

**LAPORAN
PENGABDIAN MASYARAKAT**

PENYUSUNAN ROADMAP LIMBAH CAIR DI PG ASEMBAGOES



Dosen Pelaksana:

Ketua:

Hendri Rantau S.T., M.Eng. NIDN: 0503018402

Anggota:

Rifai Rahman Saputro, S.S. I, M.Sc. NIDN: 0504128304

M. Khoirul Muslimin, S.T., M.Eng. NUPTK: 9445773674130223

POLITEKNIK LPP YOGYAKARTA

2025

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Pengabdian : Penyusunan Roadmap Limbah Cair di Pabrik Gula Asembagoes
Nama Pelaksana : Hendri Rantau, S.T., M.Eng
NIDN : 0503018402
Jabatan Fungsional : -
Program Studi : Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Nomor HP : +62 813-2657-5768
E-mail : rnt@polteklpp.ac.id
Anggota 1
Nama Lengkap : Rifa'I Rahman Saputro, S.Si., M.Sc
Anggota 2
Nama Lengkap : M. Khoirul Muslimin, S.T., M.Eng
Sumber Pendanaan : Mitra
Dana Penelitian : -
Bidang ilmu : Perindustrian
Waktu Pelaksanaan : 18 November 2024

Menyetujui,
Kepala UP2M



(Dr. Anna Kusumawati, SP., M. Sc.)
NIDN: 0505048602

Yogyakarta, 21 Februari 2025
Dosen Pelaksana,

(Hendri Rantau, S.T., M.Eng)
NIDN: 0503018402

Mengetahui,
Direktur Politeknik LPP Yogyakarta



Ir. M. Mustamin, S.T., M. Eng., IPM

DAFTAR ISI

LAPORAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
IDENTITAS PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT.....	1
A. JUDUL PENGABDIAN.....	1
B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU	1
C. IDENTITAS PENGUSUL.....	1
D. MITRA KERJASAMA PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT	1
E. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN.....	1
F. ANGGARAN	2
RINGKASAN	2
A. KATA KUNCI.....	4
METODE PELAKSANAAN PENGABDIAN MASYARAKAT	4
HASIL PELAKSANAAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT DAN LUARAN YANG DICAPAI	6
A. Kapasitas IPAL Terpasang	8
B. Road Map Perencanaan Pengelolaan Limbah Cair PG Yang Optimal	9
C. Minimisasi Beban Limbah.....	11
D. Efisiensi Air	16
E. Rekomendasi Optimalisasi IPAL.....	16
PERAN MITRA.....	18
KENDALA PELAKSANAAN PkM	18
RENCANA TINDAK LANJUT PkM	19
DAFTAR PUSTAKA	20
LAMPIRAN.....	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Skema Pengolahan Limbah	7
Gambar 2 Sistem Operational Kondensor di Evaporator	12

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kapasitas IPAL PG Assembagoes	9
Tabel 2 Road Map perencanaan pengelolaan limbah PG Assembagoes.....	10
Tabel 3 Perhitungan Jumlah Kondensat Produksi dan Konsumsi.....	15

**LAPORAN AKHIR PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
TAHUN AKADEMIK 2024/2025 SEMESTER GANJIL**

IDENTITAS PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

A. JUDUL PENGABDIAN

Penyusunan Roadmap Limbah Cair di PG Asembagoes

B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus / Bidang Unggulan	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Perindustrian	Roadmap Limbah Cair	Penyusunan Roadmap	Terapan

C. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
Hendri Rantau S.T., M.Eng.	Politeknik LPP Yogyakarta	Teknologi Rekayasa Kimia Industri	Ketua	-	-

D. MITRA KERJASAMA PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Mitra	Nama Mitra
SGN	PG Asembagoes

E. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status Target Capaian (Selesai/Belum Selesai/ Submite/ Accepted)	Keterangan (url link video/ poster/jurnal/paten)
2024	Dokumentasi Kegiatan	published	Ter-record di UP2M
2025	Laporan Akhir	finished	Ter-record di UP2M

F. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya Pengabdian kepada Masyarakat akan dibiayai sepenuhnya oleh mitra.

RINGKASAN

A. RINGKASAN: Tuliskan secara ringkas latar belakang pengabdian kepada masyarakat, tujuan, target, luaran, metode pelaksanaan dan hasil kegiatan

Pengembangan sektor perkebunan khususnya sektor gula digalakkan dengan sangat intensif untuk mencapai swasembada gula. Salah satunya adalah pengembangan unit pabrik gula yaitu Pabrik Gula Assembagoes yang berlokasi di Kabupaten Situbondo. Lokasi Pabrik Gula Assembagoes terletak di Desa Trrogpnco, Kecamatan Assembagus, Kabupaten Situbondo. Daerah tersebut dikelilingi oleh pemukiman penduduk yang tentunya akan merasakan dampak dari Pabrik Gula tersebut. Sebuah industri, termasuk pabrik gula, mempunyai tanggung jawab moral untuk melindungi lingkungan, di samping dari keuntungan dan pembangunan ekonomi, karena limbah yang dihasilkan secara langsung dalam proses produksi akan mempengaruhi kualitas lingkungan. Pemerintah pusat dan daerah mempunyai instrument penataan peraturan lingkungan yang berlaku dengan tujuan untuk penyelamatan dan perlindungan lingkungan. Karakteristik limbah cair yang dihasilkan oleh industri gula tidak terlepas dari jenis dan kapasitas produksi, sehingga tidak terdapat ketentuan baku untuk menghitung jumlah dan debit limbah yang dihasilkan. Karakteristik limbah cair yang dihasilkan oleh kedua industri gula tersebut secara tidak langsung juga digunakan untuk menentukan kualitas limbah yang dihasilkan dan jenis pengolahan yang tepat (Rhofita & Russo, 2019).

