Konsisten. Meskipun bioenergi masuk dalam agenda EBT nasional, namun kebijakan insentif, tarif feed in listrik, dan bauran energi belum sepenuhnya mendukung percepatan investasi di bioenergi

berbasis tebu. Hal ini diperparah oleh birokrasi dan perizinan yang rumit.

- d. Rendahnya Integrasi Antarsektor. Bioenergi dari tebu idealnya terintegrasi antara sektor perkebunan, pangan, energi, dan limbah. Namun pada praktiknya, masing-masing sektor masih berjalan sendiri, menyebabkan duplikasi infrastruktur dan inefisiensi alokasi bahan baku.

2. Potensi Strategis Pengembangan Bioenergi Tebu

- a. Sumber Energi Terbarukan yang Kompetitif. Di antara tanaman tropis lainnya, tebu memiliki efisiensi fotosintesis tertinggi (hingga 2,4% konversi energi matahari menjadi biomassa), dengan hasil bioetanol dan bagasse per hektare yang sangat kompetitif dibandingkan jagung, singkong, atau sorgum.
- b. Model Biorefinery Terintegrasi. Tebu berpotensi menjadi basis dari biorefinery agroindustri tropis, di mana dari satu sumber tanaman dapat diperoleh gula, bioetanol, listrik, biogas, pupuk organik, hingga biochar. Konsep ini mendorong pemanfaatan limbah menjadi produk bernilai dan mendukung ekonomi sirkular.
- c. Dukungan Holding Perkebunan BUMN dan Vokasi Industri. Dalam konteks Indonesia, pengembangan bioenergi tebu sangat strategis dilakukan melalui sinergi antara holding BUMN perkebunan, sektor pendidikan vokasi industri, dan kebijakan pemerintah pusat. Keberadaan lembaga riset dan pendidikan yang berbasis di kawasan sentra tebu

memberi peluang untuk menumbuhkan inovasi berbasis kebutuhan lapangan.

- d. Kontribusi terhadap Transisi Energi dan Mitigasi Emisi. Bioetanol dan biomassa dari tebu dapat menjadi solusi nyata untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil, mendukung target Net Zero Emission 2060, serta memberi dampak langsung pada penurunan emisi GRK di sektor pertanian dan energi.

G. Penutup

Tebu bukan hanya tanaman penghasil gula, tetapi juga memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan. Melalui pengolahan nira menjadi bioetanol dan pemanfaatan residu biomassa seperti bagasse dan daun sebagai bahan bakar biomassa, tebu mampu menjadi bagian penting dalam transisi energi nasional.

Pengembangan bioetanol dari nira atau molase menghadirkan alternatif bahan bakar cair yang bersih, ramah lingkungan, dan berpotensi menggantikan solar dan bensin dalam jangka panjang. Sementara itu, pembakaran langsung, gasifikasi, pirolisis, hingga fermentasi anaerobik terhadap biomassa tebu menunjukkan beragam jalur konversi energi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan lokal dan kapasitas teknologi.

Meski dihadapkan pada tantangan seperti keterbatasan musim giling, fluktuasi harga, dan investasi awal yang besar, pengembangan bioenergi tebu tetap menjanjikan. Integrasi teknologi, dukungan kebijakan, riset vokasional, serta sinergi antara industri dan pendidikan

akan menjadi kunci sukses menuju sistem energi berkelanjutan berbasis agroindustri

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statisti, 2023. Statistik Indonesia 2023
Statistical Yearbook Of Indonesia 2023
- Budiarso, E., Haryanto, A., & Sutaryo. (2022). *Analisis Potensi Bioenergi dari Tebu di Indonesia*. Jurnal Energi Terbarukan, 15(2), 123–134.
- Cardona, C.A. dan Sanchez, O.J. 2007. Fuel Ethanol Production: Process Design Trends and Integration Opportunities. *Bioresource Technology*, Volume 98, Issue 12 : 2415-2457.
- Direktorat Bioenergi ESDM. (2023). *Statistik Bioenergi Indonesia 2023*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- Eggleston, G., J. Vercellotti, 2000. Degradation of Sucrose, Glucose and Fructose in Concentrated Aqueous Solutions Under Constant pH Conditions at Elevated Temperatur. *Journal of Carbohydrate Chemistry*
- FAO Statistical Yearbook 2021 - World Food and Agriculture
- Goldemberg, J., Coelho, S. T., & Guardabassi, P. (2008). "The sustainability of ethanol production from sugarcane." *Energy Policy*, 36(6), 2086–2097.
- IEA Bioenergy. (2022). *Technology Roadmap: Bioenergy for Heat and Power*. International Energy Agency.
- Junqueira, T.L., Chagas, M.F., & Cavalett, O. (2015). Techno-economic analysis and lifecycle GHG emissions of ethanol production from sugarcane bagasse. *Renewable Energy*, 85, 769–777.

- Kementerian ESDM. (2022). *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)* – Laporan Tahunan. Jakarta.
- Mohapatra, S., Mishra, A., & Patel, R. (2021). Utilization of Sugarcane Trash for Energy Generation. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125–136.
- PTPN X. (2016). *Laporan Proyek Bioetanol Skala Kecil di PG Mojopanggung*. Surabaya: Arsip Internal.
- Rein, Peter., 2007. Cane Sugar Engineering, Bartens. ISBN 3870401109, 9783870401108
- Sun Y., Cheng J., 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology*. (83) : 1–11.
- Sutaryo, Haryanto, A., & Nugraha, A. (2014). Bioetanol dari Nira dan Molase: Studi Kelayakan Teknologi dan Energi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 24(1), 33–42.
- Taherzadeh, M.J., Karimi, K., 2008. Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: a review. *International Journal of Molecular Science*. Sep;9(9):1621-1651.
- Taherzadeh, M.J., Karimi, K., & Kumar, R. (2020). Lignocellulosic Ethanol: Technology, Economics, and Future Prospects. In *Advances in Bioenergy* (Vol. 5, pp. 85–120). Elsevier.
- UNEP. (2021). *Bioenergy and Climate Mitigation: A Global Perspective*. United Nations Environment Programme.

Vassilev, S.V., Baxter, D., Andersen, L.K., & Vassileva, C.G. (2010). An overview of the chemical composition of biomass. *Fuel*, 89(5), 913–933.

BAB 10

PENGENDALIAN HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN TEBU

Oleh Dr. Guntoro, S.P.,M.P.

A. Pentingnya Tanaman Tebu sebagai Komoditas Strategis

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum L.*) merupakan salah satu tanaman perkebunan penting yang banyak dibudidayakan di daerah tropis dan subtropis, termasuk Indonesia. Tebu menjadi komoditas strategis karena berperan sebagai sumber utama gula konsumsi nasional dan bahan baku berbagai produk turunannya seperti etanol, bioenergi, alkohol, molases, dan pupuk organik dari limbah padatnya (bagasse dan blotong). Kontribusinya terhadap ketahanan pangan dan energi, serta penggerak ekonomi daerah melalui industri gula, menjadikan tebu sebagai komoditas unggulan yang perlu dijaga produktivitas dan kualitasnya.

Tanaman tebu sebagai komoditas strategis nasional yaitu salah satunya dengan menghasilkan produksi gula nasional yang berkualitas. Produksi gula nasional saat ini belum mampu memenuhi kebutuhan domestik, dengan defisit 662.000 ton pada tahun 2023. Salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah fluktuasi produktivitas tanaman tebu (Silalahi, 2024).

Pada tahun 2013 sampai dengan tahun 2022, terdapat fluktuasi yang cukup signifikan pada produktivitas tebu, baik di Perkebunan Rakyat (PR), Perkebunan Besar Negara (PBN), maupun Perkebunan Besar Swasta (PBS). Perubahan produktivitas tebu ini disebabkan oleh berbagai faktor, mulai dari teknis budidaya tanaman tebu yang kurang baik, varietas tebu yang digunakan, kondisi cuaca, ketersediaan pupuk, dinamika pasar, dan serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) (Pusdatin, 2023).

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS, 2024), kebutuhan gula nasional masih belum mampu sepenuhnya dipenuhi oleh produksi dalam negeri. Salah satu penyebab rendahnya produksi adalah kerusakan tanaman akibat serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), baik dari kelompok hama maupun penyakit. Oleh karena itu, pengelolaan hama dan penyakit tanaman secara efektif dan berkelanjutan sangat penting untuk mendukung peningkatan produktivitas dan efisiensi industri tebu nasional.

Dampak Hama dan Penyakit terhadap Produksi Tebu

Dampak serangan hama dan penyakit dapat menyebabkan penurunan produktivitas. Dampak dari serangan hama dan penyakit menyebabkan kerugian yang cukup tinggi yang sekitar 18,01 – 28,73% penurunan berat hasil dan kehilangan sukrosa berkisar 9,74 – 15,93%. Sistem penanaman monokultur dalam jangka panjang turut mendorong perkembangan hama dan penyakit karena sulit untuk memutus siklus hidupnya.

Serangan hama dan penyakit tanaman tebu tidak hanya menurunkan hasil panen, tetapi juga memengaruhi kualitas batang dan kadar sukrosa yang terkandung di dalamnya. Beberapa jenis hama menyerang bagian batang

yang merupakan organ utama penghasil gula, sedangkan patogen menyebabkan kerusakan jaringan internal tanaman yang sulit terdeteksi secara kasat mata. Dampak serangan ini meliputi :

- a. Penurunan rendemen gula
- b. Pertumbuhan tanaman tidak optimal
- c. Peningkatan kebutuhan pestisida
- d. Menurunnya efisiensi pabrik gula akibat kualitas bahan baku rendah
- e. Kerugian ekonomi bagi petani dan industri

B. Ekosistem Perkebunan Tebu dan Faktor Pendukung Serangan OPT

1. Agroekologi dan Sistem Budidaya Tebu

Sistem budidaya tebu umumnya dilakukan secara intensif dan monokultur dalam areal luas, yang memungkinkan efisiensi pengelolaan tetapi rentan terhadap serangan OPT. Kurangnya rotasi tanaman serta praktik budidaya yang tidak ramah lingkungan seperti pembakaran lahan atau penggunaan pestisida yang tidak bijak dapat memperburuk kondisi ekosistem kebun tebu dan memicu ledakan populasi hama dan penyakit.

2. Faktor Iklim, Tanah, dan Keanekaragaman Hayati

Perubahan iklim berpengaruh terhadap tanaman tebu, perkembangan serangga dan patogen tanaman serta interaksi multitrofik yang ada. Komponen iklim yang sangat berpengaruh adalah suhu, kandungan CO₂ dalam atmosfer, dan curah hujan. Fenomena perubahan iklim mengharuskan dilakukan aksi mitigasi dan adaptasi sehingga sistem

pertanian berkelanjutan dapat diwujudkan. Oleh karena itu, pengelolaan hama dan penyakit tanaman tebu memerlukan penyusunan strategi pengelolaan dengan mempertimbangkan pengaruh abiotik, terutama suhu, kandungan CO₂ dalam atmosfer, dan curah hujan, terhadap perkembangan serangga dan patogen tanaman serta interaksi multitrofik pada ekosistem pertanaman tebu.

Faktor lingkungan sangat berperan dalam perkembangan OPT, antara lain:

a. Iklim

Suhu tinggi dan kelembapan tinggi mempercepat siklus hidup hama dan pertumbuhan patogen.

b. Tanah

Tanah yang tidak sehat atau terlalu lembap dapat menjadi tempat berkembangnya jamur penyebab penyakit akar.

c. Keanekaragaman hayati rendah

Lahan monokultur mempersempit ruang bagi musuh alami hama, seperti parasitoid dan predator.

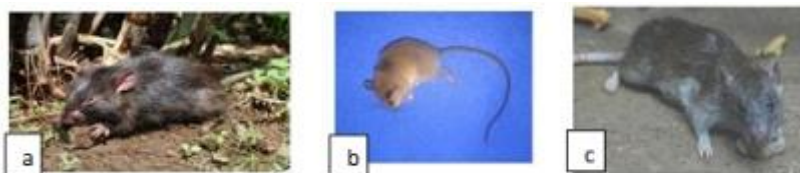
3. Dinamika Populasi Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)

Populasi OPT bersifat fluktuatif dan dipengaruhi oleh musim tanam, ketersediaan makanan, serta tekanan pengendalian. Ketika musuh alami terganggu, misalnya oleh aplikasi insektisida non-selektif, populasi hama utama dapat meningkat pesat. Oleh sebab itu, pengelolaan populasi OPT harus berbasis ekologi dan dilakukan secara terpadu.

C. Jenis-jenis Hama Penting pada Tanaman Tebu

1. Tikus

Tikus merupakan salah satu hama utama di perkebunan tebu terutama perkebunan rakyat. Perkebunan tebu yang berdekatan dengan lokasi persawahan biasanya lebih banyak terserang oleh hama, umumnya serangan tikus terjadi setelah panen padi berakhir. Pada tahun 2018, luas serangan tikus di Indonesia seluas 1.055, 11 Ha, meliputi wilayah Jambi, Jawa Barat, Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, Jawa Timur dan Sulawesi Selatan (Wibawanti 2019). Beberapa jenis hama tikus yang dikenal merusak tanaman tebu adalah tikus wirot (*B. indica*), tikus yang sering ditemui di persawahan (*R. argentiventer*, *R. exulans* dan *R. nitidus*). Jenis tikus tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.1 sebagai berikut :



Gambar 10. 1 Jenis hama tikus. a. tikus wirot (*Bandicota indica*), b tikus ladang (*Rattus exulans*), c. tikus sawah (*Rattus argentiventer*)

(Sumber : Wibawanti 2019)

Berdasarkan stadia pertumbuhan tanaman tebu, gejala kerusakan yang disebabkan oleh serangan tikus dapat dibedakan sebagai berikut:

a. Stadia bibit

Pada fase ini, serangan tikus terutama terjadi pada stek yang belum tunas (bagal) dan stek yang sudah tunas (rayungan). Ciri pada serangan tikus yaitu terdapat bekas gigitan pada ruas bibit bakal, sedangkan pada rayungan, kerusakan terjadi pada atas permukaan tanah.

b. Tanaman muda umur 2-3 bulan

Ciri kerusakan pada tanaman muda yang terserang adalah terdapat lubang hasil gerogotan tikus yang menyebabkan terhambatnya suplai hari dari daun. Secara visual, gejala muncul seperti bekas terpotong pisau tumpul yang dapat menghambat pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

c. Tanaman tua umur lebih dari 3 bulan

Pada fase tanaman tua, ciri serangan tikus yaitu terdapat kerusakan pada batang di dalam tanah, batang permukaan atas tanah, serta pada pucuk. Selain itu, kerusakan juga terjadi pada sistem perakaran, sehingga dapat menghambat kemampuan tanaman menyerap nutrisi maupun air. Akibat dari serangan tikus pada tanaman tua dapat menjadikan daun layu, menguning, mengering, dan tanaman mudah tercabut karena kehilangan fungsi akar yang seharusnya.

Serangan tikus pada tanaman tebu mengakibatkan kerusakan dengan kategori serangan berat, meskipun tanaman tebu bukan makanan utama tikus untuk melangsungkan perkembangbiakannya. Tidak tersedianya makanan lain seperti pada areal di pulau Jawa menyebabkan tikus kerap kali menyerang tanaman tebu. Sedangkan kerusakan yang terjadi pada tanaman lain seperti padi dan palawija, kehadiran tikus pada area tersebut mutlak hanya untuk mendapatkan tanaman tebu, disamping makanan

lainnya yang ada di sekitar pertanaman tebu tersebut (Santoso 2016). Serangan hama tikus dapat di lihat pada Gambar 10.2 di bawah ini sebagai berikut:



Gambar 10. 2 Serangan hama tikus a.) lubang aktif b.) kerusakan pada batang c.) batang patah

(Sumber : Muliasari & Trilaksono, 2020)

Kehadiran hama di atas ambang batas dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman tebu, serangan hama terutama tikus dapat menyebabkan penurunan produktivitas tanaman tebu. Menurut Samsuri (2008) pengendalian hama tikus dapat di upayakan dengan cara yaitu sebagai berikut:

a. Pengaturan waktu tanam tebu

Pengaturan waktu tanam tebu menjadi penting untuk di perhatikan karena tidak hanya untuk menentukan masa tebang tebu saja, namun juga dapat mengurangi intensitas serangan hama tikus pada tanaman tebu.

b. Sanitasi tebu

Sanitasi tebu merupakan aktivitas pembuangan daun tua dari batang tebu yang memiliki fungsi untuk membersihkan lingkungan tumbuh pada tanaman tebu, mencegah terjadinya kebakaran, membuat sirkulasi udara lebih lancar, percepatan pembentukan sukrosa

dari monosakarida, serta dapat mempermudah pekerjaan penebangan.

c. Gropyokan

Gropyokan merupakan kegiatan yang dilakukan dengan cara membongkar lubang-lubang aktif yang berpotensi sebagai sarang tikus.

d. Emposan/gaskus/gas tikus

Pengemposan merupakan kegiatan yang dilakukan dengan cara membakar sarang tikus melalui pemanfaatan belerang dan gas. Teknik pengendalian ini lebih efektif dibandingkan gropyokan. Kegiatan pengemposan dapat dilihat pada Gambar. 3.

e. Rodentisida

Pengendalian secara kimiawi dilakukan dengan memanfaatkan racun tikus atau rodentisida. Racun diberikan dalam bentuk umpan yang dapat mengecoh tikus dikarenakan mirip dengan makanan, kemudian tikus akan memakan umpan tersebut sehingga cukup efektif untuk mengurangi keberadaan hama tikus.