Penyusunan roadmap pengelolaan limbah cair ini merupakan kajian mengenai pengolahan limbah cair di PG Assembagoes guna menjamin limbah yang masuk ke sungai memenuhi persyaratan baku mutu lingkungan hidup dan tidak terjadi pencemaran lingkungan/air di wilayah sekitar unit PG. Assembagoes. Komponen limbah pada proses pembuatan gula meliputi limbah cair, padat, gas, dan B3 yang kesemuanya harus diolah menurut tata cara yang ditetapkan untuk masing-masing komponen limbah. PG Assembagoes berkomitmen mengelola limbah sebagai tanggung jawab moral dan pemenuhan peraturan. Kepatuhan terhadap peraturan ini mencakup upaya pembuangan

limbah dan kepatuhan administratif (izin). Izin yang dimaksud juga mencakup pembuangan limbah cair. Izin ini memiliki persyaratan administratif yang harus dipenuhi dan harus diajukan ke dinas lingkungan hidup setempat.

Salah satu upaya pengolahan limbah cair adalah dengan pembangunan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Instalasi pengolahan air limbah bertindak sebagai unit untuk mengurangi zat pencemar dalam cairan/beban polutan yang dihasilkan di pabrik hingga mencapai kadar yang dipersyaratkan. Pabrik gula menghasilkan limbah cair yang berasal dari proses dan juga air jatuhnya kondensor. Kedua limbah ini memiliki sifat yang berbeda sehingga memerlukan pengolahan yang berbeda. Manajemen pengelolaan limbah cair di pabrik gula dilakukan mulai dari pencegahan dari sumbernya sampai pengolahan limbah di IPAL. Pencegahan dilakukan dengan *Inhouse Keeping*, sedangkan pengolahan dilakukan dengan mendesain IPAL dan mengoperasikan IPAL dengan benar. Adapun dalam usaha pengelolaan limbah cair tersebut, pabrik sering menghadapi permasalahan diantaranya:

1. Pengaturan debit atau beban limbah yang masuk ke IPAL
2. Sistem *Inhouse Keeping* dan segregasi limbah tidak memenuhi sasaran/parameter
3. Operasional IPAL yang kurang benar
4. Kompetensi Operator IPAL yang belum terpenuhi

Permasalahan – permasalahan tersebut di atas menyebabkan kinerja IPAL yang tidak memuaskan serta effluent yang dihasilkan masih melampaui baku mutu yang telah ditetapkan. Kajian ini dibuat untuk menjelaskan kemampuan IPAL di PG Assembagoes serta perencanaan pengelolaan limbah cair di PG Assembagoes.

Saat pendirian sebuah pabrik gula, perhitungan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas produksi yang ada pasti selalu dilakukan termasuk dampak dari limbah cair yang dihasilkan selama proses produksi. Di PG Assembagoes pada dasarnya sudah terdapat sistem pengelolaan limbah cair dan sudah beroperasi selama bertahun-tahun. Sistem pengelolaan limbah cair ini berupa unit IPAL atau UPLC yang bertujuan untuk mengolah limbah cair proses yang dihasilkan. Namun seiring dengan berjalannya waktu, terjadi beberapa kendala yang ada terkait dengan pengelolaan limbah cairnya sehingga terjadi pencemaran di badan air sekitar pabrik atau sungai penerima effluent dari pabrik.

Kendala terkait pengelolaan limbah cair ini yaitu kurang optimalnya kinerja dari IPAL atau UPLC karena terdapat permasalahan di IPAL yang di antaranya disebabkan oleh :

1. Penggunaan material yang sudah sangat lama atau tidak sesuai spesifikasi dapat menyebabkan kerusakan pada struktur dan komponen IPAL.
2. Kurangnya pemeliharaan rutin dapat mengakibatkan akumulasi limbah, korosi, dan kerusakan mekanis yang berdampak pada kinerja sistem.
3. Jika unit IPAL beroperasi melebihi kapasitas desainnya, bisa terjadi kelebihan beban yang menyebabkan sistem tidak dapat berfungsi dengan baik.
4. Desain yang kurang baik atau tidak sesuai dengan jenis limbah yang diolah atau tidak sesuai standar dapat menyebabkan masalah operasional dan efisiensi yang rendah.
5. Perubahan dalam standar lingkungan atau regulasi dapat membuat unit yang ada menjadi tidak memadai atau tidak sesuai lagi.
6. Faktor eksternal seperti cuaca ekstrem, banjir, atau bencana alam dapat merusak infrastruktur IPAL.