Gambar 10. 3 Kegiatan pengemposan a) bekas gigitan pada batang; b) persiapan bahan; c) pembasahan kain dengan bensin; d) alat empsan; e) aplikasi emposan; f) hasil emposan

(Sumber: Muliasari & Trilaksono, 2020)

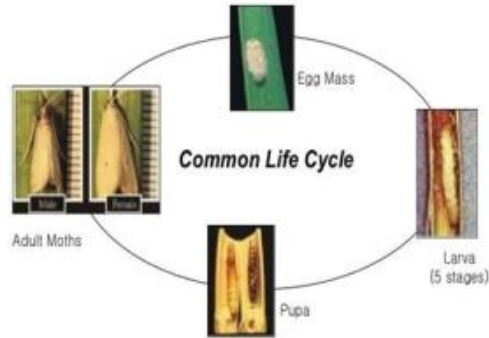
2. Penggerek Pucuk Tebu (*Scirpophaga excerptalis*)

Scirpophaga excerptalis adalah salah satu hama utama yang menyerang tanaman tebu yang hampir tersebar merata pada semua sentra Perkebunan tebu. Ciri serangannya adalah terdapat gerakan pada sekitar tunas muda yang tergulung, dan dapat di lihat serangannya ketika daun mulai membuka dengan bentuk serangan berlubang sejajar. Pada fase larva hama *S. excerptalis* dapat menyerang daun muda dan titik tumbuh yang dapat menyebabkan kematian pada titik tumbuh (mati puser).

Serangan hama ini sangat rentan terutama pada umur tanaman muda, karena dapat menyebabkan kematian pada tanaman. Sedangkan pada umur tanaman tua, serangan hama ini dapat menghambat pertumbuhan tanaman ke atas membuat pertumbuhan tunas baru pada batang. Berikut ini merupakan taksonomi dari hama penggerek pucuk tebu yaitu :

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Phylum	: <i>Arthropoda</i>
Kelas	: <i>Insecta</i>
Ordo	: <i>Lepidoptera</i>
Superfamily	: <i>Pyraloidea</i>
Family	: <i>Crambidae</i>
Subfamily	: <i>Schoenobiinae</i>
Genus	: <i>Scirpophaga</i>
Spesies	: <i>S. excerptalis</i> Walker

Siklus hidup *S. excerptalis* Walker (Geetha *et al.*, 2018) berada di antara 39 sampai dengan 58 hari. Hama penggerek pucuk betina bertugas meletakkan telur-telur pada permukaan bagian atas daun secara berkelompok sebanyak tiga kelompok telur. Pada masing-masing kelompok telur memiliki jumlah yang sama banyaknya, terdapat 50-150 butir telur pada setiap kelompoknya dengan jumlah keseluruhan telur adalah 200 sampai dengan 300 butir telur. Pada fase biologi, siklus dimulai pada fase telur, dengan peletakan kelompok telur dan di simpan dengan cara di tutup seperti bludru berwarna coklat, satu kelompok telur terdiri atas 6 sampai dengan 30 butir telur. Stadia pada telur berlangsung selama 6 sampai dengan 9 hari. Pada fase larva yang baru saja menetas akan berwarna kuning kecoklatan, stadia larva ini berlangsung selama 32 sampai dengan 35 hari. Pada fase pupa memiliki warna coklat yang mulai terbentuk pada skitar batang. Stadia pupa ini berlangsung selama 8 sampai dengan 12 hari, sehingga pada fase pupa di dalam batang akan berlangsung selama 40 sampai dengan 47 hari. Untuk dapat melihat siklus hidup *S. Excerptalis*, maka dapat di lihat pada Gambar. 4 berikut ini:



Gambar 10. 4 Siklus Hidup *S. excerptalis* Walker

(Sumber : Geetha *et al.*, 2018)

Ciri dari serangan penggerek pucuk yaitu menyerang dan merusak melalui tulang daun pupus dengan cara membuat lubang berbentuk gerakan pada bagian tengah pucuk sampai dengan bagian ruas muda, selain itu serangan penggerek pucuk dapat merusak titik tumbuh sehingga dapat menyebabkan kematian tanaman tebu. Serangan penggerek pucuk ini di mulai pada umur dua minggu sampai dengan fase dewasa. Untuk mengetahui gejala kerusakan akibat serangan hama penggerek pucuk tebu dapat dilihat pada Gambar. 5 di bawah ini:



Gambar. 5 Gambar 10. 5 Penggerek pucuk tebu (a) gejala kerusakan, (b) telur, (c) ulat, dan (d) imago

(Sumber : Subiyakto, 2017)

Menurut Subiyakto, (2017) Tindakan pengendalian hama penggerek tebu yang dapat dilakukan antara lain sebagai berikut :

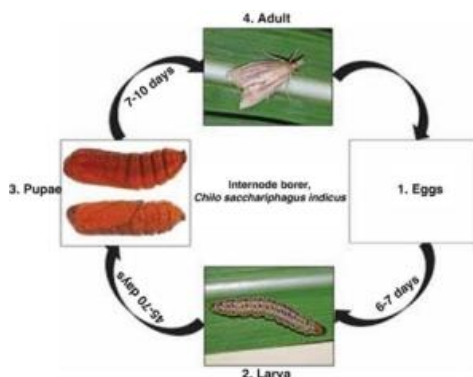
- a. Kultur teknis melalui pengelolaan lahan
- b. Penggunaan varietas yang tahan hama penggerek tebu antara lain: PS 851, PS 891, PSJT 941, PS 921 dan PSBM 88-144.
- c. Monitoring/sensus hama
- d. Pengendalian hayati dengan cara pelepasan parasitoid seperti lalat *Diatraeophaga sriatalis*
- e. Pengendalian secara mekanis dilakukan dengan cara rogesan pada pucuk atau memotong pucuk sampai ke bawah. Pelaksanaan roges dapat dimulai pada saat tanaman tebu berumur dua bulan sampai enam bulan. Pengendalian lain dapat dilakukan dengan mengutip larva.
- f. Pengendalian secara kimiawi.

3. Penggerek Batang Tebu (*Chilo sacchariphagus* Bojer.)

Terdapat enam spesies hama penggerek batang tebu yang di temukan di Indonesia yaitu penggerek batang bergaris, penggerek batang berkilat, penggerek batang abu-abu, penggerek batang kuning, penggerek batang jambon, dan penggerek batang raksasa (Pawirosemadi 2011)). Hama menyerang batang bagian atas dan mulai menyerang tanaman tebu pada umur 1,5 sampai dengan 2 bulan. Untuk dapat melihat taksonomi dari hama penggerek batang tebu bergaris (*C. sacchariphagus* Bojer.) maka dapat di lihat sebagai berikut:

Kingdom : *Animalia*
 Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Lepidoptera*
 Family : *Pyralidae*
 Genus : *Chilo*
 Spesies : *C. sacchariphagus* Bojer.

Siklus hidup *Chilo sacchariphagus* Bojer berlangsung selama 58 hari sampai dengan 87 hari. Pada fase telur ke larva berkembang selama 6 hari sampai dengan 7 hari, kemudian larva akan berganti kulit selama 6 sampai dengan 7 kali pada periode menjadi pupa yaitu selama 45 hari sampai dengan 70 hari dan menjadi imago dengan lama fase hidup selama 7 hari sampai dengan 10 hari (Geetha *et al.*, 2018). kerusakan pada fase larva dapat menyebabkan kerusakan dengan intensitas serangan yang berat. Untuk dapat melihat siklus hidup penggerek batang tebu, maka dapat di lihat pada Gambar. 6. dan serangan penggerek batang tebu dapat dilihat pada Gambar. 6 sebagai berikut :



Gambar 10. 6 Siklus hidup penggerek batang tebu

(Sumber : Geetha *et al.*, 2018)



Gambar 10. 7 Penggerek batang tebu a. imago b. serangan pada batang

(Sumber : Muliasari & Trilaksono, 2020)

4. Jenis-Jenis Hama Dan Gejala Serangannya Pada Tanaman Tebu

Berdasarkan hasil penelitian dari Santoso *et al.*, (2025) jenis-jenis hama pada tanaman tebu dan gejala serangannya dapat dilihat pada Tabel 10.1 yaitu sebagai berikut :

Tabel 10. 1 Jenis-Jenis Hama dan Gejala Serangannya Pada Tanaman Tebu

No	Blok	Varietas	Jenis Hama	Gejala Serangan
1	I	BL	Penggerek Batang	Lubang kecil pada batang tebu, terdapat gerekkan di dalam ruas tebu sehingga membusuk
			Uret	Menyerang akar dan memakan batang bawah, sehingga akar

				tidak mendapatkan nutrisi
2	V	PS 862	Penggerek Batang	Terdapat lubang di batang tebu sehingga batang tebu membusuk
			Kutu Putih	Menghisap cairan daun dan membuat daun tertutup jamur jelaga sehingga menghambat fotosintesis
3	IX	TLH	Penggerek Batang	Lubang kecil pada batang tebu, terdapat serbuk bekas gerakan
4	VI	VMC	Penggerek Batang	Terdapat lubang pada batang tebu sehingga batang tebu menjadi busuk dan gampang patah
			Belalang Hijau	Memakan tepi daun sehingga menghambat fotosintesis
			Ulat Daun	Memakan daun di bagian tengah

Sumber : (Santoso *et al.*, 2025)

Berdasarkan Tabel 10.1 maka dapat di ketahui serangan dari beberapa jenis hama penting yang menyerang tanaman tebu. Untuk dapat melihat secara visual serangan hama pada tanaman tebu berdasarkan hasil penelitian (Santoso *et al.*, 2025), maka dapat di lihat pada Gambar. 10.8, Gambar. 10.9, Gambar. 10.10, Gambar. 10.11, dan Gambar. 10.12 berikut ini :



Gambar 10. 8 Serangan Hama Uret

(Sumber : Santoso *et al.*, 2025)



Gambar 10. 9 Serangan Hama Penggerek Batang

(Sumber : Santoso *et al.*, 2025)



Gambar 10. 10 Serangan Hama Kutu Putih

(Sumber : Santoso *et al.*, 2025)



Gambar 10. 11 Serangan Hama Belalang Hijau

(Sumber : Santoso *et al.*, 2025)



Gambar 10. 12 Serangan Hama Ulat Daun

(Sumber : Santoso *et al.*, 2025)

D. Jenis-jenis Penyakit Utama pada Tanaman Tebu

1. Penyakit Luka Api (*Ustilago scitaminea* Sydow.)

Penyakit luka api (*U. scitaminea* Sydow.) merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman tebu. Penyebaran penyakit ini dapat berlangsung cepat dikarenakan spora pada patogen dapat tersebar melalui tiupan angin, hujan, dan juga alat-alat pertanian yang di gunakan. Ciri dari serangan penyakit luka api yaitu di mulai dari mata tunas, baik pada mata tunas yang telah jadi atau tumbuh, maupun mata tunas yang masih dalam bentuk bagal. Penyakit luka api ini terbukti secara signifikan mempengaruhi pertumbuhan tanaman tebu, dan mengurangi hasil capaian produktivitas tanaman tebu (Nzioki *et al.*, 2010) Penyakit luka api ini di tandai dengan terdapatnya serangan yang mengakibatkan infeksi dan perkembangan cambuk luka api pada daerah-daerah seperti daerah apical. Untuk dapat melihat serangan penyakit luka api (*U. Scitaminea*) pada tanaman tebu, maka dapat di lihat pada Gambar. 13 berikut ini:



Gambar 10. 13 Penyakit luka api yang disebabkan jamur *Ustilago scitaminea* Sydow

2. Jenis-Jenis Penyakit Dan Gejala Serangannya Pada Tanaman Tebu

Berdasarkan hasil penelitian dari (Santoso *et al.*, 2025) jenis-jenis penyakit pada tanaman tebu dan gejala serangannya dapat dilihat pada Tabel 10.2 yaitu sebagai berikut:

Tabel 10. 2 Jenis-Jenis Penyakit dan Gejala Serangannya Pada Tanaman Tebu

No	Blok	Varietas	Jenis Penyakit	Gejala Serangan
1	I	BL	Karat Daun	Daun menjadi bercak-bercak coklat dan merah, dan menyerang daun sepanjang 5-40 cm, biasanya menyerang daun ruas bawah
2	V			
3	IX			
4	IX	TLH	Luka Api	Pucuk daun mati seperti terbakar mengakibatkan daun tebu menjadi berwarna hitam dan dipenuhi spora
			Karat Daun	Daun menjadi bercak-bercak coklat dan merah, dan menyerang daun sepanjang 5-40 cm, biasanya menyerang daun ruas bawah

5	VI	VMC 86-556	Lepuh Daun	Daun seperti melepuh akibat terserang bakteri <i>Xanthomonas albininiens</i>
			Luka Api	Pucuk daun berwarna hitam dipenuhi spora dan berbentuk seperti cambuk
			Bercak Daun	Daun terdapat seperti noda berwarna coklat kekuningan berbentuk oval maupun bulat

(Sumber : Santoso et al, 2025)

Berdasarkan Tabel 10.2 maka dapat di ketahui serangan dari beberapa jenis penyakit penting yang menyerang tanaman tebu. Untuk dapat melihat secara visual serangan penyakit pada tanaman tebu berdasarkan hasil penelitian (Santoso *et al.*, 2025) maka dapat di lihat pada Gambar 10.14, Gambar 10.15, Gambar 10.16, dan Gambar 10.. 17 berikut ini:



Gambar 10. 14 Serangan Daun Lepuh

(Sumber : Santoso *et al.*, 2025)



Gambar 10. 15 Serangan Bercak Daun

(Sumber : Santoso *et al.*, 2025)



Gambar 10. 16 Serangan Karat Daun

(Sumber : Santoso *et al.*, 2025)



Gambar 10. 17 Serangan Luka Api

(Sumber : (Santoso *et al.*, 2025)

E. Strategi Pengendalian Hama dan Penyakit secara Terpadu

Pengendalian Hama Terpadu (PHT) adalah upaya pendekatan secara berkelanjutan, dimana menggabungkan teknik ekologis, biologis, mekanis, dan kimiawi untuk mengurangi populasi OPT hingga tingkat tidak merugikan secara ekonomi. Prinsip-prinsip PHT meliputi:

1. Monitoring dan identifikasi dini terhadap OPT
2. Pengambilan keputusan berbasis ambang ekonomi
3. Penggunaan varietas tahan
4. Konservasi musuh alami
5. Penggunaan pestisida sebagai upaya terakhir dan dilakukan secara selektif

Penyakit dapat di katakan sebagai salah penyebab terjadinya penurunan produksi dan kualitas nira pada tanaman tebu. Penyakit pada tanaman tebu terjadi akibat perubahan sistem tanam, perubahan daerah tanam,

penggunaan jenis varietas yang di tanam, serta terjadinya perubahan kondisi cuaca atau iklim (Yulianti, 2020).

Menurut Yulianti (2020) perubahan terjadinya penyakit dari waktu ke waktu, perlu di antisipasi secara berkelanjutan, agar dapat menekan intensitas ledakan penyakit. Berikut merupakan Langkah-langkah dalam yang dapat di lakukan untuk mengendalikan penyakit, yaitu sebagai berikut:

1. Karantina Tumbuhan dan Sistem Keamanan

Karantina tumbuhan merupakan salah satu upaya pencegahan utama penyebaran suatu penyakit dari suatu daerah ke daerah lain. Langkah awal yang harus di lakukan adalah dengan melakukan kerjasama antara Lembaga Penelitian Pertanian dengan Badan Karantina Pertanian untuk dapat mendeteksi kesehatan benih dan memastikan kualitas benih yang baru di impor. Lembaga penelitian dan karantina memiliki fasilitas dan sumber daya manusia yang ahli dalam mendeteksi keberadaan patogen penyebab penyakit secara akurat dan efisien meskipun berada dalam populasi yang rendah. Saat ini beberapa metode deteksi yang telah di kembangkan sudah cukup banyak, diantaranya yaitu metode serologi maupun biologi yang cepat dan akurat (Yulianti, 2020).

Yulianti (2020) juga menyebutkan bahwa perlakuan air panas menggunakan suhu yang tepat dapat membunuh jamur ataupun bakteri, serta perbanyakan melalui kultur meristem dapat membunuh virus pada benih tebu yang baru di impor.

b. Penggunaan benih sehat dan bebas penyakit

Penggunaan benih yang sehat dan tidak mengandung patogen penyebab penyakit akan menghasilkan tanaman tebu yang sehat dan berproduksi sesuai dengan potensi produksinya. Penyebab terjadinya penyakit pada tanaman tebu adalah salah satunya di sebabkan oleh penyakit sistemik yang di tularkan terutama melalui benih. Oleh karena itu, penggunaan bibit yang sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 7312:2008 adalah langkah yang tepat sebagai pengendalian preventif dari penyebaran penyakit tanaman tebu (Yulianti, 2020).

c. Pergiliran varietas dan penggunaan varietas tahan penyakit

Saat ini pengendalian penyakit yang paling efektif adalah dengan menggunakan varietas yang tahan terhadap serangan patogen penyakit. Pengujian ketahanan suatu varietas baru sangat penting di lakukan agar dapat mendeteksi ketahanan suatu varietas terhadap serangan patogen penyakit. Pengaplikasian molekuler bilogi dan sistem bioteknologi dapat di gunakan sebagai system pemuliaan tanaman konvensional yang mengacu pada pendekatan histopatologi dan biokimia. Hal ini di lakukan agar dapat mengidentifikasi dan memetakan gen sumber ketahanan sebelum melakukan persilangan (Yulianti, 2020)

Menurut Nurlinda & Yulianti, (2018)strategi pengelolaan hama dan penyakit pada tanaman tebu terhadap perubahan iklim yang terjadi di Indonesia perlu di lakukan sebagai perhatian para pelaku dan stakeholder industri tebu. Fenomena perubahan iklim ini, terjadi karena ulah manusia dalam proses pengelolaan lingkungan, di antaranya adalah deforestasi, emisi gas, dan pembakaran

biomassa. Perubahan komponen iklim di antaranya adalah peningkatan suhu udara, konsentrasi karbondioksida dalam atmosfer, dan hujan yang saling berpengaruh terhadap tanaman tebu, peningkatan hama, mikro organisme penyebab penyakit tanaman, serta musuh alami herbivora maupun antagonis mikro organisme. Peningkatan suhu udara berpengaruh terhadap perubahan fisiologis pada tanaman tebu yang mengakibatkan terjadinya peningkatan infestasi serangga herbivora dan infeksi patogen penyebab penyakit tanaman tebu. Peningkatan karbondioksida di atmosfer dapat menurunkan sistem ketahanan tanaman, sehingga dapat memicu terjadinya *out break* dan berpengaruh positif, negatif, maupun tidak berpengaruh terhadap perkembangan penyakit tanaman tebu. Perubahan iklim menghancurkan sistem pengelolaan serangan hama dan penyakit tanaman tebu agar dapat dilakukan penerapan mitigasi maupun adaptasi perubahan iklim untuk memperoleh hasil produksi yang optimal sesuai dengan potensi produksinya serta kultur teknis budidaya tanaman tebu yang berkelanjutan.