A. KATA KUNCI

B. KATA KUNCI: Tuliskan maksimal 5 kata kunci

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

Kata kunci: *Roadmap*, Limbah Cair, Pabrik Gula, Pengabdian Kepada Masyarakat

METODE PELAKSANAAN PENGABDIAN MASYARAKAT

C. METODE PELAKSANAAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT: Metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Bagian ini dilengkapi dengan diagram alir Kegiatan Pengabdian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan dalam jangka panjang (jika berkelanjutan). Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG. Bagan pengabdian kepada masyarakat harus dibuat secara utuh dengan tahap kegiatan yang jelas, mulai dari awal bagaimana proses dan luarannya, dan indikator capaian yang ditargetkan. Di bagian ini harus juga mengisi tugas masing-masing anggota PkM sesuai tahapan PkM yang diusulkan, beserta pula gambaran saaran masyarakat sesuai dengan proposal yang diajukan.

Program pengabdian ini dilaksanakan pada tanggal 18 November hingga 30 Desember 2024 di PG Asembagoes, Jl. Raya Banyuwangi Situbondo, Trigonco Timur,

Trigonco, Kec. Asembagus, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Kegiatan ini berfokus pada pembuatan roadmap pengolahan limbah cair.

Dalam penyusunan roadmap pengelolaan limbah cair, tahapan awal yang dilakukan yaitu dengan cara mengetahui dan mengidentifikasi karakteristik limbah yang dihasilkan per masing – masing proses dan juga unit utilitas yang meliputi pengolahan air, sistem pembangkit dan sistem penyediaan listrik (*Power House*). Limbah cair di pabrik gula secara umum dibagi menjadi 3 (tiga) bagian besar antara lain : limbah yang tercemar cukup berat, limbah sedikit tercemar dan limbah dengan kriteria khusus misalnya suhu panas, pH tinggi, dan adanya kandungan minyak.

Setelah identifikasi, dilakukan perhitungan Jumlah Beban Limbah. Perhitungan jumlah volume dan beban beban pencemaran yang dihasilkan dihitung berdasarkan kapasitas pabrik dan penggunaan air. Metode penentuan volume tersebut adalah menggunakan perhitungan neraca air (*water balance*). Sedangkan untuk menentukan besar beban organik (pencemaran) menggunakan karakteristik uji laboratorium dan perkiraan gula yang hilang dalam proses yang mana merupakan ceceran atau tumpahan gula yang nantinya akan menjadi limbah. Pada saat *crushing session*, air yang ada di dalam pabrik tentu saja berlebih akibat penambahan air dari tebu yang berupa pengembunan uap nira dan komposisi dari tebu sendiri mengandung 70 – 80% air. Setelah melakukan perhitungan, dilakukan pengelolaan secara garis besar serta perancangan *roadmap* untuk membuat sistem pengolahan limbah cair yang baik.

HASIL PELAKSANAAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT DAN LUARAN YANG DICAPAI

D. HASIL PELAKSANAAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT DAN LUARAN YANG DICAPAI: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan PkM yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan PkM. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan pengabdian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini. Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan pada tahun pelaksanaan penelitian. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan.

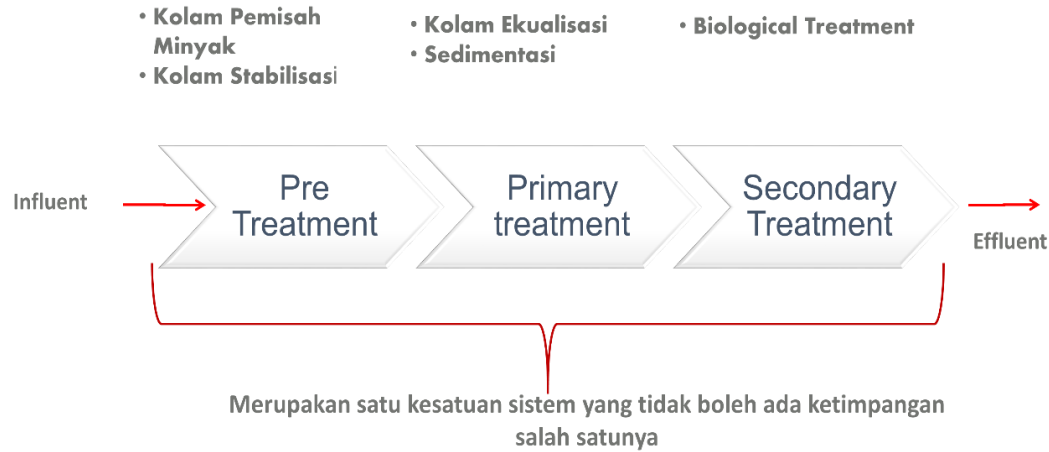
Instalasi Pengolahan Air Limbah

Kandungan limbah cair proses di pabrik gula didominasi oleh bahan organik khususnya gula. Gula yang terkandung dalam limbah jika terdekomposisi secara alami di badan air akan menimbulkan bau yang tidak sedap dan mengganggu penduduk sekitar. Oleh karena itu pembuangan limbah cair tanpa pengolahan terlebih dahulu akan menimbulkan kerusakan ekosistem sungai dan mengganggu masyarakat. Tujuan pengolahan limbah adalah mengurangi kandungan bahan pencemar di dalam air, seperti senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroba patogen, dan senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di alam (Khofifah & Utami, 2022). Karakteristik limbah pabrik gula secara umum adalah :