Berikut merupakan strategi pengendalian serangga hama dan penyakit tanaman tebu, serta pengendalian penyakit tanaman tebu dalam menghadapi perubahan iklim global, yaitu sebagai berikut:

1. Strategi pengendalian serangga hama dan penyakit tanaman tebu

Tanaman tebu sangat peka terhadap perubahan iklim yang terjadi. Oleh karena itu, perubahan iklim yang terjadi dapat berpengaruh terhadap hasil produktivitas tanaman tebu. Hal ini dapat di atasi dengan melakukan pengembangan varietas tebu yang cepat beradaptasi terhadap perubahan

iklim, melakukan persiapan lahan sesuai dengan kelas kesesuaian lahan dan pola tanam yang benar, pengelolaan hama dan penyakit secara optimal, serta pengelolaan manajemen air yang tepat sebagai tindakan mitigasi dan adaptasi dalam menghadapi perubahan iklim (Nurlinda & Yulianti, 2018).

Pengembangan varietas tahan hama dan penyakit tanaman tebu, memanfaatkan peranan musuh alami, praktik agronomi yang mendukung konservasi musuh alami merupakan bagian dari tindakan pengelolaan hama dan penyakit secara efektif. Dengan memperhatikan dan menerapkan sistem monitoring serta deteksi preventif terkait dengan potensi perubahan iklim yang dapat berpengaruh terhadap intensitas ledakan hama dan penyakit tanaman tebu, maka dapat menjadi langkah yang tepat sebagai strategi pengendalian hama dan penyakit terpadu pada tanaman tebu (Nurlinda & Yulianti, 2018).

Selain itu, Nurinda & Yulianti (2018) juga menyebutkan bahwa sistem pengelolaan hama pada tanaman tebu dapat dilakukan secara biologis atau hayati, yaitu dengan memanfaatkan musuh alami (parasitoid dan predator). Hal ini dapat diwujudkan dengan cara konservasi musuh alami ke dalam lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan dan perkembangbiakan musuh alami di sekitar vegetasi tanaman tebu. Pendekatan ini dilakukan dengan cara pengembangan varietas volatile yang dapat diterima oleh parasitoid dan predator untuk dapat menemukan tempat tinggal atau inang serta menemukan makanan. Penanaman keragaman vegetasi seperti tanaman berbunga yang dapat menghasilkan nektar bagi parasitoid dan predator juga dapat meningkatkan populasi musuh alami pada agroekosistem yang dibuat. Sistem pemantauan

hama dan penyakit tanaman tebu juga dapat di kembangkan untuk mendukung analisis risiko terjadinya *out break* hama pada kondisi perubahan iklim yang berbeda, sehingga *break* hama dapat diantisipasi dari kehilangan hasil dan kerugian ekonomi yang di akibatkan hama dan penyakit yang menyerang.

2. Pengendalian penyakit tanaman tebu dalam menghadapi perubahan global

Penyebab terjadinya penyakit pada tanaman tebu salah satunya adalah akibat dari perubahan iklim yang terjadi. Beberapa penyakit tanaman tebu seperti penyakit luka api, penyakit mosaik bergaris terjadi akibat dari perubahan iklim seperti kecepatan angin yang dapat membawa patogen penyebab penyakit luka api dan kenaikan suhu udara yang dapat mempercepat perkembangan penyakit mosaik bergaris. Untuk dapat mengendalikan penyakit tersebut, perlu menggunakan varietas tahan penyakit tanaman tebu yang mampu beradaptasi terhadap perubahan iklim. Selain itu, untuk mencegah serasah yang dapat digunakan oleh patogen sebagai sumber makanan dan tempat bertahan hidup, maka buang dan sanitasi seludang pada tanaman tebu secara berkala dan lakukan pemberian antagonis pada bagian serasah daun (Nurlinda & Yulianti, 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Geetha, M., Kalyanasundaram, J., & Jayara, J. (2018). Pest of Sugarcane: Pest and Their Management. *Pest of Sugarcane: Pest and Their Management. Singapore (SG): Springer*, 241–330.
- Muliasari, A. A., & Trilaksono, R. (2020). Insidensi Hama Dan Penyakit Utama Tebu (*Saccharum officinarum* L) DI PT PG Rajawali Ii Jatitujuh Majalengka. *Jurnal Sains Terapan*, 10(1), 40–52.
<https://doi.org/10.29244/jst.10.1.40>
- Nurlinda, & Yulianti, T. (2018). Strategi Pengelolaan Serangga Hama dan Penyakit Tebu dalam Menghadapi Perubahan Iklim Nurindah dan Titiek Yulianti. Balai Penelitian Tanaman Pemanis Dan Serat, 10(1), 39–53.
<https://doi.org/10.21082/btsm.v9n1.2018.39-54>
- Nzioki, H. S., Jamoza, J. E., Olweny, C. O., & Rono, J. K. (2010). *Characterization of physiologic races of sugarcane smut (Ustilago scitaminea) in Kenya. African Journal of Microbiology Research*, 4(16), 1694–1697.
<http://www.academicjournals.org/ajmr>
- Santoso, D. N., Panjaitan, F. J., Humoen, M. I., & Ri, U. P. (2025). Prosiding Seminar Nasional Kontribusi Vokasi 2 Tahun 2025 Identifikasi Hama Dan Penyakit Tanaman Tebu (*Sacharum Officinarum* L.) Di Kebun Mumbul, PTPN I Regional 5, Jawa Timur.
- Silalahi, A. V. (2024). Kebijakan pengembangan tebu menuju swasembada gula konsumsi.
<https://epublikasi.pertanian.go.id/>

- Subiyakto, S. (2017). Hama Penggerek Tebu dan Perkembangan Teknik Pengendaliannya. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 35(4), 179.
- Wibawanti R. 2019. Pengendalian Hama Tikus Pada Tanaman Tebu Dengan Anjing Pemburu.
- Yulianti, T. (2020). Status Dan Strategi Teknologi Pengendalian Penyakit Utama Tebu Di Indonesia *Status and Control Strategy of Important Sugarcane Diseases In Indonesia*. Balai Penelitian Tanaman Pemanis Dan Serat Indonesian *Sweetener and Fiber Crops Research Institute*, 19(1), 1–16.

BAB 11

PERAN EKONOMI TEBU DALAM PEREKONOMIAN NASIONAL DAN DAERAH

Oleh Ir. Pantja Siwi V R Ingesti, M.P.

A. Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai negara yang memiliki lahan pertanian dengan kondisi tingkat kesuburan relatif subur. Menurut pakar ilmu tanah Nurhajati Hakim, "Secara keseluruhan pulau di Indonesia tanahnya hanya terdiri dari ultisol atau merah kuning dan gambut yang rata-rata memiliki tingkat kemasaman yang tinggi, sehingga kurang baik untuk ditanami tumbuhan". Wilayah Jawa, Bali, hingga Nusa Tenggara didominasi oleh gunung berapi aktif sehingga jenis tanah yang lebih banyak ditemukan yaitu Tanah Andisols yang relatif lebih subur.

Keberadaan kondisi lahan yang berbeda antar wilayah membawa dampak pada jenis komoditas pertanian yang berbeda. Begitu juga dengan jenis komoditas perkebunan yang menjadi andalan Indonesia untuk salah satu sumber devisa negara. Subsektor perkebunan bahkan menyumbang nilai ekspor terbesar, melampaui sektor migas (BPS, 2022), dengan jutaan petani kecil yang terlibat dan menciptakan lapangan kerja, baik langsung maupun tidak langsung. Pelaksana Tugas (Plt) Direktur Jenderal Perkebunan, Heru Tri Widarto, menyebutkan bahwa kelapa sawit, karet, kakao,

kopi, dan teh merupakan komoditas unggulan yang menyumbang devisa besar sekaligus menyerap banyak tenaga kerja. Selain itu, tebu (*Saccharum officinarum* Linn.) juga termasuk komoditas perkebunan andalan di Indonesia.

Penanaman tebu di Indonesia dimulai pada masa tanam paksa (tahun 1870) yang kala itu memberikan keuntungan besar bagi kas negara pemerintahan kolonial Belanda. Setelah sistem tanam paksa dihentikan, perkebunan tebu dikelola oleh pengusaha-pengusaha swasta. Perluasan perkebunan tebu tidak pernah melampaui Pulau Jawa karena jenis tanaman ini dan pola pertanian di wilayah tersebut dianggap paling sesuai. Sejak tahun 1940-an, daerah jantung perkebunan tebu berkembang di pesisir utara Cirebon hingga Semarang, dari kawasan sebelah Gunung Muria hingga Madiun dan Kediri, serta dari Probolinggo hingga Malang melalui Pasuruan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Gula Indonesia (P3GI) di Pasuruan telah berperan penting dalam penelitian untuk menghasilkan varietas tebu unggul.

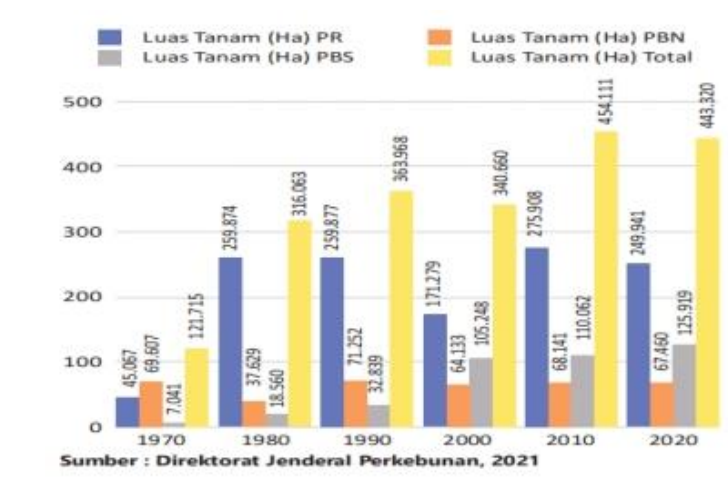
B. Pentingnya Produksi Dan Produktivitas Tebu

Telah diketahui oleh sebagian besar penduduk Indonesia bahwa Perkebunan merupakan salah satu sub sektor pertanian yang memiliki peran penting untuk mendukung perekonomian, terutama dalam meningkatkan kesejahteraan ekonomi petani kecil. Tebu sebagai salah satu komoditas sub sektor perkebunan, berhubungan erat dengan permintaan gula yang terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan industri makanan. Hal ini memberi peluang besar untuk meningkatkan kapasitas produksi gula.

Tantangan utama yang terus dihadapi petani tebu adalah fluktuasi harga tebu, yang dapat berdampak signifikan terhadap pendapatan mereka. Harga tebu yang tinggi memberikan keuntungan, sedangkan harga yang rendah berdampak negatif terhadap pendapatan petani. Selain harga, faktor rendemen dan biaya produksi juga berperan besar dalam menentukan pendapatan. Dalam pengelolaan tanaman tebu, petani telah berupaya semaksimal mungkin. Namun, pertumbuhan produksi gula selama ini masih relatif kecil dibandingkan dengan peningkatan konsumsi. Menurut data BPS (2019), rata-rata kenaikan produksi gula hanya 3,58% per tahun, sedangkan konsumsi meningkat hingga 4,86% per tahun. Akibatnya, Indonesia saat ini menempati urutan ke-12 produsen gula dunia sekaligus menjadi salah satu pengimpor gula terbesar. Peningkatan konsumsi gula di Indonesia dari tahun ke tahun dipengaruhi oleh pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan kebutuhan, sehingga diperlukan keseimbangan antara produksi dan konsumsi gula.

Dalam lima dekade terakhir, luas tanam tebu cenderung mengalami peningkatan. Pada tahun 1970, luas tanam tebu Indonesia seluas 121.715 Ha dan pada tahun 2020, luas tanam tebu Indonesia mencapai 443.320 Ha, dan diprediksi akan terus mengalami peningkatan di masa yang akan datang. Hal ini dikarenakan tingginya tingkat permintaan tebu untuk memenuhi kebutuhan bahan baku berbagai subsektor industri. Berdasarkan kepemilikannya, perkebunan tebu di Indonesia terbagi menjadi Perkebunan Besar (PB) dan Perkebunan Rakyat (PR). Perkebunan Besar terdiri dari Perkebunan Besar Negara (PBN) dan Perkebunan Besar Swasta (PBS). Pada tahun 2020, PR diperkirakan mendominasi 56,37% dari total luas tanam

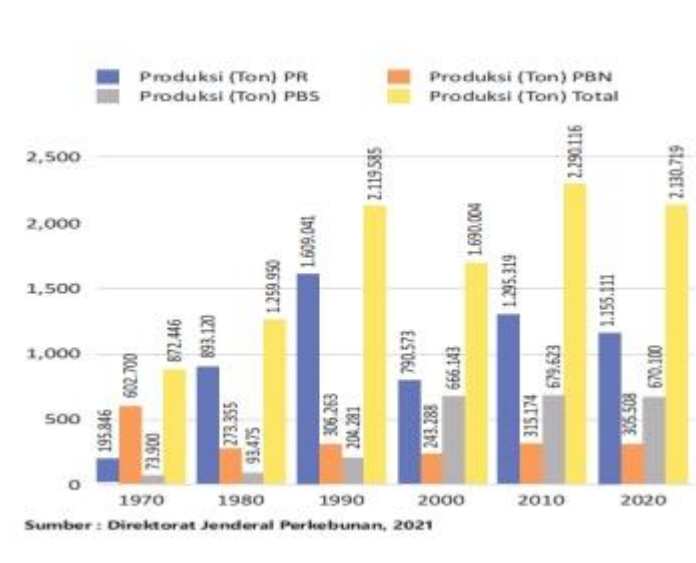
tebu nasional, sementara PBN menguasai 15,21% dan PBS sebesar 28,4%. Gambar berikut memperlihatkan perkembangan luas areal tanam tebu di Indonesia dari tahun 1970 hingga 2020 (Anonim, 2021).



Gambar 11. 1 perkembangan luas areal tanam tebu di Indonesia dari tahun 1970 hingga 2020

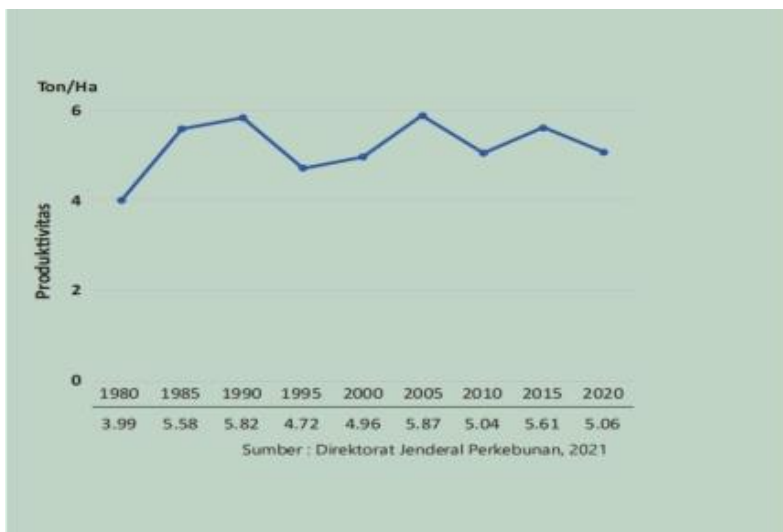
Perkebunan tebu di Indonesia tersebar di tiga pulau, yaitu Pulau Jawa, Pulau Sumatera, dan Pulau Sulawesi serta perkebunan skala kecil yang terdapat di Kepulauan Nusa Tenggara. Pulau Jawa mendominasi dengan 56,9 % luas tanam tebu nasional yang setara dengan 252.513 Ha. Adapun pulau dengan luas areal terkecil adalah Kepulauan Nusa Tenggara dengan luas areal 3.532 Ha.

Produksi tebu di Indonesia didokumentasikan setiap tahunnya oleh Direktorat Jenderal Perkebunan (Ditjenbun) Kementerian Pertanian dan Badan Pusat Statistik. Adapun bentuk hasil produksi yang diukur adalah tebu yang sudah diolah menjadi gula tebu dalam bentuk gula kristal putih (GKP) oleh Pabrik Gula. Sejalan dengan peningkatan luas areal tebu, produksi gula tebu di Indonesia cenderung mengalami peningkatan. Data Ditjenbun mencatat terjadinya peningkatan produksi gula tebu dalam kurun waktu 50 tahun terakhir. Pada tahun 1980 terdata sebanyak 833,900 ton gula tebu diproduksi dan meningkat menjadi 2.130.719 ton pada tahun 2020. Adapun pada tahun rentang waktu 1990 hingga 2000, terjadi penurunan yang signifikan pada produksi gula tebu di Indonesia yang juga bersamaan dengan terjadinya krisis ekonomi di Indonesia.