- BOD tergolong tinggi
- pH air limbah cenderung asam
- TSS rendah
- Seringkali minyak terbawa masuk ke IPAL
- Debit Berfluktuasi

Berdasarkan karakteristik di atas pengolahan limbah yang cocok adalah sistem biologi atau dengan menggunakan mikroba sebagai agent pengolah limbah. Mikroba yang bertugas mendegradasi beban organik (pencemar) tentunya memiliki persyaratan dan kondisi operasi, sehingga dalam suatu sistem pengolahan limbah unit sistem biologi tidak bisa berdiri sendiri. Berikut ini adalah skema pengolahan limbah yang diaplikasikan

di pabrik gula:



Gambar 1 Skema Pengolahan Limbah

Pengolahan limbah terdiri dari 3 tahapan yaitu *Pre Treatment*, *Primary Treatment*, dan *Secondary Treatment*. *Pre* dan *Primary Treatment* diperlukan untuk mengkondisikan limbah cair agar karakteristiknya sesuai apa yang diinginkan oleh mikroba dalam *Biological Treatment* sehingga proses degradasi bisa berjalan dengan baik. Sedangkan *secondary treatment* atau *biological treatment* sebagai proses inti dari unit IPAL dapat dipilih beberapa alternatif yaitu sistem aerobik dan anaerobic (Rusdiana et al., 2020). IPAL existing PG Assembagoes terdiri dari beberapa bak atau kolam yang berfungsi sebagai *Primary Treatment* dan *Secondary Treatment*, dengan total unit bak/kolam ada 9 unit. Kondisi pengolahan limbah existing pada saat ini dioperasikan tidak sesuai SOP dan kapasitas IPAL yang ada tidak mampu untuk mengolah jumlah dan kadar limbah yang masuk (proses dan limpasan *spray pond*), masing – masing kolam tidak berfungsi sebagai mana mestinya terutama dalam hal ini terjadi *shock loading* . Adapun fungsi masing – masing kolam/bak sebagai berikut:

Tabel 1 Unit – unit IPAL dan Fungsinya

Unit Pengolah Pendahuluan	Fungsi	Polutan yang Dihilangkan	Parameter Desain dan Operasional
Kolam Ekualisasi	Menstabilkan aliran sehingga meminimalkan terjadinya shock loading	Pengaturan Debit saja dan Beban Organik dengan prosentase	Volume kolam menyesuaikan fluktuasi Sistem Aerasi harus

		kecil	cukup
Kolam Stabilisasi	Pre Treatment untuk limbah berat seperti hasil <i>chemical cleaning</i> dan tumpahan	Pengaturan masuknya limbah berat ke unit berikutnya dan netralisasi	Volume kolam/bak menyesuaikan jumlah limbah <i>chemical cleaning</i> dan prosentase tumpahan yang terjadi
Kolam Sedimentasi	Memisahkan padatan	Padatan	Aliran, Dimensi kolam, waktu tinggal, dan pemisahan padatan yang bisa di cek dengan kecepatan pengendapan
Unit Aerobik	Unit utama dalam menurunkan beban organik yang terkandung dalam limbah	Penurunan bahan organik dalam hal ini adalah COD	Aliran atau debit, beban COD atau penurunan COD, serta kadar oksigen dalam kolam
Unit (Clarifier)	Mengendapkan flok – flok (lumpur mikroba yang telah terbentuk pada unit <i>biological treatment</i>)	Menurunkan nilai TSS atau menghilangkan lumpur- lumpur endapan	Aliran, Dimensi kolam, waktu tinggal, dan pemisahan padatan yang bisa di cek dengan kecepatan pengendapan
Saringan Pasir	Menyaring padatan dari effluent clarifier sebelum dibuang ke badan air	Menurunkan nilai TSS yang masih terikut	Aliran, Dimensi kolam, waktu tinggal, dan waktu clogging

A. Kapasitas IPAL Terpasang

Kapasitas IPAL di PG Assembagoes dapat menunjukkan seberapa lama waktu tinggal yang dibutuhkan limbah di IPAL tersebut. Untuk kapasitas alat di IPAL dirangkum keseluruhan sebagai berikut :

Tabel 1 Kapasitas IPAL PG Assembagoes

No	Unit	Volume	Satuan
1	Ekualisasi	514,8	m ³
2	Aerasi 1	375,14	m ³
3	Aerasi 2	439,82	m ³
4	Aerasi 3	439,82	m ³
5	Aerasi 4	472,16	m ³
6	Stabilisasi 1	31,75	m ³
7	Stabilisasi 2	31,75	m ³
8	Pengendapan 1	46,98	m ³
9	Pengendapan 2	46,98	m ³
10	Saringan Pasir	88	m ³
11	Total	2487,2	m ³

Total volume IPAL yang merupakan pre, primary, dan secondary treatment adalah: 2.487,2 m³, Debit yang masuk ke IPAL rata – rata adalah: 1845,53 m³/jam sehingga waktu tinggal IPAL secara keseluruhan adalah = hari. Artinya pengolahan limbah dari awal hingga akhir memerlukan waktu olah 1,3 jam.