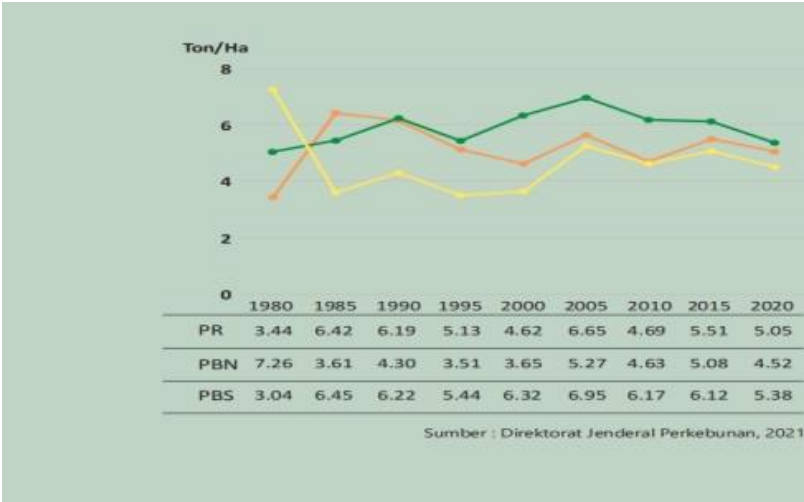
Gambar 11. 2 Produksi Gula Tebu

Produksi gula tebu PBS menunjukkan peningkatan yang signifikan dari tahun ke tahun. Adapun produksi gula tebu nasional mengalami peningkatan dalam rentang waktu 1970 hingga 1990 sebelum mengalami penurunan produksi lebih dari separuh totalnya pada tahun 2000. Meskipun demikian, produksi gula kristal putih nasional tetap menunjukkan trend positif pada tahun berikutnya. Tren ini didukung oleh peningkatan yang cukup signifikan khususnya pada perkebunan rakyat yang pada periode tahun 2000 - 2010 mengalami peningkatan sebesar 504.746 ton. Selain itu, peningkatan juga terjadi di perkebunan negara dan perkebunan swasta, walaupun tidak signifikan.



Gambar 11. 3 Produktivitas tebu

Produktivitas tebu diukur dari luas lahan produktif dan hasil produksinya. Oleh karena itu, produktivitas menggambarkan tingkat efisiensi dan optimasi penggunaan lahan perkebunan tebu. Dengan kata lain, Peningkatan produktivitas menunjukkan peningkatan produksi melalui intensifikasi pertanian. Dalam gambar di bawah ini dapat diketahui produktivitas tebu pada Perkebunan Negara, Perkebunan Besar Swasta dan Perkebunan Rakyat



Gambar 11. 4 produktivitas tebu pada Perkebunan Negara, Perkebunan Besar Swasta dan Perkebunan Rakyat

Produktivitas tebu untuk Perkebunan Besar Swasta (PBS) di Indonesia pada tahun 1980 - 2017 terlihat lebih baik jika dibandingkan dengan produktivitas tebu yang berasal dari Perkebunan Rakyat (PR) dan Perkebunan Besar Negara (PBN). Rata-rata produktivitas tebu PBS pada periode 1980 - 2020 mencapai 2,71 ton/Ha. Sementara untuk tebu PR dan PBN hanya memiliki rata-rata produktivitas 2,62 ton/ha dan 0,29 ton/ ha. Secara umum, rata-rata produktivitas tebu di Indonesia pada periode tahun 1980-2020 adalah sebesar 1,58 ton/ha.

C. Gambaran Pemenuhan Kebutuhan Gula Domestic di Era Global

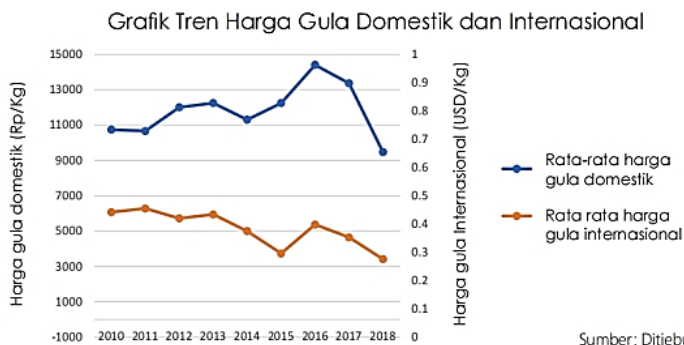
Produksi tebu menjadi harapan bagi petani tebu, semakin meningkat produksi tebu maka petani berharap semakin

tinggi pendapatan yang akan didapatkan oleh petani tebu. Produksi tebu yang tinggi ditentukan oleh varietas tebu yang ditanama unggul atau tidak. Keunggulan varietas tebu paling tidak menjamin pada ketahanan tebu terhadap hama penyakit, perakarannya kuat sehingga tidak mudah ambruk apabila diterpa angin, selain itu juga ditentukan oleh perawatannya dari mulai pemupukan, pengendalian gulma pembumbunan, klenetek pengendalian hama dan penyakit. Setiap Upaya yang dilakukan oleh petani untuk berusaha mendapatkan produksi tebu yang selalu meningkat, akan tetapi dalam tanaman tebu besarnya pendapatan petani tebu tidak hanya tergantung pada besar kecilnya tebu akan tetapi juga dipengaruhi oleh besarnya rendemen tebu dan dan harga gula pasir. Produksi dan produktivitas tebu akan menentukan pendapatan tebu sehingga petani selalu berusaha untuk mendapatkan produksi yang optimal. Kendala yang dihadapi petani tebu diantaranya mayoritas lahan tebu adalah lahan kering dengan produktivitas lebih rendah dari lahan sawah, ditambah lagi proporsi tanaman keprasan lebih besar, mutu bibit tidak optimal, sistem terbang angkut yang tidak optimal dan adanya gangguan hubungan antara pabrik gula dan petani (Muslim, *Agro Ekonomi* Vol. 24/No. 1 Juni 2014 55 2003:283: Siagian, 2004:56).

Kondisi yang demikian akan menjadikan petani patah semangat dan kemungkinan akan beralih pada komoditas pangan lainnya yang lebih cepat mendapatkan uang untuk memenuhi kebutuhan keluarga. Oleh karena itu untuk mengantisipasi terjadinya penurunan semangat petani maka ada beberapa hal yang harus diperhatikan, diantaranya jaminan harga tebu dan gula yang menguntungkan bagi petani, peningkatan produksi melalui

penanaman bibit tebu yang berkualitas, ketersediaan pupuk bersubsidi, revitalisasi PG yang menjamin produksi gula yang optimal.

Gambaran harga gula di Indonesia 10 tahun terakhir dapat dilihat pada perilaku grafi di bawah ini.

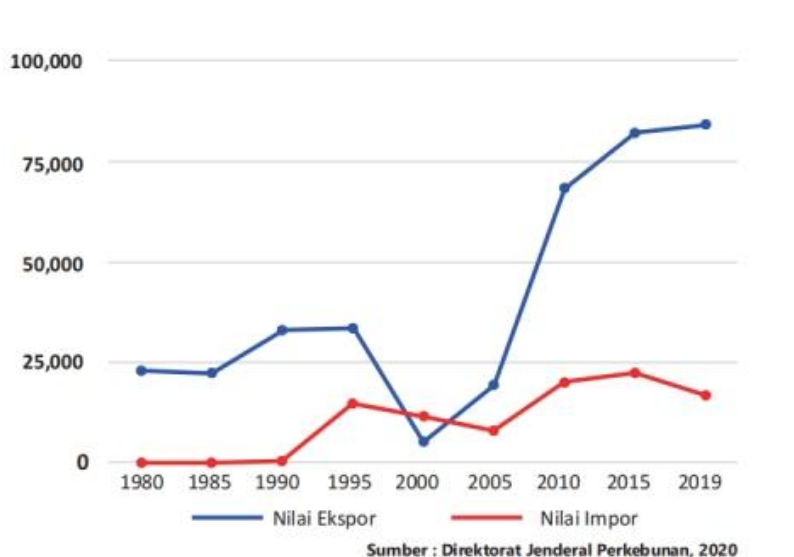


Gambar 11. 5 Gambaran harga gula di Indonesia 10 tahun terakhir

Fluktuasi harga tebu domestik menjadikan petani tebu tetap bertahan, karena bagi petani berusaha tani tebu adalah *way of life* yang akan selalu ditekuni. Bagi Sebagian besar petani tebu yang terpenting adalah tebu memberikan produksi dan apabila masuk ke Pabrik Gula akan mendapatkan gula dan akan dijual melalui Lelang dan mendapatkan sejumlah uang yang layak.

Pada gambar di atas rata-rata harga gula domestik lebih tinggi dibandingkan rata-rata harga gula internasional. Petani apabila dilihat dari rata-rata harga domestik dapat dikatakan bahwa petani mendapatkan keuntungan yang cukup besar dibandingkan apabila dilihat dari rata-rata harga internasional. Tingginya harga yang diperoleh petani menjadi petani lebih bersemangat dalam berusaha tani tebu. Akan tetapi apabila pemerintah melakukan impor gula

dikarenakan kebutuhan gula di dalam negeri mengalami kekurangan maka petani akan menurun semangatnya. Dengan rata-rata harga gula internasional lebih rendah dari pada rata-rata harga gula domestik merupakan kesempatan pemerintah untuk mengimpor gula dengan dalih untuk memenuhi kebutuhan gula nasional.



Gambar 11. 6 Nilai Impor Ekspor produk turunan tebu tarunan tebu di Indonesia tahun 1980 -2019

Sudah dikenal luas bahwa sampai saat ini Indonesia merupakan negara dengan volume impor gula tebu mentah terbesar di dunia. Pada tahun 2017, Indonesia mengimpor gula tebu sebanyak 4,599,050 ton yang disusul oleh China dan Amerika Serikat dengan volume impor gula masing-masing sebesar 2,618,887 ton dan 2,401,780 ton. Jika dilihat dalam perspektif global, volume impor gula tebu Indonesia merupakan 16% dari akumulasi volume impor dunia.

Dengan ketergantungan terus menerus pada ekspor gula akan berdampak pada turunnya semangat petani dalam melakukan budidaya tanaman tebu. Oleh karena itu pemerintah harus segera mengambil tindakan untuk meningkatkan produktivitas tanaman tebu sehingga produksi tebu bisa naik dan juga diikuti dengan meningkatnya harga tebu atau gula pasir. Kebijakan pemerintah yang dilakukan adalah mencapai program swasembada gula sebagai suatu upaya untuk memenuhi kebutuhan konsumsi gula nasional melalui produksi gula yang bersumber dari areal tebu rakyat dan tebu swasta. Pengertian umum swasembada untuk suatu produk di suatu negara akan tercapai apabila secara netto jumlah produk dalam negeri minimal mencapai 90% dari jumlah konsumsi domestiknya, baik untuk memenuhi konsumsi rumah tangga, industri maupun neraca perdagangan gula nasional.

Tujuan Program Swasembada Gula

1. Memenuhi kebutuhan gula nasional secara keseluruhan, baik untuk konsumsi langsung maupun industri;
2. Mendayagunakan sumberdaya/aset secara optimal berdasarkan prinsip 1.
3. Meningkatkan kesejahteraan petani/ produsen dan *stakeholder* lainnya;
4. Memperluas kesempatan kerja dan peluang berusaha di kawasan pedesaan, sehingga secara nyata berdampak positif terhadap pemberantasan kemiskinan.

Pemerintah melalui Kementerian Pertanian, Kementerian Perindustrian, dan Kementerian BUMN tengah mendorong program swasembada gula yang ditargetkan tercapai pada 2028. Guna tercapainya swasembada gula nasional, pemerintah mempersiapkan berbagai langkah

yang ditujukan untuk meningkatkan produksi tebu dan gula, khususnya di tingkat pekebun dan pengolahan. Beberapa upaya tersebut akan dilaksanakan melalui berbagai program, diantaranya adalah sebagai berikut. Beberapa langkah yang ditempuh antara lain:

1. Penambahan luas areal tebu: Pemerintah mempersiapkan pembukaan lahan seluas 600.000 Ha setiap tahunnya. Adapun perluasan area tebu akan dilaksanakan di luar Pulau Jawa.
2. Revitalisasi usahatani tebu: Pemerintah akan mendorong dan mendukung penemuan varietas tebu baru yang unggul dan menyesuaikan karakteristik lahan di daerah masing-masing. Selain itu, akan digalakkan pula penerapan rawat ratoon
3. Revitalisasi Pabrik Gula (PG) BUMN: Dari 52 PG di Indonesia, hanya 10 PG yang berjalan dengan optimum
4. Pembangunan pabrik gula baru: yang sudah tua di PG BUMN dengan mesin baru; Pemerintah akan membuka 10 PG gula baru yang tersebar di berbagai pusat produksi tebu di Indonesia. PG baru diharapkan mampu memproduksi 30.000 ton gula tebu setiap harinya. Penambahan PG gula baru juga diharapkan mampu meningkatkan rendemen dari 7,5% menjadi 11-12%.
5. Penguatan kemitraan antara petani dan pabrik gula.
6. Introduksi varietas tebu unggul berproduktivitas tinggi.

D. Tantangan Budidaya Tebu di Indonesia

Selama ini kita mengenal tebu sebagai bahan baku Pabrik Gula yang akan memproses nira tebu menjadi gula kristal putih (GKP) dan menjadi salah satu kebutuhan pangan bagi

sebagian besar penduduk di Indonesia dan juga di dunia. Seiring dengan bertambahnya penduduk maka bertambah pula permintaan gula, baik untuk konsumsi penduduk maupun untuk produksi pangan. Produksi gula dalam beberapa tahun terakhir sebesar, tahun 2020 sebesar: 2,1 juta ton, tahun 2021 sebesar : 2,2 juta ton dan tahun 2023 sebesar: 2,3 juta ton. Walaupun produksi gula meningkat akan tetapi belum mencukupi kebutuhan gula nasional. Konsumsi gula di Indonesia dapat dibagi menjadi dua kategori utama: konsumsi rumah tangga dan konsumsi industri. Berikut adalah data konsumsi gula di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir: 2020: 5,8 juta ton, 2021: 6 juta ton dan 2022: 6,2 juta ton (Wahyu Heriyawan, 2024).

Ketimpangan jumlah permintaan dan produksi gula nasional terjadi dikarenakan beberapa sebab, diantaranya

1. Pertumbuhan penduduk yang semakin bertambah tentunya akan berdampak pada meningkatnya kebutuhan gula
2. Pertumbuhan industri ; perkembangan industri makanan dan minuman di Indonesia seiring dengan pertumbuhan penduduk membutuhkan pasokan gula yang meningkat pula
3. Perubahan pola konsumsi gula; semakin majunya teknologi maka akan berpengaruh pada perubahan pola konsumsi gula. Berbagai penawaran jenis minuman dan makanan membawa konsekuensi pada meningkatnya permintaan gula.

Dengan demikian hal ini merupakan tantangan bagi Indonesia untuk meningkatkan produksi gula melalui budidaya tanaman tebu yang dapat menjadi sumber pendapatan dan peningkatan kesejahteraan petani tebu.

Budidaya tanaman tebu yang dikelola oleh rakyat dilahan petani baik itu lahan milik sendiri maupun lahan yang diperoleh dengan sewa akan menghasilkan produksi tebu sesuai dengan luasan lahan yang digarap. Produksi tebu yang didapatkan petani merupakan suatu sumber pendapatan utama petani, sehingga besar kecilnya produksi yang diterima petani sesuai dengan pengelolaan yang dilakukan petani. Perkembangan produksi gula dari tahun 2019 sampai dengan 2023 cenderung mengalami fluktuasi.

Pada tahun 2020 produksi gula sebesar 2,12 juta ton menurun sebesar 103,65 ribu ton (4,65 persen) dibandingkan tahun 2019. Selanjutnya pada tahun 2021 terjadi peningkatan dibandingkan tahun 2020 sebesar 224,93 ribu ton (10,60 persen) menjadi 2,35 juta ton. Pada tahun 2022 dibandingkan tahun 2021 juga mengalami peningkatan sebesar 54,32 ribu ton (2,31 persen) menjadi 2,40 juta ton. Sedangkan pada tahun 2023 produksi gula menurun sebesar 168,41 ribu ton (7,01 persen) dibandingkan tahun 2022 (BPS, 2023).

E. Ekonomi Tebu Nasional dan Global

Tebu merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki peran penting dalam mendorong perekonomian global. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi gula lokal menunjukkan tren kenaikan yang relatif stabil. Penurunan produksi hanya terjadi pada tahun 2020 akibat dampak pandemi Covid-19, namun kembali meningkat pada tahun 2021. Menurut data *Food and Agriculture Organization* (FAO), Brasil menjadi produsen tebu terbesar di dunia dengan total produksi mencapai 42,05 juta metrik ton pada tahun 2021. Sementara itu, Indonesia menempati peringkat ke-9 produsen tebu

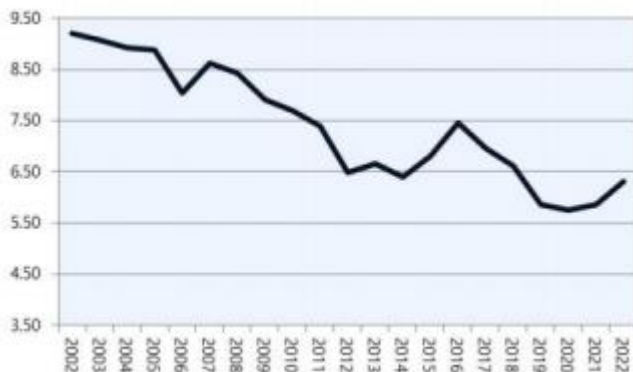
terbesar di dunia, dengan total produksi sebesar 28,9 juta ton pada tahun 2020.

Tren produksi gula nasional nampak meningkat terus, akan tetapi ini belum sebanding dengan kebutuhan konsumsi secara nasional. Dengan demikian terdapat peluang besar yang bisa dikembangkan pada budidaya tebu terutama di lahan petani. Semangat petani untuk pengembangan tebu harus terus didorong untuk meningkatkan produksi tebu dan pendapatan rumah tangga petani. Oleh karena itu pemerintah harus terus membuat kebijakan yang memihak pada petani agar petani tidak beralih pada komoditas lain. Salah satu yang dapat dilakukan pemerintah adalah kebijakan harga gula tebu yang bisa meningkatkan pendapatan dan tingkat kesejahteraan petani.

Permasalahan yang akan dihadapi penduduk di dunia ke depannya adalah masalah yang berkaitan dengan pemenuhan kebutuhan pangan akibat bertambahnya jumlah penduduk dunia. Pertambahan penduduk tidak sebanding dengan ketersediaan kebutuhan pangan, dengan demikian upaya untuk pemenuhan kebutuhan pangan salah satunya gula melalui program swasembada pangan penting untuk diwujudkan.