B. Road Map Perencanaan Pengelolaan Limbah Cair PG Yang Optimal

Road Map perencanaan pengelolaan limbah PG Assembagoes diharapkan mencakup 2 hal yaitu proses in housekeeping dan pengolahan limbahnya (IPAL). Proses perbaikan dilakukan bertahap seiring dengan program peningkatan kapasitas olah PG Assembagoes menuju 6000 TCD yang direncanakan tercapai tahun 2026, karena jumlah limbah akan berbeda dengan existing saat ini yaitu di 4250 TCD. Berikut ini tahapan perencanaan pengelolaan limbah cair PG Assembagoes :

Tabel 2 Road Map perencanaan pengelolaan limbah PG Assembagoes

2025	2026	2027	Jangka Panjang
• Rekondisi IPAL (perbaikan dinding dan kebocoran) • Perbaikan SOP • Rekondisi sistem aerasi pada kolam2x aerasi (pembersihan nozzle, perbaikan2x jalur oksigen) • Perbaikan SOP In housekeeping dan rekondisi saluran – saluran limbah proses • Perbaikan sistem pendingin (Pengadaan 1 unit cooling tower) • Perizinan pembuangan sisa air jatuhan yang tidak tersirkulasi kembali • Perizinan pengelolaan limbah domestic	• Perencanaan sistem in housekeeping dan minimisasi limbah menyeluruh termasuk penataan saluran • Perbaikan proses menuju 6000 TCD sekaligus memperbaiki IPAL terutama investasi untuk sistem aerasi dan pembenahan clarifier • Penataan kembali sistem injeksi dan sirkulasi air jatuhan kondensor (prosentase yang diresirkulasi)	• Pemantapan tata Kelola limbah cair menuju industri gula ramah lingkungan Melalui pemantapan SOP dan pemenuhan sarana dan prasarana	Zero Waste Concept

Konsep pengelolaan limbah cair tidak terbatas pada pengolahan yang dilakukan di IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah), artinya tidak keseluruhan limbah cair yang

dihasilkan akan diolah di IPAL. Sistem pengelolaan limbah yang awalnya dilakukan secara *end of pipe* berkembang menjadi *in of pipe*, hal ini dilakukan sebagai upaya penghematan biaya pengolahan limbah dan pencapaian *cleaner production*. Pengolahan *in of pipe* yang dimaksud adalah upaya minimisasi limbah yang dihasilkan dan penanganan limbah dari sumber nya. Pabrik gula diharapkan mampu melakukan metode pengelolaan limbah secara *in of pipe* karena berdasarkan identifikasi karakteristik limbah cair, tampak bahwa limbah cair yang dihasilkan terbagi atas beberapa karakteristik yang berbeda dan jika pengolahan dijadikan satu di IPAL, maka biaya pengolahan akan sangat mahal dan tentunya akan membutuhkan lahan yang cukup besar dan tentu saja di Jawa khususnya lahan akan sangat sulit didapatkan. Oleh karena itu pengelolaan limbah cair akan dibagi ke dalam 2 (dua) metode yaitu upaya minimisasi limbah dan pengolahan di IPAL dengan SOP yang benar.

C. Minimisasi Beban Limbah

Pengertian dari minimisasi limbah yang dimaksud adalah usaha mengurangi jumlah limbah baik secara volume dan beban limbah (Busri et al., 2023), dimana beban limbah adalah debit dikalikan dengan kadar bahan organik (kadar pencemar). Upaya minimisasi limbah dilakukan dengan prinsip 5R yaitu :

RETHINK: Adalah suatu konsep pemikiran yang harus dimiliki pada saat awal kegiatan akan beroperasi, yaitu perubahan pola pikir misalnya pabrik gula tidak harus dekat dengan sungai, full vapour bleeding, close water circulation.

REDUCE: Adalah upaya untuk pengurangan dan menurunkan penggunaan air yang tidak perlu, dan mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan terutama untuk ceceran, tumpahan , kegagalan proses.

REUSE: Adalah upaya untuk memakai kembali untuk keperluan proses produksi.

RECYCLE: Adalah upaya mendaur ulang waste water menjadi air yang bermanfaat.

RECOVERY: Adalah upaya untuk memperbaiki kualitas air yang bermanfaat untuk proses untuk dapat digunakan kembali.

Berdasarkan karakteristik limbah yang telah dipetakan maka upaya minimisasi limbah dilakukan dengan beberapa hal utama yaitu :

1. Recovery limbah cair yang berpolutan kecil seperti *excess condensate*, air

jatuhan kondensor, dan pendingin.

2. Optimalisasi penggunaan soda sebagai chemical cleaning sehingga bisa mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan
3. *In housekeeping* pabrik dengan meningkatkan kepedulian terhadap minimalisasi ceceran dan tumpahan nira (cane juice) dan upaya pengembalian tumpahan nira ke dalam proses.
4. Pemisahan saluran/segregasi limbah cair berdasarkan karakteristiknya dan pemisahan dengan saluran air hujan maupun limbah domestik (hasil dari sanitasi dan dapur)