Berdasarkan data Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) yang dilakukan BPS, konsumsi gula rumah tangga di Indonesia pada periode 2002–2022 menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan dan cenderung mengalami penurunan, dengan rata-rata penurunan sebesar 1,34% per tahun. Penurunan konsumsi terbesar tercatat pada tahun 2012 dibandingkan tahun sebelumnya, yaitu dari 6,476 kg/kapita/tahun pada 2011 menjadi 5,683

kg/kapita/tahun, atau turun sebesar 12,29%. Perkembangan konsumsi gula di Indonesia selama periode tersebut disajikan secara rinci pada Gambar 4.11.

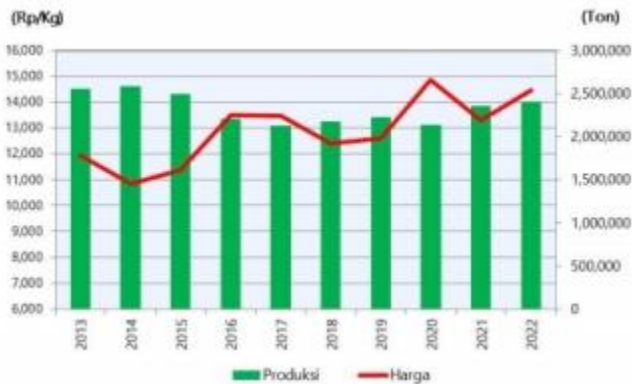


Gambar 11. 7 Perkembangan konsumsi gula per kapita per tahun 2002-2022

Permintaan gula per kapita per tahun bisa dilihat pada gambat di atas mengalami penurunan akan tetapi mulai tahun 2022 mulai mengalami kenaikan. Hal ini perlu diantisipasi mulai sekarang sehingga ketersediaan pangan khususnya gula dapat tersedia dengan cukup aman.

Ketersediaan pangan berpengaruh terhadap harga komoditas, khususnya gula, di mana meningkatnya permintaan akan mendorong kenaikan harga. Selama periode 2013–2022, harga gula di pasar domestik cenderung naik setiap tahun, dengan rata-rata kenaikan sebesar 2,69% per tahun. Peningkatan harga yang cukup signifikan terjadi pada tahun 2020, seiring dengan pandemi Covid-19 yang menyebabkan hambatan pada sisi produksi maupun distribusi. Perkembangan harga eceran gula di

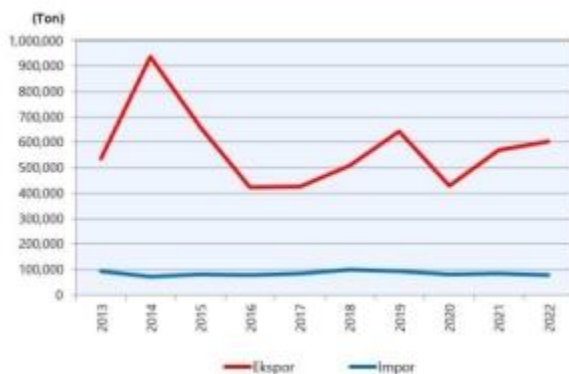
pasar dalam negeri selama periode 1997–2022 disajikan secara rinci pada gambar berikut.



Gambar 11. 8 Perkembangan rata-rata harga gula di pasar Dalam Negeri, 2013-2022

Pada kenyataannya, kebutuhan gula di dalam negeri, baik gula kristal putih untuk konsumsi nasional maupun gula mentah (*raw sugar*) untuk industri pangan, belum dapat sepenuhnya dipenuhi dari produksi domestik. Kondisi ini terjadi seiring pesatnya perkembangan industri makanan dan minuman yang memerlukan gula hablur sebagai bahan baku utama. Akibatnya, kebutuhan gula hablur sebagian dipenuhi melalui impor. Selain itu, produk samping industri gula, yaitu molases, belum sepenuhnya dimanfaatkan sebagai bahan baku industri dalam negeri, misalnya untuk produksi etanol. Sejak 1980, Indonesia telah mengekspor molases ke berbagai negara tujuan. Dalam sepuluh tahun terakhir (2013–2022), volume ekspor molases rata-rata mencapai 574,84 ribu ton per tahun, dengan nilai setara US\$ 78,09 juta. Nilai ekspor tersebut menunjukkan tren peningkatan, dengan rata-rata kenaikan sebesar 9,96% per

tahun. Perkembangan ekspor molases sejak 1988 hingga 2022 ditampilkan pada gambar berikut.

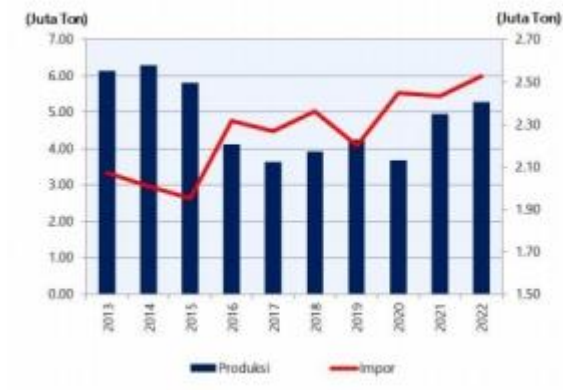


Gambar 11. 9 Perkembangan volume ekspor-impor Molase Indonesia 2013-2022

Realisasi ekspor molases yang lebih tinggi dibandingkan impornya membuat neraca perdagangan molases Indonesia selalu mencatat surplus. Selama sepuluh tahun terakhir (2013–2022), nilai surplus tersebut berfluktuasi namun menunjukkan tren peningkatan, dengan rata-rata pertumbuhan mencapai 14,58% per tahun.

Sementara itu, untuk komoditas gula hablur, Indonesia masih belum mampu memenuhi kebutuhan domestic, baik untuk konsumsi langsung maupun pasokan industri, dari produksi dalam negeri. Kekurangan ini dipenuhi melalui impor, yang selama periode 2013–2022 terus meningkat dengan rata-rata kenaikan sebesar 9,99% per tahun. Pada tahun 2022, volume impor gula mencapai 6,01 juta ton atau senilai US\$3,00 miliar, meningkat 10,13% dari sisi volume dan 25,86% dari sisi nilai dibandingkan tahun sebelumnya.

Perkembangan volume dan nilai impor gula Indonesia secara rinci ditampilkan pada gambar berikut.



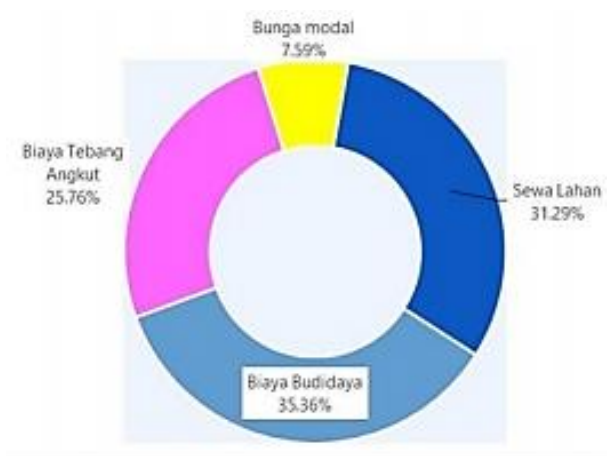
Gambar 11. 10 Perkembangan volume dan nilai impor gula Indonesia

Hasil survei BPP tahun 2023 mengenai biaya usaha tani tebu pada MT 2022/2023 menunjukkan bahwa, apabila petani menanam tebu dari *plant cane* baik di lahan sawah maupun tegalan, komponen biaya terbesar adalah biaya budidaya. Hal ini disebabkan oleh penanaman awal yang mengharuskan pembelian benih atau bibit dengan biaya lebih dari Rp7 juta per hektar. Sementara itu, pada budidaya tebu dari *ratoon cane* (RC) di lahan sawah, biaya terbesar dialokasikan untuk sewa lahan. Adapun di lahan tegalan, pengeluaran untuk sewa lahan dan biaya budidaya relatif sama besar. Tingginya biaya sewa lahan sawah disebabkan produktivitasnya yang lebih tinggi dibandingkan lahan tegalan.



Gambar 11. 11 besaram baiaya produksi Tebu

Berdasarkan hasil survei BPP tahun 2023, biaya pokok produksi tebu pada MT 2022/2023 di Indonesia mencapai Rp50,96 juta per hektar. Komponen biaya terbesar dialokasikan untuk budidaya, yakni Rp18,02 juta per hektar atau 35,36% dari total biaya. Pos berikutnya adalah biaya sewa lahan sebesar Rp15,94 juta per hektar (31,29%), diikuti biaya tebang dan angkut saat panen sebesar Rp13,13 juta per hektar (25,76%), serta biaya bunga modal sebesar Rp3,87 juta per hektar (7,59%)



Gambar 11. 12 Proporsi biaya produksi tebu di Indonesia

Dengan produktivitas tebu nasional sebesar 86,4 ton/ha, biaya pokok produksi (BPP) tebu dihitung mencapai Rp590.001 per ton. Berdasarkan asumsi rendemen 7%, Direktorat Jenderal Perkebunan mengoreksi BPP menjadi Rp589.229 per ton. Dari angka tersebut, ditambahkan margin keuntungan petani sebesar 10%, sehingga diperoleh usulan Harga Pembelian Petani (HPP) tebu sebesar Rp648.152 per ton, yang kemudian dibulatkan menjadi Rp650.000 per ton.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2021), Potret Masa Depan Perkebunan Indonesia 100 Tahun Kemerdekaan Tebu, Direktorat Jendral Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia
- Anonim (2022), Outlook Komoditas Perkebunan Tebu, Pusat Data dan Sistem Informasi, Sekretariat jendral Kementerian Pertanian tahun 2022, ISSN 1907 – 1507
- Anonim (2023), Buku Outlook Komoditas Perkebunan Tebu, Pusat Data dan Sistem Informasi, Sekretariat jendral Kementerian Pertanian tahun 2023, Issn 1907 – 1507
- Anonim (2024), Pentingnya Pertanian Tebu untuk Pengembangan dan Ekonomi Negara
- Nurhayati Hakim (Juni 2021), Tingkat Kesuburan Tanah untuk Lahan Pertanian,

BAB 12

KEBIJAKAN PEMERINTAH DAN TANTANGAN INDUSTRI TEBU DI INDONESIA

Oleh Heri Purwanto, S.T.P., M.Sc

A. Pendahuluan

Indonesia adalah negara agraris yang memiliki sejarah budidaya tebu dan produksi gula yang panjang. Ironisnya, meskipun Indonesia memiliki banyak potensi lahan, iklim tropis yang baik, negara ini masih sangat bergantung pada impor gula. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian Perdagangan, impor gula Indonesia pada tahun 2023 mencapai 5,78 juta ton, termasuk 3,2 juta ton gula rafinasi untuk kebutuhan industri dan sekitar 2,5 juta ton gula kristal putih untuk konsumsi rumah tangga.

Kondisi ini menandakan adanya perbedaan besar antara kebutuhan konsumsi nasional dan kapasitas produksi domestik. Kemandirian gula dihambat oleh banyak faktor, termasuk rendahnya produktivitas lahan tebu, banyak pabrik gula lama yang belum direvitalisasi, dan rendahnya insentif investasi di sektor hulu dan hilir.

Untuk mengatasi permasalahan ini. Pemerintah melalui Peraturan Presiden Nomor 40 Tahun 2023 menetapkan kebijakan salah satunya dalam bentuk Roadmap dengan tujuan besar yaitu swasembada

gula konsumsi pada tahun 2028 dan swasembada gula industri (rafinasi) pada tahun 2030. Hal ini untuk memperkuat kedaulatan pangan nasional dan mengurangi ketergantungan strategis pada impor yang merupakan bagian dari rencana besar pemerintah.

Indonesia memiliki peluang besar untuk membentuk industri gula domestik yang berdaya saing. Tempat-tempat seperti Papua, Sulawesi Selatan, dan Kalimantan Tengah memiliki potensi lahan yang sangat besar untuk ekspansi kebun tebu, daerah ini hanya perlu memiliki infrastruktur dasar dan legalitas lahan yang jelas. Selain itu, perkembangan teknologi digital dan *precision agriculture* membuka peluang efisiensi produksi, mulai dari pemupukan hingga panen mekanis.

B. Kebijakan Pemerintah Terkait Industri Tebu di Indonesia

Seperti yang telah disampaikan sebelumnya dalam rangka swasembada gula, maka pemerintah telah menetapkan kebijakan-kebijakan yang beberapa diantaranya telah dituangkan dalam Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden (Perpres) No. 40 Tahun 2023 dan Keputusan Presiden (Keppres) No. 418 Tahun 2023, dimana kebijakan ini juga menjadi bagian dari strategi ketahanan pangan nasional

1. Kebijakan Ekstensifikasi dan Intensifikasi Pertanian Terkait Lahan Tebu

a. Ekstensifikasi

Pemerintah melakukan kebijakan ekspansi areal tanam untuk meningkatkan produksi gula nasional,

meningkatkan ketahanan pangan, dan mencapai swasembada gula. Kebijakan ini penting karena perkebunan rakyat memproduksi 80-85% tebu nasional, tetapi produktivitasnya masih rendah karena kekurangan modal, infrastruktur, dan teknologi. Strategi yang digunakan dalam mengimplementasikan program ekstensifikasi diantaranya adalah:

1) Penambahan Areal Baru

Di daerah Jawa seperti di Jawa Timur maupun di luar Jawa seperti di Sumatera dan Papua, pemerintah melakukan ekstensifikasi tanaman tebu dengan menggunakan lahan kering, lahan tidur, atau sisa tanaman seperti karet yang tidak produktif.

2) Skema Agro Forestri dan Kemitraan

Untuk menjaga keberlanjutan lahan sekaligus menjaga kelestarian lingkungan, pemerintah mendorong skema kerja sama dengan BUMN dan perhutanan untuk memanfaatkan lahan hutan produksi melalui pola agroforestri.

3) Dukungan teknis

Pemetaan lahan dengan satelit, bantuan benih unggul, kerja sama pembiayaan dengan perbankan, dukungan pupuk, pemberdayaan petani milenial, dan program bongkar ratoon (meremajakan tanaman tebu yang sudah tua) adalah beberapa rencana ekstensifikasi pemerintah.

4) Sinergi Lintas Lembaga

Untuk menerapkan kebijakan ini, pemerintah pusat, pemerintah daerah, BUMN sektor gula, dan organisasi petani dan swasta bekerja sama untuk memastikan

ekstensifikasi berjalan tepat waktu, tepat sasaran, dan menguntungkan petani. Selain itu, pemerintah melakukan pengawasan teknis dan regulatif.

b. Intensifikasi

Intensifikasi lahan tebu adalah pendekatan pemerintah untuk meningkatkan produktivitas tebu per hektare dengan mengoptimalkan metode budidaya, varietas unggul, perbaikan agronomi, dan efisiensi pengelolaan lahan saat ini tanpa menambah luas lahan. Berbeda dengan ekstensifikasi (perluasan lahan), peningkatan hasil panen dan rendemen gula adalah kunci utama intensifikasi. Mengingat keterbatasan lahan baru dan tingkat kompetisi lahan dengan komoditas lain, kebijakan ini sangat penting. Strategi yang digunakan dalam mengimplementasikan program intensifikasi diantaranya adalah:

1) Bongkar Ratoon & Rawat Ratoon

Tanaman tebu harus ditanam ulang (*replanting*) setelah lebih dari tiga atau empat kali kepras, hal ini karena karena produksi mulai menurun secara fisiologis (Bongkar Ratoon). Pemerintah berusaha untuk memperbaharui 20–25% areal tebu nasional setiap tahun melalui program bantuan dana dan benih unggul yang terus dilaksanakan.

Peningkatan pemeliharaan tebu setelah kepras dilaksanakan melalui peningkatan aplikasi pupuk, pengairan, pengendalian hama, dan penggunaan teknologi berbasis presisi untuk menjaga produktivitas selama siklus kepras berikutnya (Rawat Ratoon).

2) Optimalisasi Benih, Pupuk, & Teknologi Budidaya

Pemerintah menyediakan benih tebu unggul untuk mengoptimalkan produksi tebu, disamping itu pemerintah juga memperbaiki sistem distribusi pupuk, mendorong praktik pertanian yang baik (*Good Agricultural Practices*), pengolahan tanah yang tepat, manajemen irigasi, dan mekanisasi lahan. Untuk mempercepat adopsi teknologi varian unggul dan manajemen produksi di kalangan petani, maka perlu juga dilakukan kemitraan dengan pabrik gula dan BUMN (SGN/Sugar Co, PTPN) ditambah dengan pelatihan, pendampingan teknis, dan kemitraan.

2. Kebijakan Pemerintah Terkait Revitalisasi dan Modernisasi Industri Gula

Dalam rangka melakukan revitalisasi dan modernisasi industri gula maka ada beberapa strategi kunci yang dilakukan pemerintah, diantaranya adalah:

a. Revitalisasi Pabrik Gula Eksisting

Sebagian besar pabrik gula di Indonesia, terutama di pulau Jawa kondisinya sudah tua dan mengalami penurunan efisiensi produksi. Disamping itu masalah yang dihadapi pabrik gula adalah rendahnya rendemen gula, dan kapasitas yang tidak optimal. Hal ini menimbulkan tantangan untuk mencapai swasembada gula nasional. Strategi utama pemerintah untuk meningkatkan industri gula nasional adalah dengan kebijakan revitalisasi. Strategi pemerintah dalam revitalisasi pabrik gula eksisting dilakukan dengan beberapa hal diantaranya dengan modernisasi alat, optimalisasi peningkatan kapasitas produksi pabrik dan pendanaan serta insentif.

b. Sinergi dengan Pengembangan Lahan Tebu

Program intensifikasi, yang berarti meningkatkan produktivitas, dan ekstensifikasi, yang berarti memperluas area, dilakukan secara sinergi dengan revitalisasi pabrik gula. Sinergi ini sangat penting untuk memastikan pasokan bahan baku tebu yang cukup dan konsisten untuk pabrik gula, jika tidak, revitalisasi pabrik dapat menjadi kurang efektif.