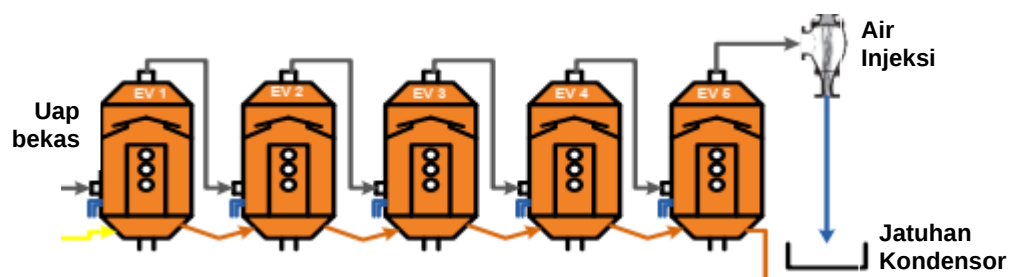
Berikut ini adalah upaya yang seharusnya dilakukan sebagai upaya minimisasi limbah cair dan bahkan menuju close water circulation system:

1. Pengelolaan Air Jatuhan Kondensor dan Excess Condensate

Air jatuhan kondensor (Condenser water) dan excess condensate merupakan limbah cair yang mengandung polutan yang sangat kecil, namun debitnya cukup besar dan suhunya cukup tinggi yaitu mencapai maksimal 50°C untuk condenser water dan maksimal 80°C untuk excess condensate. Adapun inti dari terciptanya *close water circulation system* adalah pengelolaan *condenser water* dan *excess condensate* yang optimal, karena idealnya air tersebut akan beresirkulasi terus selama pabrik beroperasi.

- a. Pengelolaan Air Jatuhan Kondensor

Air jatuhan kondensor atau dalam bahasa ilmiahnya kita sebut dengan *condenser water* adalah air keluaran dari kondensor setelah mengalami pertukaran panas di dalam kondensor di unit – unit pemanas yang bekerja pada kondisi *vacuum* seperti evaporator dan pan masak (*vacuum pan*), seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini, yaitu di unit proses evaporator.



Gambar 2 Sistem Operational Kondensor di Evaporator

Gambar tersebut menggambarkan jalur air injeksi dan air jatuhan kondensor di evaporator. Proses penguapan dan masakan sangat terpengaruh oleh vakum yang terbentuk di dalam kondensor, uap nira yang berasal dari vacuum pan ataupun badan penguapan (evaporator) terakhir akan didinginkan untuk membuat vakum pada badan masakan maupun badan penguapan agar membuat rendah titik didih air agar sukrosa dalam bahan proses tidak mengalami kerusakan. Standar vakum yang digunakan untuk proses penguapan dan masakan 63-65 cmHg. Suhu air injeksi yang digunakan pabrik gula berkisar 30-35°C, air injeksi akan keluar dari unit kondensor akan menjadi air jatuhan mempunyai suhu berkisar 45-55°C.

Pada dasarnya air jatuhan kondensor tidak mengandung polutan karena fungsinya hanya mendinginkan uap panas tanpa harus bersinggungan dengan polutan lain. Air jatuhan kondensor termasuk kategori limbah cair, dan jika langsung dibuang ke badan air mempunyai baku mutu nilai COD sebesar 100 mg/L mengacu Per Gub Jateng no 5 Tahun 2012. Jumlah atau debit dari air jatuhan ini cukup besar yaitu berkisar di nilai 736 ton/jam untuk PG Assembagoes dengan kapasitas 2.700 TCD, sehingga akan membutuhkan biaya yang besar ketika air tersebut langsung di buang ke badan air, dan hal tersebut tidak menunjukkan efisiensi pemanfaatan sumber daya khususnya air. Salah satu metode efisiensi air adalah dengan mengaplikasikan *water close loop system* untuk air injeksi dan jatuhan kondensor. Sistem sirkulasi ini harus ditunjang dengan unit pendingin yang cukup prima, yang gunanya untuk mendinginkan air jatuhan dengan suhu 55°C menjadi 35°C. Adapun sistem pendingin yang bisa diaplikasikan adalah spray pond atau cooling tower.

Air jatuhan diresirkulasi kembali menjadi injeksi setelah melalui unit pendingin berupa spray pond. Permasalahan yang sering timbul dalam proses resirkulasi ini adalah masuknya kontaminan ke dalam air jatuhan yang mengakibatkan terjadinya akumulasi polutan dan proses penurunan suhu di spray pond tidak maksimal, sehingga harus di refresh dengan air yang baru, yang akibatnya pembuangan sebagian air dari spray pond yang sudah tercemar. Tercemarnya air jatuhan akan memberikan efek domino yaitu terjadi akumulasi bahan organik (pencemar), proses penurunan suhu di spray pond tidak berjalan optimal, vacuum tidak tercapai, proses akan terganggu dan akhirnya jumlah limbah cair akan bertambah sehingga kapasitas IPAL tidak cukup.

Upaya yang dilakukan untuk mengatasi hal tersebut meminimalkan kontaminasi

terhadap air jatuhan kondensor dengan meminimalkan terikutnya nira sampai ke kondensor melalui optimalisasi penangkap nira dan perbaikan sistem kristalisasi gula agar tidak terjadi *carry over*

b. Pengelolaan Excess Condensate

Proses pengolahan gula berbasis tebu membutuhkan air dalam jumlah yang banyak baik untuk unit proses maupun unit utilitas, tetapi pada dasarnya tebu mempunyai kandungan air yang cukup banyak didalamnya. Tebu mengandung 70% air, dengan kandungan air bebas brix, adalah 67,5%. Adanya kandungan air dalam tebu seharusnya mampu mengurangi kebutuhan air yang diambil dari sumber luar seperti air sungai ataupun air sumur. Upaya yang dilakukan adalah perhitungan produksi air dan keperluan air yang digunakan untuk proses yang disebut dengan optimalisasi penggunaan air kondensat.