Untuk menjamin pasokan bahan baku sekaligus memberikan keadilan harga kepada petani, pemerintah memperkuat bentuk kemitraan antara pabrik gula dan petani tebu melalui skema inti-plasma dan kelembagaan koperasi. Dalam model ini, pabrik gula memberikan fasilitas kepada petani plasma terkait dengan pembiayaan, pendampingan teknis, benih unggul, dan sarana produksi. Petani dapat memperoleh lebih banyak pendapatan dengan menjamin ketersediaan bahan baku dan harga pembelian yang lebih kompetitif melalui kemitraan ini. Untuk memenuhi kebutuhan pabrik gula yang ada dan yang akan dibangun, pemerintah memberikan lahan cadangan baru untuk perkebunan tebu dari hutan produksi dan konversi. Proses konversi lahan ini dilakukan dengan mempertimbangkan aspek kelestarian lingkungan dan memastikan ekosistem tetap seimbang.

Revitalisasi pabrik tidak hanya berfokus pada perbaikan mesin dan fasilitas pabrik, tetapi juga terkait dengan pemberdayaan petani dan koordinasi produksi tebu. Diharapkan bahwa pabrik gula dapat menjadi koordinator atas pengelolaan budidaya tebu, termasuk mengatur jadwal tanam, pembibitan, pemupukan, dan

panen untuk memastikan produksi tebu yang terpadu dan berkelanjutan.

Program revitalisasi yang dilakukan pemerintah ini sudah dilaksanakan untuk beberapa pabrik gula yang ada di pulau Jawa dan Sulawesi. Revitalisasi Pabrik Gula Tasikmadu, Pabrik Gula Gempolkrep, dan sejumlah pabrik lain di Jawa Tengah serta revitalisasi dan reaktivasi Pabrik Gula Bone di Sulawesi menjadi program utama pemerintah.

c. Pembangunan Pabrik Gula Baru dan Raktivasi Pabrik Gula lama

Pemerintah Indonesia memiliki kebijakan strategis untuk investasi dan pembangunan pabrik gula baru sebagai bagian dari program percepatan swasembada gula nasional. Hingga 2027, pemerintah menargetkan untuk membangun dan reaktivasi setidaknya sepuluh pabrik gula baru di Jawa dan luar Jawa. Pabrik Gula Bone di Sulawesi akan dimulai pada tahun 2025, Pabrik Gula Sei Semayang di Sumatera Utara pada tahun 2026, Pabrik Gula Tasikmadu dan Pabrik Gula Pangka di Jawa Tengah pada tahun 2027 dan 2028. Sejalan dengan rencana pembangunan ini maka direncanakan akan ada perluasan lahan tebu hingga 500 ribu hektare, yang terdiri dari 200 ribu hektare lahan inti dan 300 ribu hektare lahan plasma.

3. Kebijakan Harga dan Sistem Pembelian

Untuk meningkatkan pendapatan dan rendemen gula petani tebu Indonesia, pemerintah menetapkan kebijakan penetapan harga dan sistem pembelian tebu (SPT). Kebijakan ini dirancang secara menyeluruh dan sistematis

untuk menjaga keseimbangan antara harga gula yang terjangkau bagi konsumen dan kesejahteraan petani.

a. Sistem Pembelian Tebu

Sistem pembelian tebu (SPT), juga dikenal sebagai pembelian tebu secara putus, adalah mekanisme pembelian langsung antara pabrik gula dan petani tebu berdasarkan kualitas tebu yang mereka hasilkan. Dalam sistem ini, petani memperoleh pembayaran tunai yang sesuai dengan kadar rendemen tebu mereka, yang mendorong peningkatan produktivitas dan kualitas tebu mereka. Kebijakan ini menggantikan sistem bagi hasil yang dianggap kurang efektif dan kurang menstimulus peningkatan rendemen.

b. Penetapan Harga Acuan Gula

Pemerintah menetapkan Harga Acuan Penjualan (HAP) gula konsumsi di pasar untuk menjaga stabilitas harga agar harga tidak terlalu tinggi yang dapat menurunkan daya beli masyarakat atau terlalu rendah yang dapat menyurutkan minat petani menanam tebu. Harga ini menjadi batas bawah yang harus dipenuhi oleh pabrik gula ketika mereka membeli tebu dari petani.

c. Penguatan Lembaga Riset dan Inovasi

Pemerintah berusaha mendorong inovasi dalam penciptaan varietas tebu unggul dengan rendemen tinggi dan ketahanan produksi dengan memperkuat lembaga penelitian seperti Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI). Dengan meningkatkan kualitas bahan baku gula dan meningkatkan efisiensi produksi negara, inovasi teknologi ini meningkatkan keberhasilan sistem pembelian tebu. Selain itu, fokus penelitian adalah

teknologi budidaya dan pengolahan terbaru yang dapat meningkatkan nilai dan daya saing produk gula Indonesia di pasar domestik dan internasional.

4. Kebijakan Dukungan Kelembagaan dan Pembiayaan

Salah satu bagian penting dari upaya untuk mempercepat swasembada gula nasional Indonesia adalah kebijakan dukungan kelembagaan dan pembiayaan bagi petani tebu dan industri gula. Kebijakan ini dirancang untuk memperkuat sistem agribisnis gula dari hulu ke hilir dengan tujuan meningkatkan kualitas, produktivitas, pendapatan petani, dan efisiensi pengolahan gula.

Untuk meningkatkan produksi dan kualitas tebu, pemerintah mendorong pembentukan kelembagaan yang kuat dan terintegrasi antara petani tebu dan pabrik pengolahan melalui skema kemitraan inti-plasma dan koperasi. Pola kemitraan ini bertujuan untuk menjamin pasokan bahan baku yang baik bagi pabrik dan juga memberikan perlindungan harga dan pendampingan teknis bagi petani.

5. Diversifikasi Produk Tebu

Pemerintah telah menetapkan Perpres No. 40 Tahun 2023 dan Kepmenko 418 Tahun 2023 yang secara eksplisit mengizinkan pengembangan bioetanol tebu sebagai bahan bakar nabati (biofuel) dan membantu mengurangi emisi gas rumah kaca di negara ini. Target dari pengembangan ini adalah untuk memproduksi minimal 1,2 juta kilo liter bioetanol setiap tahun mulai tahun 2030. Tujuan ini didukung oleh kebijakan lintas kementerian untuk memanfaatkan limbah tebu untuk menghasilkan produk bioenergi dan agroindustri lainnya selain gula.

Di bidang penelitian, lembaga seperti Balai Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) dan perguruan tinggi didorong untuk mempercepat kemajuan dalam proses fermentasi, daur ulang limbah, dan penciptaan varietas tebu yang khusus digunakan untuk pangan dan energi.

6. Kebijakan Impor Gula

Kebijakan impor gula pemerintah Indonesia masih merupakan alat penting untuk menjaga stabilitas pasokan dan harga gula di pasar. Namun, kebijakan ini dirancang dengan hati-hati sehingga tidak mengganggu harga atau kemakmuran petani gula domestik. Untuk menjaga harga gula stabil dan terjangkau bagi konsumen, impor diperlukan untuk memenuhi kekurangan pasokan gula yang disebabkan oleh ketidakseimbangan antara produksi gula nasional dan permintaannya.

Pemerintah melalui Peraturan Menteri Perdagangan menetapkan sistem kuota dan izin yang bertujuan untuk mencegah impor memukul harga gula petani. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian dan DPR RI mengawasi impor dengan ketat untuk memastikan bahwa itu sesuai dengan kebutuhan nasional dan untuk mencegah praktik spekulasi harga yang merugikan konsumen dan petani.

Untuk menjaga stabilitas pasar gula dan memungkinkan petani menerima harga jual yang wajar maka diperlukan kebijakan impor sekaligus melibatkan penegakan harga acuan gula nasional.

C. Tantangan Utama Industri Tebu Indonesia

1. Produktivitas dan Rendemen

Industri tebu di Indonesia menghadapi tantangan utama berupa produktivitas lahan dan rendemen yang relatif rendah dibandingkan dengan negara produsen gula lainnya. Beberapa penyebab rendemen yang rendah di Indonesia termasuk diantaranya adalah banyak pabrik gula masih menggunakan mesin lama dan teknologi pengolahan yang tidak efisien. Ini menyebabkan proses produksi menjadi kurang efisien dan menghasilkan lebih sedikit gula. Disamping itu penggunaan varietas tebu yang belum unggul, penerapan praktik budidaya tebu yang kurang baik seperti misalnya kondisi pengelolaan lahan yang buruk, kualitas tanaman tebu yang buruk, dan pengelolaan panen yang kurang baik juga mempengaruhi produktivitas tebu.

Faktor lingkungan seperti musim panen yang basah atau kemarau juga dapat menurunkan kadar gula dalam batang tebu yang sekaligus memengaruhi rendemen.

2. Terbatasnya lahan pertanian

Dengan keterbatasan lahan dan persaingan komoditas, industri tebu Indonesia menghadapi tantangan yang signifikan. Lahan yang cocok untuk budidaya tebu semakin terbatas, terutama di luar Pulau Jawa. Meskipun pemerintah menargetkan perluasan lahan tebu nasional hingga lebih dari 500 ribu hektare, ekspansi ini mengalami kendala karena persaingan penggunaan lahan dengan komoditas lain yang menghasilkan lebih banyak uang, seperti karet, kelapa sawit, dan tanaman pangan lainnya.

Budidaya tanaman alternatif lain seperti kelapa sawit dan tanaman pangan seringkali lebih menguntungkan

secara ekonomi bagi petani dan korporasi, yang menyebabkan alih fungsi lahan tebu secara signifikan. Ini mempersempit ruang untuk ekspansi tebu dan menekan produksi gula nasional.

3. Permasalahan bibit tebu dan pupuk yang berkualitas

Petani tebu di Indonesia kesulitan mendapatkan bibit tebu unggul yang bersertifikat dan berkualitas tinggi. Sebagian besar petani masih menggunakan bibit dari sumber tidak resmi, yang memiliki kualitas genetik yang menurun seiring waktu, yang mengakibatkan produktivitas tebu yang lebih rendah. Selain itu, hasil penelitian varietas unggul belum disebarkan secara optimal ke petani. Dengan demikian, varietas lokal masih digunakan di sebagian besar lahan pertanian meskipun produktivitas dan rendemennya jauh di bawah potensi.

Kementerian Pertanian dan lembaga penelitian seperti Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) telah mengembangkan bibit unggul yang sesuai dengan kondisi agroklimat masing-masing wilayah. Namun, petani kecil menghadapi kendala karena harga dan aksesibilitas bibit unggul, dan hanya sebagian kecil kebutuhan yang dapat dipenuhi oleh ketersediaan bibit unggul.

Pemupukan yang tepat sangat penting untuk budidaya tebu. Namun, pupuk dengan kandungan kalium tinggi masih sulit didapat dan seringkali tidak memenuhi kebutuhan budidaya tebu. Selain itu, proses distribusi pupuk yang rumit dan biaya pupuk yang mahal membuat petani kesulitan melakukan pemupukan yang tepat.

Karena kekurangan pupuk kalium, pertumbuhan tebu terhambat dan kadar gula dalam tebu menurun, sehingga

produktivitas dan rendemen gula menurun. Karena pupuk yang lebih umum tersedia cenderung difokuskan pada komoditas pangan lain seperti padi dan jagung, sehingga alokasi pupuk khusus tebu belum maksimal.

4. Ketergantungan Tebu Masyarakat

Industri tebu Indonesia sangat bergantung pada perkebunan rakyat, dimana sekitar 80–85% dari produksi tebu nasional masih disuplai dari sektor ini. Sebagai penyuplai tebu terbesar, sektor ini masih menghadapi banyak masalah yang mempengaruhi produktivitas dan efisiensi, terutama terkait dengan keterbatasan akses ke modal, pembinaan, dan teknologi.

Dengan teknologi yang terbatas, mayoritas petani rakyat masih menggunakan metode tradisional. Petani masih mengalami masalah terkait dengan penggunaan benih unggul, input produksi berkualitas tinggi, dan perbaikan sarana seperti alat panen dan irigasi modern karena petani mengalami masalah terkait kekurangan modal. Hal ini menyebabkan hasil panen yang rendah dan rendemen gula yang berubah-ubah.

5. Harga dan insentif

Harga dan insentif merupakan komponen penting yang memengaruhi minat petani tebu dalam budidaya dan keberlanjutan industri gula nasional. Namun, harga gula di tingkat petani saat ini cenderung stagnan dan tidak mengalami peningkatan yang signifikan, yang berdampak langsung pada pendapatan dan modal usaha petani.

Harga dan insentif yang ada sekarang ini dirasa kurang menarik petani untuk membudidayakan tebu. Akibat kondisi harga yang tidak mendukung ini, beberapa petani

tebu memilih untuk beralih ke tanaman lain yang menghasilkan keuntungan lebih cepat atau lebih stabil, seperti jagung, sayuran, atau tanaman hortikultura lainnya. Pergeseran ini dapat mengurangi luas lahan tebu dan mengancam pasokan bahan baku gula.

6. Tata niaga dan pendanaan

Tata niaga gula di Indonesia menghadapi sejumlah tantangan struktural seperti dualisme pasar, inefisiensi distribusi, dan peran pelaku yang kompleks. Ini juga memainkan peran penting dalam menjaga kelangsungan produksi, distribusi, dan kesejahteraan petani dan pelaku industri gula.

Pemerintah membagi pasar gula menjadi dua bagian besar: yaitu Gula Kristal Putih (GKP) untuk konsumsi rumah tangga biasanya dibuat oleh pabrik gula milik BUMN di Jawa dan luar Jawa serta Gula Kristal Rafinasi (GKR) yang dibuat untuk keperluan industri oleh pabrik gula kontemporer swasta. Pemisahan ini bertujuan untuk melindungi petani tebu yang menyediakan GKP dan memenuhi permintaan konsumen rumah tangga, industri makanan dan farmasi, serta industri gula tebu. Namun demikian, masuknya GKR ke pasar ritel membahayakan eksistensi gula tebu sebagai bahan makanan konsumsi dalam negeri.

Pemerintah memainkan peran penting dalam mengatur pasar, menjaga stabilitas harga, dan menjaga keberlanjutan pasokan gula. Dalam hal pendanaan, pemerintah harus meningkatkan ketersediaan modal bagi petani dan industri melalui inovasi pembiayaan dan dukungan kelembagaan.

D. Kesimpulan

Industri tebu nasional merupakan salah satu fondasi penting dalam menjaga ketahanan pangan, khususnya dalam pemenuhan kebutuhan gula domestik baik untuk konsumsi rumah tangga maupun keperluan industri. Meskipun Indonesia memiliki potensi alam yang besar untuk mengembangkan komoditas tebu, berbagai hambatan struktural masih menghalangi pencapaian swasembada gula, seperti rendahnya produktivitas, keterbatasan teknologi, lemahnya kelembagaan petani, dan inefisiensi tata kelola industri gula.

Pemerintah telah menunjukkan komitmen melalui penyusunan roadmap swasembada gula konsumsi pada tahun 2028 dan swasembada gula industri pada tahun 2030. Berbagai strategi telah digulirkan, mulai dari perbaikan regulasi, penyediaan lahan, revitalisasi infrastruktur produksi, hingga insentif investasi. Namun, capaian target ini sangat bergantung pada konsistensi pelaksanaan kebijakan, sinergi antarinstansi, dan keberdayaan petani di lapangan.

Dengan mendorong inovasi teknologi, serta mempererat kolaborasi antara pemerintah, swasta, dan masyarakat, Indonesia berpeluang besar untuk keluar dari ketergantungan impor dan mencapai swasembada gula secara berkelanjutan. Visi swasembada harus dijalankan sebagai proses transformasi jangka panjang yang tidak hanya menekankan pada kemandirian produksi, tetapi juga keadilan, efisiensi, dan keberlanjutan sistem pangan nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, F.A. (2024) 'Analisis Kebijakan Agribisnis Gula di Indonesia', *Jurnal Pangan*, 33(1), pp. 81–88. Available at: <https://doi.org/10.33964/jp.v33i1.636>.
- Amaliya, A. *et al.* (2025) 'Proyeksi Produksi dan Konsumsi Gula Pasir di Indonesia 2022 2025 serta Implikasinya terhadap Target Swasembada Nasional', *Journal of Agribusiness, Social and Economic*, 5(1), pp. 73–85. Available at: <https://doi.org/10.32585/jase.v5i1.6656>.
- Dody, K. *et al.* (2025) 'Peramalan produksi gula tebu di Indonesia menggunakan model', 10, pp. 132–149.
- Jalil, R. (2024) 'Dinamika Kebijakan Impor Gula: Perspektif Good Governance dalam Pengambilan Keputusan oleh Menteri Perdagangan', *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 4(6), pp. 7057–7066.
- Jamaludin, J. *et al.* (2024) 'Tata Kelola Industri Gula untuk Pangan Berkelanjutan: Ulasan Perbandingan antara Brazil dan Indonesia', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), pp. 472–483. Available at: <https://doi.org/10.14710/jil.22.2.472-483>.
- Kurniawati, E. and Asmara, R. (2025) 'Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Usahatani Tebu Di Kabupaten Malang Dan Kabupaten Kediri Analysis of Factors Affecting Sugar Cane Farming Production in Malang Regency and Kediri Regency', 9(1), pp. 271–284. Available at: <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2025.009.01.23>.

Nusantara, P.S.G. (2023) 'PRESS RELEASE SGN : Strategi Ekstensifikasi Produktivitas Tebu Jawa Timur dan Intensifikasi untuk Meningkatkan Produktivitas Tebu Jawa Timur', pp. 16–17.

Silalahi, A.V. (2024) 'Kebijakan Pengembangan Tebu Menuju Swasembada Gula Konsumsi', *Jurnal Perencanaan Pembangunan Pertanian*, 1(1), pp. 75–86. Available at: <https://epublikasi.pertanian.go.id/>.

Statistik, B.P. (2024) *Statistik Tebu Indonesia 2023*.