Air kondensat dibagi menjadi 2 yaitu kondensat negatif (clean water) yang berasal dari air embun uap bekas yang masuk badan 1 evaporator dan kondensat positif (sweet water) yang merupakan pengembunan dari uap nira dari badan 2 sampai 5 dan vacuum pan. Kondensat negatif akan digunakan kembali sebagai air pengisi boiler (boiler *make up water*) dan kondensat positif digunakan untuk keperluan proses diantaranya sebagai air imbibisi, air siraman RVF maupun di stasiun pemutaran, pelarut susu kapur, dan penggunaan untuk proses yang lain.

Permasalahan dalam pabrik gula yang sering terjadi adalah terjadi banyak kelebihan khususnya untuk kondensat positif. Pengelolaan air kondensat berlebih (excess condensate) harus dipikirkan karena akan memberikan efek yang signifikan dalam pengelolaan limbah cair. Jika air kondensat masuk ke jalur IPAL akan mengganggu proses di IPAL karena suhu air kondensat tergolong tinggi sehingga aktifitas mikroba di IPAL tidak berjalan baik dan menambah beban IPAL dengan tambahan debit yang cukup besar. Excess condensate merupakan limbah cair tidak berpolutan hanya saja mempunyai suhu tinggi yaitu 70 – 80 °C, pengelolaannya adalah melakukan recovery dengan penampungan dalam kolam atau lebung – lebung, yang nantinya bisa digunakan kembali untuk proses dan pengisi boiler akan tetapi dimasukkan terlebih dahulu masuk ke *Water Treatment Plant*. Upaya *recovery* kondensat dapat mengurangi pengambilan air dari sumber luar baik dari sumur maupun dari sungai. Berikut ini adalah gambaran perhitungan jumlah kondensat yang diproduksi dan dikonsumsi untuk keperluan proses

untuk kapasitas saat ini (existing). Perhitungan ini adalah perkiraan dengan asumsi proses berjalan dengan baik sesuai neraca massa ideal, tidak ada kerusakan dan ketidakefektifan di dalam proses

Tabel 3 Perhitungan Jumlah Kondensat Produksi dan Konsumsi

KAPASITAS 4250 TCD PG. ASEMBAGUS							
Produksi				KONSUMSI			
Kondensat Negatif				Kondensat Negatif			
Evaporator I	=	27,51	ton/jam	Umpa Boiler	=	26,13	Ton/jam
Total	=	27,51	ton/jam	Total	=	26,13	Ton/jam
				Sisa	=	1,38	Ton/jam
				Suplesi air	=	-1,38	Ton/jam
Kondensat Positif							
Evaporator II	=	27,41	ton/jam	Kondensat Positif			
Evaporator III	=	27,39	ton/jam	Air Imbibisi	=	46,19	Ton/jam
Evaporator IV	=	27,39	ton/jam	Air susu kapur (defekas)	=	2,69	Ton/jam
Evaporator V	=	27,39	ton/jam	Air susu kapur (refinery)	=	0,33	Ton/jam
Double Effect Evaporator	=	1,22	ton/jam	Air siraman RVF	=	3,86	Ton/jam
Vacum Pan R	=	56,04	ton/jam	Air siraman RLF	=	4,22	Ton/jam
Vacum Pan A	=	15,70	ton/jam	Air cucian masakan	=	13,45	Ton/jam
Vacum Pan C	=	9,85	ton/jam	Air siraman puteran	=	1,64	Ton/jam
Vacum Pan D	=	10,09	ton/jam	Total	=	72,38	Ton/jam
Total	=	202,48	ton/jam	Surplus	=	130,10	Ton/jam

Berdasarkan perhitungan tersebut tampak bahwa dengan penggunaan air kondensat untuk proses dengan optimal masih terdapat surplus yang cukup besar apabila air kondensat tidak dimanfaatkan dengan optimal untuk proses. Surplus air kondensat ini perlu dilakukan penanganan agar tidak mengalir ke saluran IPAL dan air jatuhnya sehingga dampaknya akan menambah beban debit limbah yang diolah. Penanganan air ini dengan penampungan sementara dan pengaliran ke lahan – lahan, atau menyiram emplasemen. Pada saat menuju kapasitas 6000 TCD diharapkan siklus uap dan air sudah berjalan dengan ideal sehingga pengelolaan air lebih tertata.

2. In Housekeeping dan segregasi Limbah

Pengelolaan limbah cair dalam upaya mengurangi beban limbah adalah sistem *In Housekeeping* dan segregasi limbah berdasarkan karakteristiknya. *In housekeeping* erat kaitannya dengan kepedulian karyawan terhadap limbah artinya kepeduliannya terhadap recovery gula, dengan meminimalkan kehilangan melewati ceceran dan tumpahan, yang sebenarnya akan mengakibatkan kerugian perusahaan akibat banyaknya gula yang hilang karena banyak ceceran dan tumpahan. Selain itu, *in housekeeping* haruslah didukung oleh peralatan – peralatan yang mengupayakan proses pengembalian bahan proses yang

tumpah untuk diproses kembali. Hal yang perlu juga menjadi perhatian adalah efektifitas maintenance pompa – pompa karena bocoran – bocoran didominasi berasal dari pompa baik pompa air atau pipa nira.