BAB 13

PROSPEK DAN STRATEGI PENGEMBANGAN TEBU BERKELANJUTAN DI MASA DEPAN

Oleh Hartini, SP.,M.Sc

A. Industri Gula di Indonesia

Industri gula nasional memainkan peran strategis dalam perekonomian Indonesia, tidak hanya sebagai komoditas pangan pokok yang dibutuhkan hampir seluruh lapisan masyarakat, tetapi juga sebagai penopang ekonomi masyarakat yang membuka lapangan pekerjaan. Gula Kristal Putih (GKP) atau umum dikenal sebagai gula pasir merupakan hasil olahan tebu (*Saccharum officinarum* L.), digunakan secara luas baik secara langsung maupun sebagai bahan baku industri makanan dan minuman. Namun, di tengah perannya yang vital, Indonesia justru menjadi importir gula terbesar di dunia.



Gambar 13.1 Data Gula Indonesia tahun 2023

Sumber: Sumber Kementerian Pertanian RI, 2024

Berdasarkan data tahun 2023, Indonesia menunjukkan bahwa impor gula Indonesia masih tinggi untuk memenuhi total kebutuhan konsumsi nasional, dengan dilihat dari perbandingan antara produksi domestik yang belum mampu memenuhi konsumsi nasional sebesar 6,50 juta ton. Hal ini mencerminkan tantangan struktural dalam upaya mencapai swasembada gula nasional.

Produktivitas yang masih rendah di sektor hulu menjadi akar masalah utama kesenjangan ketersediaan dengan permintaan konsumsi gula. Sekitar 56,42% pasokan tebu berasal dari petani rakyat, namun jumlah mereka terus menurun berdasarkan data pertumbuhan rata-rata menunjukkan angka -0,63% pada periode 2014–2023 (Kementerian Pertanian, 2024). Alih fungsi lahan serta akses terbatas terhadap teknologi dan benih unggul menjadi faktor utama membuat petani kesulitan bertahan.

Tabel 13. 1 Permintaan Gula Global vs Produksi Indonesia

Tahun	Luas Areal			
	PR	PBN	PBS	Indonesia
	Rata – Rata Pertumbuhan (%)			
2014 - 2023	-0,63	3,63	0,51	0,51
	Rata – Rata Kontribusi (%)			
2014 - 2023	56,42	16,09	27,49	100

(Sumber: Kementerian Pertanian, 2023)

Keterangan:

PR : Perkebunan Rakyat

PBN : Perkebunan Besar Negara atau BUMN (PT Sinergi Gula Nusantara)

PBS : Perkebunan Besar Swasta

Untuk mengatasi tantangan ini pemertintah menerbitkan Peraturan Menteri Pertanian (PERMENTAN) Nomor 23 dan Nomor 30 Tahun 2023, serta Peraturan Presiden (PERPRES) No 40 Tahun 2023 sebagai landasan transformasi industri di sektor gula. Kebijakan ini mendorong revitalisasi pabrik, pengembangan kluster produksi terintegrasi, penerapan benih unggul dan teknologi modern, serta penguatan kemitraan hulu-hilir melalui kontrak *offtake* dan sistem monitoring digital. Transformasi ini tidak hanya bertujuan mencapai swasembada, tetapi juga mendukung *Sustainable Development Goals* (SDGs), seperti SDG 2 (*Zero Hunger*), SDG 8 (*Decent Work and Economic Growth*), SDG 9 (*Industry and Innovation*), dan SDG 12 (*Responsible Production*). Dengan demikian, pengembangan gula nasional menjadi bagian dari agenda pembangunan yang inklusif, berkelanjutan, dan berkeadilan.



B. Prospek Pengembangan Tebu Berkelanjutan

1. Potensi Ekonomi dan Pasar Global

Industri tebu memiliki nilai ekonomi yang tinggi tidak hanya sebagai sumber utama gula, tetapi juga sebagai bahan baku strategis untuk berbagai produk turunan bernilai tambah. Tebu dapat diolah menjadi bioetanol, yaitu bahan bakar nabati yang mendukung transisi energi rendah karbon (Utami *et al.*, 2024). Selain itu, tebu dapat diolah menjadi bioplastik yang ramah lingkungan dan dapat terurai secara alami (Kustiyah *et al.*, 2023). Dengan semakin ketatnya regulasi global terhadap penggunaan bahan bakar fosil dan plastik konvensional, peluang pasar untuk produk turunan tebu memiliki potensi. Hal ini dapat menjadi kunci diversifikasi ekonomi sekaligus meningkatkan daya saing industri nasional di kancah internasional.

Menurut Laporan Grand View Research (2024), permintaan gula global diproyeksikan tumbuh pada tingkat CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) sebesar 6,5% dari periode 2024 hingga 2030. Pertumbuhan ini didorong oleh

faktor pertumbuhan populasi, urbanisasi, dan ekspansi industri makanan dan minuman. Dalam hal ini, Indonesia berada dalam posisi strategis untuk memperbesar kontribusi sektor tebu dalam rantai pasok global. Melalui pendekatan Intensifikasi (peningkatan produktivitas lahan yang sudah ada dengan teknologi dan benih unggul) serta ekstensifikasi (pengembangan lahan baru di wilayah potensial), Indonesia dapat memperluas basis produksi tebu secara berkelanjutan.

2. Dukungan Regulasi Pemerintah

Pemerintah Indonesia telah menunjukkan komitmen yang kuat terhadap pengembangan industri tebu melalui sejumlah kebijakan strategis di tingkat nasional. Salah satu landasan kebijakan utama adalah Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2020 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2025–2030, yang menargetkan pada swasembada gula melalui peningkatan produktivitas, revitalisasi pabrik, dan penguatan klaster produksi. Selain itu Kementerian ESDM mendorong pengembangan bioetanol dari tetes tebu (*molasses*) menjadi bahan bakar nabati (*biofuel*) sebagai bagian dari *roadmap* transisi energi nasional, termasuk mandatori *blending* E20 dan rencana E30 (APROBI, 2022).

Pengembangan tebu berkelanjutan yang mencakup pengelolaan air efisien, penggunaan pupuk organik, penerapan sistem tanam ramah lingkungan, serta pemanfaatan limbah (*bagasse*) sebagai sumber energi terbarukan menjadi bagian dari solusi rendah karbon juga diterapkan pada rencana transformasi swasembada gula nasional. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *circular economy* dan mendukung target SDG 13 (*Climate Action*),

sekaligus memperkuat daya saing gula Indonesia di pasar global yang semakin menuntut sertifikasi keberlanjutan.

Rencana kedepan RPJMN 2025–2030 ini juga menargetkan peningkatan produktivitas tebu menjadi 7,5 - 8 Ton GKP/Ha melalui program peremajaan kebun dan adopsi benih unggul. Selain itu pemerintah mendorong pengembangan bioetanol berbasis tebu (dari tetes/limbah pabrik gula) sebagai substitusi bahan bakar fosil, yang sejalan dengan komitmen Indonesia dalam Paris Agreement (melalui NDC) untuk mendorong praktik pertanian dan energi rendah emisi.

C. Tantangan Pengembangan Tebu Berkelanjutan

1. Dampak Perubahan Iklim dan Degradasi Lahan

Perubahan iklim menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan produksi tebu di Indonesia. Studi Riajaya (2016) menunjukkan bahwa kenaikan suhu, kekeringan ekstrem, dan curah hujan tidak menentu telah mengurangi produktivitas tebu hingga 15–20% di sejumlah sentra produksi. Suhu optimal bagi pertumbuhan tebu berada di kisaran 26–32°C, namun beberapa wilayah seperti Jawa Timur telah mengalami kenaikan rata-rata 1,2°C dalam satu dekade terakhir, yang berdampak langsung pada penurunan hasil panen.

Selain tekanan iklim, alih fungsi lahan dari pertanian tebu ke komoditas lain, permukiman, dan kawasan industri semakin memperparah krisis produksi. Pulau Jawa, yang menyumbang sebagian besar produksi nasional, menjadi episentrum degradasi lahan produktif. Tanpa intervensi strategis, tekanan ini akan mengancam ketahanan pangan

dan kemandirian industri gula nasional. Upaya adaptasi menjadi kunci serta penerapan sistem irigasi presisi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (BALITBANGTAN) juga mencatat bahwa varietas unggul berpotensi meningkatkan ketahanan tanaman, namun adopsinya masih terbatas karena keterbatasan akses dan sosialisasi kepada petani rakyat.

2. Kebijakan Impor dan Rendahnya Daya Saing Petani

Tantangan struktural lainnya datang dari kebijakan impor gula yang dinilai kurang melindungi petani lokal. Impor gula dalam jumlah besar, terutama dalam bentuk gula mentah (*raw sugar*), sering kali membanjiri pasar domestik dan menekan harga pembelian tebu di tingkat petani. Analisis Syahnaz *et al.*, (2022) menunjukkan bahwa rata-rata petani tebu skala kecil mengalami kesulitan bersaing dengan gula impor yang lebih murah dan stabil pasokannya.

Kondisi ini didukung oleh kurangnya jaminan harga oleh ketiadaan jaminan harga yang adil dan kurangnya kontrak *offtake* antara pabrik dan petani. Akibatnya, petani rentan terhadap fluktuasi harga dan cenderung beralih ke komoditas lain yang dianggap lebih menguntungkan. Rendahnya produktivitas, usia petani yang menua, dan minimnya regenerasi generasi muda juga memperdalam krisis keberlanjutan sektor hulu.

Untuk mewujudkan kemandirian gula yang berkelanjutan, kebijakan impor perlu dikaji ulang agar seimbang antara kebutuhan industri hilir dan perlindungan terhadap petani lokal sebagai bagian dari produksi hulu. Penguatan kemitraan hulu-hilir, penerapan harga dasar tebu yang layak, serta integrasi dengan program berdasarkan aturan PERMENTAN dan PERPRES menjadi

langkah penting untuk memperbaiki struktur daya saing dan ketahanan petani tebu nasional.

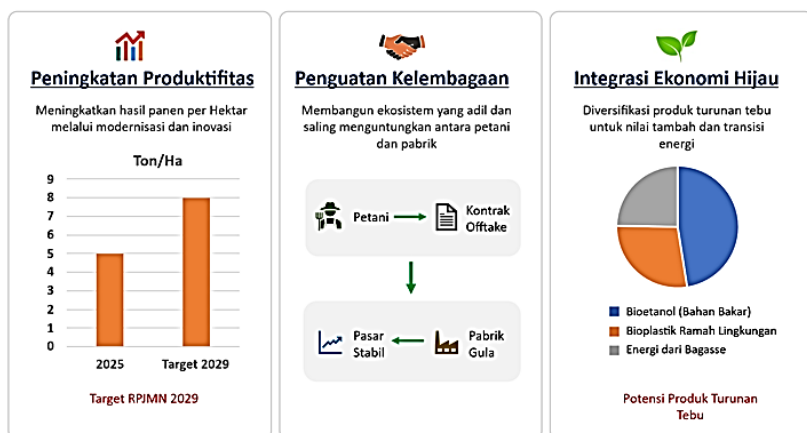
D. Strategi Pengembangan Tebu Berkelanjutan

Untuk mewujudkan industri gula yang mandiri, modern, dan berkelanjutan, disarankan beberapa rekomendasi strategis sebagai berikut (KEMENPERIN, 2024):

1. Penguatan perlindungan terhadap petani rakyat melalui tarif impor diferensiasi tinggi untuk gula rafinasi guna melindungi pasar petani lokal, menjamin harga tebu yang layak dan kontrak *offtake*, serta memperluas akses modal petani ke KUR (Kredit Usaha Rakyat) dan asuransi pertanian.
2. Adopsi teknologi adaptif iklim dan digitalisasi melalui dukungan penelitian dan diseminasi varietas unggul melalui BALITBANGTAN, memberikan subsidi atau intensif untuk adopsi *precision farming*, IoT (*Internet of Things*), dan *drone monitoring* di klaster produksi, serta mengembangkan sistem monitoring digital terintegrasi dalam hal pemetaan lahan, prediksi produksi, dan manajemen rantai pasok.
3. Revitalisasi pabrik gula tidak layak operasi dan konsolidasi kapasitas pada industri hilir guna meningkatkan efisiensi dan daya saing industri gula nasional.
4. Pengembangan produk turunan dan ekonomi hijau seperti dengan pemanfaatan tetes tebu (*molasses*) menjadi bioetanol sebagai transisi energi serta mengembangkan skema *carbon trading*.

Kerja sama regional dan global dengan meningkatkan kolaborasi riset terutama dengan negara produsen utama (Brazil, India, dan Thailand) serta mengoptimalkan kerangka perdagangan internasional untuk mendorong ekspor produk turunan bernilai tambah tinggi.

Berdasarkan rekomendasi ini, maka pada rencana strategi pengembangan tebu berkelanjutan, dibentuklah tiga pilar strategi pengembangan berkelanjutan. Tiga pilar ini terdiri dari Peningkatan Produktivitas, Penguatan Kelembagaan, serta Integrasi Ekonomi Hijau.



Gambar 13. 2 Tiga Pilar Strategi Pengembangan Berkelanjutan

1. Peningkatan Produktivitas

Peningkatan produktivitas tebu merupakan kunci untuk mengatasi kesenjangan antara ketersediaan dengan permintaan gula Indonesia dan memperkuat daya saing industri gula nasional, yang dimulai dari perbaikan manajemen produksi di sektor hulu, terutama oleh petani

rakyat sebagai penyumbang utama pasokan tebu. Manajemen produksi yang efektif mencakup penerapan teknik budidaya tepat, seperti metode penanaman yang mendukung perkecambahan dan pertumbuhan optimal, pemeliharaan tanaman dan pengendalian hama penyakit untuk menjaga kualitas selama masa tumbuh. Sistem irigasi yang andal juga sangat penting mengingat tebu sensitif terhadap kebutuhan air, disini penerapan mesin dan teknologi modern dapat meningkatkan efisiensi dan hasil panen. Pengolahan pasca panen harus dilakukan secara cepat (idealnya 12–48 jam setelah panen) (Bantacut *et al.*, 2012) dan optimalisasi dalam proses ekstraksi dan pemurnian yang efisien, guna meminimalkan penurunan kualitas dan meningkatkan rendemen gula.

Intervensi strategis juga mencakup penerapan sistem irigasi presisi untuk mengatasi dampak perubahan iklim seperti kekeringan ekstrem. Varietas unggul yang tahan terhadap perubahan iklim dapat meningkatkan ketahanan tanaman. Selain perbaikan genetik, adopsi teknologi pertanian presisi (*precision farming*) menawarkan potensi peningkatan efisiensi dan hasil panen yang signifikan.

Penerapan IoT (*Internet of Things*) dalam budidaya tebu dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan bahkan meningkatkan produksi dan manajemen rantai pasoknya. Salah satu bentuk aplikasi yang telah menerapkan sistem IoT (*Internet of Things*) dilakukan oleh Hilman *et al.* (2022) yang telah menerapkan sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT dan tingkat keberhasilan mencapai 100%. Selain itu, teknologi lain dapat diterapkan pada pengelolaan budidaya tebu adalah menggunakan citra udara atau UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), bentuk monitoring dengan memanfaatkan

teknologi drone. Contoh penerapan seperti pada analisis oleh Jamisyah *et al.* (2022) menerapkan dan menganalisis pemanfaatan citra udara UAV untuk menganalisis keseragaman tinggi tanaman tebu.

2. Penguatan Kelembagaan dan Kemitraan Petani

Transformasi sektor tebu tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada penguatan kelembagaan petani dan kemitraan yang adil antara hulu dan hilir. Model kemitraan inti-plasma antara pabrik gula (inti) dan petani rakyat (plasma) menjadi salah satu pendekatan strategis untuk memastikan jaminan pasar, stabilitas pasokan, dan perlindungan harga bagi petani. Untuk mendukung akses modal, pemerintah menyediakan skema Kredit Usaha Rakyat (KUR) dengan bunga rendah sebagai sarana pembiayaan produksi tebu. Namun, distribusi KUR masih belum merata, dan banyak petani kecil yang kesulitan memenuhi persyaratan administratif. Penguatan kelompok tani, digitalisasi proses pengajuan kredit, serta integrasi dengan sistem monitoring digital dapat meningkatkan efektivitas program ini.

Selain pada penyediaan modal, bentuk pembangunan kelembagaan dan menjalin kemitraan dengan petani rakyat bisa melalui pengawasan budidaya. Dalam hal ini, pengawasan budidaya selain mencakup monitoring pelaksanaan budidaya namun juga memberikan transfer teknologi untuk diterapkan, penguatan sistem kemitraan, hingga pendampingan petani melalui pelatihan dan konsultasi.

Saat ini banyak petani skala kecil kesulitan bersaing dengan gula impor yang lebih murah. Kondisi ini membutuhkan jaminan harga yang baik dan kontrak offtake

antara pabrik dan petani. Untuk itu Pemerintah melalui Peraturan Menteri Pertanian (PERMENTAN) Nomor 7 Tahun 2023 mendorong penguatan kemitraan hulu sampai hilir melalui kontak dan sistem monitoring digital. Kebijakan impor perlu dikaji ulang agar tidak menekan harga petani. Penguatan kemitraan, harga dasar yang layak, dan integrasi program pemerintah menjadi kunci untuk meningkatkan daya saing petani tebu nasional.

Dengan kemitraan yang transparan, petani tidak hanya mendapatkan kepastian harga, tetapi juga terdorong untuk menerapkan praktik budidaya yang lebih baik, sehingga meningkatkan kualitas tebu dan produktivitas secara berkelanjutan.

3. Integrasi dengan Ekonomi Hijau dan Energi Terbarukan

Industri tebu memiliki potensi besar untuk berkontribusi pada transisi menuju ekonomi hijau dan energi rendah karbon. Salah satu peluang utama adalah pengembangan bioetanol berbasis tebu, baik dari nira maupun tetes (*molasses*), sebagai substitusi bahan bakar fosil. Dalam kerangka energi nasional, bioetanol dapat mendukung mandatori *blending* E20 hingga E30, mengurangi ketergantungan pada impor minyak dan menurunkan emisi transportasi.

Selain itu, perkebunan tebu yang dikelola secara berkelanjutan dapat menjadi bagian dari skema *carbon trading*. Dengan menerapkan praktik pertanian rendah emisi seperti penggunaan pupuk organik, konservasi tanah, dan pemanfaatan bagasse sebagai energi terbarukan, sektor tebu dapat menghasilkan *credit carbon* yang dapat diperdagangkan di pasar domestik maupun internasional.

Ini membuka sumber pendapatan tambahan bagi petani dan pabrik, sekaligus mendukung komitmen Indonesia terhadap *Paris Agreement* dan *net zero emissions*.

DAFTAR PUSTAKA

- APROBI. (2022). *Bioetanol Bisa Jadi Bahan Bakar, Kapan RI Mau Ngembangin?* Indonesia Biofuel Producer Association.
- Bantacut, T., Sukardi, & Supatma, I. A. (2012). Kehilangan Gula dalam Sistem Tebang Muat Angkut di Pabrik Gula Sindang Laut dan Tersana Baru, Cirebon. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 13(3), 199–206.
- Grand View Research. (2024). *Sugar Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product Type (White Sugar, Brown Sugar), By Form (Granulated Sugar, Powdered Sugar), By End-Use, By Source, By Region, and Segment Forecasts 2024 - 2030*. Grand View Research.
- Hilman, A., Wijaya, D. P., Saidi, B., Budiyanto, A., & Adinandra, S. (2022). Sistem Monitoring Kelembaban Tanah pada Tanaman Tebu (MONTABU) Berbasis IoT. *AJIE (Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship)*, 6(1), 1–13.
- Jamisyah, M. A., Numba, S., & Syarif, M. M. (2022). Analisis Tinggi Tanaman Tebu dengan Menggunakan Citra Drone (Unmanned Aerial Vehicle) pada Tinggi Terbang Dan Overlap Yang Berbeda Dalam Model 3D. *AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Pertanian*, 3(1), 1–8.
- Kementerian Pertanian. (2024). Analisis Kinerja Perdagangan Gula. In *Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.

- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2024). *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2021-2023*. Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Kustiyah, E., Novitasari, D., Wardani, L. A., Hasaya, H., & Widianoro, M. (2023). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu untuk Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Metode Melt Intercalation. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2), 300–306.
- Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 47 Tahun 2024 (2024).
- Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2023 (2023).
- Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2023 (2023).
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2020, Sekretariat Presiden Republik Indonesia (2020).
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2023 (2023).
- Riajaya, P. D. (2016). Iklim dan Pengelolaan Air Tanaman Tebu. *Balai Penelitian Tanaman Pemanis Dan Serat*, 55–72.
- Syahnaz, C., Soedarto, T., & Yuliati, N. (2022). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Impor Gula di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(2), 9441–9447.
- Utami, C. R., Palupi, H. T., & Ernawati. (2024). Produksi Bioetanol dari Hidrolisat Ampas Tebu Sistem Selulase B. subtilis Diikuti Fermentasi dengan Variasi Waktu dan Jenis Inokulum. *Indonesian Sugar Research Journal*, 4(2), 80–92.

BIODATA PENULIS



Ahmad Nadhira, SP, M.Si.

Dosen Program Studi Agroteknologi

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Tjut Nyak Dhien
Medan

Penulis lahir di Medan Sumatera Utara pada 21 Maret 1976. Menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 07 Sabang, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 01 Sabang dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 01 Langsa dan lulus tahun 1994. Penulis melanjutkan Pendidikan Strata Satu (S-1) di Perguruan Tinggi Universitas Sumatera Utara Program Studi Hama dan Penyakit Tanaman tahun 1994 dan menyelesaikan Studi S-1 tahun 1999. Kemudian pada tahun 2002 penulis melanjutkan Studi S-2 pada Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan di Universitas Sumatera Utara dan menyelesaikannya pada tahun 2004. Saat ini Penulis menjadi Dosen Tetap pada Program Studi Agroteknologi Universitas Tjut Nyak Dhien Medan sejak tahun 2002

sampai dengan sekarang. Adapun mata kuliah yang diampuh adalah Dasar Perlindungan Tanaman, Hama Penyakit Tanaman, Dasar Ilmu Gulma, Ekologi Tanaman dan Pengelolaan Terpadu Hama/Penyakit Tanaman. Jabatan yang pernah diemban penulis adalah menjadi Wakil Rektor-I Universitas Tjut Nyak Dhien Medan.

---000---

BIODATA PENULIS



Rina Puji Lestari, S.P., M.P.

Dosen Program Studi Pengelolaan Perkebunan
Politeknik LPP Yogyakarta

Penulis dilahirkan di Kabupaten Wonogiri pada tanggal 13 bulan Mei tahun 1995. Penulis merupakan seorang dosen di Politeknik LPP Yogyakarta. Penulis telah menyelesaikan Studi S1 pada Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret pada tahun 2017. Kemudian penulis bekerja di Balai Benih Tanaman Perkebunan Salatiga yang merupakan Satker dari Dinas Pertanian dan Perkebunan Provinsi Jawa Tengah sebagai teknisi di laboratorium Kultur Jaringan Tanaman Tebu sampai pada tahun 2019. Demi menggapai cita-cita sebagai seorang pendidik akhirnya penulis memutuskan untuk melanjutkan studi S2 pada Jurusan Agronomi Universitas Sebelas Maret dan lulus pada tahun 2021.

Setelah menyelesaikan studi S2 penulis memutuskan untuk fokus untuk berkeluarga terlebih dahulu sampai dirasa waktu yang cukup selesai untuk mengasahi buah hati tercinta, akhirnya penulis memutuskan untuk kembali

meniti karir dan mengejar cita-citanya. Buku tebu ini merupakan buku kedua yang ditulis. Beberapa tulisan artikel tentang tanaman obat dan komoditas padi juga sudah ditulis dan dipublish pada jurnal dan prosiding baik nasional maupun internasional.

Penulis dapat dihubungi melalui:

e-mail: prina207@gmail.com

---000---

BIODATA PENULIS



Muhammad Yusuf Dibisono. SP. MP

Dosen Institut Teknologi Sawit Indonesia

Penulis lahir di Medan tanggal 22 Juli 1971, yang merupakan seorang dosen LLDikti Wilayah I Dpk pada program studi Proteksi Tanaman Fakultas Sains dan Teknologi Institut Teknologi Sawit Indonesia dari sejak 2023 – Sekarang. Menyelesaikan Pendidikan Program S1 dan S2 di Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara Medan.

Mengampu mata kuliah Mikrobiologi Perkebunan. Penyakit Tanaman Kelapa Sawit dan Karet, Pestisida dan Teknik Aplikasi di Perkebunan, Hama dan Penyakit Aneka Tanaman, Ketahanan Tanaman Terhadap Hama dan Penyakit dan Teknologi Produksi Agen Hayati.

Buku ini adalah yang ketiga bagi penulis. Buku yang telah terbit yaitu: Biopestisida Pengendali Organisme

Pengganggu Tanaman Ramah Lingkungan. KELAPA SAWIT:
Budidaya, Pengolahan dan Manfaat Ekonomi.

Penulis dapat dihubungi melalui:

E-mail: myusuf_dibisono@itsi.ac.id ;
myusufdibisono22@gmail.com

---000---

BIODATA PENULIS



Rina Ekawati, SP., M.Si

Dosen Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan D-III,
Politeknik LPP Yogyakarta

Penulis lahir di Madiun tanggal 14 Oktober 1987, yang merupakan seorang dosen tetap di Prodi Budidaya Tanaman Perkebunan D-III, Politeknik LPP Yogyakarta. Penulis adalah anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis menyelesaikan studi jenjang S1 (2010) dan S2 (2013) pada Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB University. Pada saat S2, penulis adalah *Awardee* Beasiswa Unggulan tahun 2011 selama 2 tahun.

Penulis telah aktif mengajar sejak tahun 2015. Kegiatan penelitian pertama dilakukan pada tahun 2016 dengan hibah DIPA Kopertis Wilayah V Yogyakarta. Penulis juga aktif dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat

dan publikasi karya ilmiah. Publikasi terakhir yaitu di jurnal internasional bereputasi (Q3) di Agustus 2025. Penulis juga pernah menulis buku ajar bersama dengan rekan dosen dengan judul Budidaya Tanaman Kelapa Sawit I. Penulis juga pernah menjadi Ketua Pansel Satgas PPKS Politeknik LPP tahun 2022.

Penulis dapat dihubungi melalui

e-mail: rina.ekawati1410@gmail.com

---000---

BIODATA PENULIS



Turi Handayani, S.P., M.Si

Dosen tetap Yayasan di Universitas Asahan

Turi Handayani, lahir di Perbaungan 07 Desember 1993. Riwayat pendidikan telah menyelesaikan pendidikan di SD N 105373 Tualang (1999-2005), SMP Negeri 2 Perbaungan (2005-2008), SMA Setia Budi Abadi Perbaungan (2008-2011), Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (2011-2015) dan Magister Agronomi dan Hortikultura di IPB University (2017-2020). Saat ini menjadi dosen tetap Yayasan di Universitas Asahan sejak tahun 2022 sampai dengan sekarang

---000---

BIODATA PENULIS



Dr. Ade Fipriani Lubis, S.P., M.P.

Dosen LLDIKTI DPK Universitas Asahan

Dr. Ade Fipriani Lubis, S.P., M.P., Lahir di Medan 19 Oktober 1975. Penulis memulai Pendidikan di SD Swasta H. Agus Salim 1987, SMPN 13 Medan 1990, SMAN 13 Medan 1993, selanjutnya menempuh Pendidikan sarjana di Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara pada Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman Tahun 1998, sekolah Pasca Sarjana Program Studi Agronomi Tahun 2007 dan telah menyelesaikan Program Doktor Ilmu Pertanian USU 2019. Pekerjaan saat ini adalah seorang dosen LLDIKTI DPK Universitas Asahan sejak Tahun 2005 sampai dengan sekarang.

---000---

BIODATA PENULIS



Pada Mulia Raja, M.Si

Dosen Institut Teknologi Sawit Indonesia

Penulis lahir di Tapauli Selatan tanggal 04 November 1989, yang merupakan seorang dosen tetap pada program studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan Institut Teknologi Sawit Indonesia dari 2015-Sekarang. Saat ini sedang menyelesaikan Program Doktor Ilmu Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Sumatera Utara. Sebelumnya mengikuti Pendidikan Program S2 di USU Medan

Mengampu mata kuliah Kimia, Biokimia, Pengendalian Mutu Olah dan Pengendalian Kehilangan Produksi. Selama ini terlibat aktif sebagai dosen pembimbing mahasiswa menyelesaikan tugas akhir terkait proses pengolahan kelapa sawit.

Penulis dapat dihubungi melalui:

E-mail: padamulia@itsi.ac.id, padamuliaraja@gmail.com

---000---

BIODATA PENULIS



Aris Sandi, S.ST., M.Eng.

Dosen Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa
Mesin Industri Perkebunan, Politeknik LPP Yogyakarta

Penulis lahir di Surabaya tanggal 16 Agustus 1990, yang merupakan seorang dosen tetap Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Mesin Industri Perkebunan, Politeknik LPP Yogyakarta. Penulis adalah anak ke sembilan dari 10 bersaudara. Penulis menyelesaikan studi jenjang Diploma-IV Teknik Mekatronika Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (2013) dan Magister Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada (2022).

Penulis pernah bekerja di perusahaan swasta bidang otomasi industri sebagai *mechanical design engineer* dan *programmer* selama tujuh tahun sebelum menjalani studi S2. Penulis telah aktif mengajar sejak tahun 2022 dan aktif dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat serta publikasi karya ilmiah.

Penulis dapat dihubungi melalui
e-mail: aris.sandi1608@gmail.com

---000---

BIODATA PENULIS



Dr. Giyanto, STP., MT.

Dosen Prodi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan,
Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan.

Penulis dilahirkan di Magelang tanggal 17 Mei 1974, sekarang berdomisili di Medan. Penulis merupakan seorang dosen tetap pada Prodi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan. Tahun 1999 lulus S1 dari Prodi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Tahun 2014 lulus S2 dari Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara. Tahun 2024 lulus S3 dari Prodi Doktor Ilmu Pertanian (peminatan Ilmu Pangan), Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.

Aktif melakukan penelitian di bidang konversi limbah agroindustri menjadi bioenergi, antara lain biobriket dari campuran tandan kosong kelapa sawit dan ampas tebu, bioetanol dari batang kelapa sawit. Selain itu, juga membimbing mahasiswa dalam penelitian produksi

biobriket, bioetanol, dan bio-oil dari tangkai tandan limbah panen tandan buah segar kelapa sawit

Penulis dapat dihubungi melalui

Email : giyanto@itsi.ac.id

---000---

BIODATA PENULIS



Dr. Guntoro, S.P.,M.P.

Dosen Tetap

Dosen Institut Teknologi Sawit Indonesia (ITSI)

Guntoro, Lahir di Aek Nabara (Labuhan Batu) 01 Maret 1973. Pendidikan S1 di Universitas Sumatera Utara Fakultas Pertanian Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan (1992). Melanjutkan Pendidikan Magister tahun 2009 di Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara Program Studi Agroekoteknologi dan melanjutkan Pendidikan Doktoral (2017) di Universitas Sumatera Utara Fakultas Pertanian Program Studi Ilmu Pertanian. Pernah bekerja di salah satu perusahaan perkebunan Swasta di Langkat (1999-2006). Selanjutnya pada tahun 2007 bergabung di STIPER Agrobisnis Perkebunan (STIPAP) dan sejak Desember 2021 bertransformasi menjadi Institut Teknologi Sawit Indonesia (ITSI) sebagai dosen. Menjadi Anggota Perhimpunan Fitopatologi Indonesia (PFI) Komda Sumut pada tahun 2015 – sekarang.

Penulis dapat dihubungi melalui

e-mail: guntoro@itsi.ac.id

---000---

BIODATA PENULIS



Ir. Pantja Siwi V R Ingesti, M.P.

Dosen Politeknik LPP Yogyakarta

Saya bernama Pantja Siwi Veni Rahaju Ingesti, Lahir di Jember, 8 Maret 1963, artinya saat ini saya sudah berusia 62 tahun dan akan menjalani purna tugas tahun 2028. Domisili saya di Dusun Ngemplak Nganti, RT 05 RW 08, Sendangadi, Mlati, Sleman, DIY. Pendidikan dari SD s.d SMA ditempuh di Kediri Jawa Timur. Kemudian tahun 1981 studi lanjut di Universitas Jember Fakultas Pertanian Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian lulus tahun 1986, diangkat menjadi PNS tahun 1988 di Akademi Pertanian Gajah Mungkur Wonogiri. Kemudian berhubung mahasiswanya habis kemudian tahun 1996 dipindahkan ke Universitas Tidar Magelang. Dan sejak tahun 2014 pindah di Politeknik LPP Yogyakarta sampai sekarang. Saya seorang ibu dengan mempunyai 2 orang yang sudah menikah dan 4 orang cucu. Perjalanan hidup saya penuh dengan dinamika, tahun 2006 mengalami kecelakaan lalu lintas mengakibatkan saya harus berjalan dengan alat bantu, kemudian tahun 2010 difonis gagal ginjal dan harus menjalani cuci darah sampai dengan saat ini. Ini sudah menjadi ketentuan Allah SWT, saya tinggal menjalani dengan penuh keiklasan dan selalu memohon ampunanNya

dan selalu diberi kekuatan untuk menjalani ketentuanNya.
Lahaula Wala Quwata illa Billahil Aliyil Adzim , aamiin.

---000---

BIODATA PENULIS



Heri Purwanto, S.T.P., M.Sc

Dosen Tetap Institut Teknologi Sawit Indonesia

Heri Purwanto lahir di Klaten, 19 Februari 1982, tercatat sebagai lulusan S1 Universitas Gadjah Mada pada jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, serta lulusan S2 (Master Program) Universiti Putra Malaysia di bidang Kejuruteraan Kimia. Penulis merupakan Dosen Tetap Program Studi Teknik Kimia di Institut Teknologi Sawit Indonesia.

Penulis mengampu mata kuliah Pengendalian Mutu Olah Kelapa Sawit, Pengendalian Kehilangan Produksi Kelapa Sawit, Operasi Unit, Instrumentasi Laboratorium, Pengolahan Hasil Perkebunan, Pengenalan Bahan Baku Olah, Manajemen Pabrik Kimia, Turunan Minyak Kelapa Sawit, Teknologi Oleokimia

Penulis aktif memberikan pelatihan juga di Lembaga Pelatihan PT. LPP Agro Nusantara sebagai trainer untuk bidang Proses di Pabrik Kelapa Sawit, Pengolahan Limbah, Training Auditor ISPO, SMK3.

Berbagai karya tulis ilmiah sudah dihasilkan selama masa pengabdian sebagai tenaga pengajar (dosen). Saat ini, penulis berfokus membangun tridharma (Pengajaran, penelitian dan pengabdian) pada bidang Pengolahan Hasil Perkebunan khusus pada komoditi kelapa sawit Teknik Kimia khususnya bidang Turunan Minyak Kelapa Sawit.

Penulis dapat dihubungi melalui:

e-mail: herilppkm@gmail.com

---000---

BIODATA PENULIS



Hartini, SP.,M.Sc

Dosen Politeknik LPP Yogyakarta

Penulis lahir di Bantul tanggal 16 Setember 1979, yang merupakan tenaga pendidik Prodi Pengelolaan Perkebunan Politeknik LPP Yogyakarta. Penulis menyelesaikan studi S1 dan S2 pada bidang proteksi tanaman di fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Berperan aktif dalam melaksanakan tridharma perguruan tinggi yang mencakup pendidikan, penelitian, dan pengabdian masyarakat.

Selain mengajar, penulis terlibat dalam berbagai kegiatan forum akademik dan pelatihan serta pengembangan kurikulum berbasis industri, program pelatihan keterampilan praktis, serta kegiatan kemitraan dengan dunia usaha dan industri.

Penulis dapat dihubungi melalui:
e-mail: htn@polteklpp.ac.id

---000---