Berdasarkan identifikasi karakteristik limbah maka segregasi limbah diperlukan agar kinerja IPAL khususnya bisa maksimal. Limbah cair berpolutan yang masuk ke IPAL jika digolongkan ada 2 yaitu berpolutan berat dan sedang. Limbah berpolutan berat adalah limbah yang berasal dari *chemical cleaning* dan limbah yang tercemar minyak/oli. Kedua limbah tersebut harus dilakukan *pretreatment* sebelum bercampur dengan limbah yang lain, sehingga segregasi perlu dilakukan. Upaya segregasi limbah yang sebaiknya dilakukan oleh PG Assembagoes adalah membuat saluran khusus untuk buangan dari *chemical cleaning* menuju ke IPAL, sedangkan untuk limbah tercemar oli /minyak dilakukan dengan membangun oil trap di lokasi alat yang banyak kontaminan minyak kemudian disalurkan ke IPAL.

Saluran air yang ada di pabrik gula harus dibedakan yaitu saluran limbah, saluran air hujan, saluran limbah domestik, saluran air kondensat, dan saluran air jatuhan kondensor sehingga sistem pengelolaannya dapat maksimal dan tercipta sistem pengelolaan air yang efisien.

D. Efisiensi Air

Efisiensi air pada PG Assembagoes dilakukan dengan cara optimalisasi optimalisasi dalam inhouse keeping serta pembentukan siklus tertutup pada manajemen air di pabrik, PG Assembagoes juga berencana untuk menggunakan air limbah yang sudah diolah untuk penyiraman di beberapa lahan tebu sekitar, pada saat musim kemarau untuk mengurangi penggunaan air dari sumber air terdekat. Adapun Lokasi lahan yang akan disirami terletak di sekitar sumber air Sadiami. Maka direncanakan akan dibuat saluran air dari PG Assembagoess menuju sumber air Sadiami yang jaraknya sekitar 3km. Adapun untuk pelaksanaan rencana program ini diperlukan kajian yang komprehensif terkait pemanfaatn limbah untuk kegiatan Land Aplication menurut PerMen LH no 5/ 2021 tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis Dan Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan.

E. Rekomendasi Optimalisasi IPAL

Berdasarkan analisis dan pemantauan unit IPAL serta perhitungan kapasitas

peralatan dapat dikatakan IPAL yang masih perlu perbaikan dan investasi peralatan baru. Sesuai dengan analisis existing sistem IPAL yang telah dimiliki oleh PG Assembagoes adalah sistem aerasi lanjut (*Extended Aeration*) atau aerasi bertingkat, dengan desain untuk kapasitas (debit) masuk adalah 50 – 70 m³/jam, dan nilai COD maksimal adalah 10.000 mg/L, dengan waktu tinggal olah yaitu 48 jam idealnya. Sedangkan untuk limbah masuk untuk saat ini adalah 1845 m³/jam dengan dominasi limbah masuk adalah dari limpasan air jatuhan kondensor dari unit pendingin. Hal tersebut seharusnya tidak terjadi, karena IPAL di desain untuk mengolah limbah proses. Excess kondensat dan air jatuhan kondensor adalah limbah yang pada dasarnya kadar polutannya rendah, dan seharusnya ada siklus sekaligus jalur pembuangan tersendiri. Pada hal ini performa IPAL ditingkatkan dengan melakukan optimalisasi khususnya pengendalian operasional IPAL yang lebih serius dan terencana, apalagi PG Assembagoes akan menuju kapasitas 6000 TCD. Hal yang dilakukan untuk pengoptimalan kinerja IPAL untuk operasional saat ini adalah:

1. Optimalisasi penggunaan kolam *emergency* sebagai upaya pengaturan beban limbah yang masuk khususnya untuk limbah berat dari *chemical cleaning* dan tumpahan nira agar kinerja IPAL terutama mikroba dalam unit biologi tidak terganggu.
2. Pengecekan saluran – saluran dari pabrik yang menuju ke IPAL, jangan sampai ada saluran limpasan yang menuju saluran – saluran air hujan maupun saluran untuk air non polutan.
3. Peningkatan kompetensi operator IPAL, dalam upaya operasional IPAL yang benar
4. Perbaikan peralatan/maintenance harus terencana, untuk menghindari kerusakan tiba – tiba yang menyebabkan IPAL berhenti beroperasi.
5. Optimalisasi atau efektifitas mikroba sebagai agent pengolah limbah yang utama, terutama dilakukan dengan pembibitan yang tepat, nutrisi yang cukup, pemenuhan oksigen serta pemenuhan kondisi operasionalnya

Memperbaiki jalur air, khususnya air jatuhan untuk sebagian diresirkulasi, yang dalam hal ini diperlukan penguatan unit pendingin yaitu cooling tower dan pembuatan pertek terkait limbah cair, yaitu membuat titik penaaatan untuk pembuangan air limbah sisa air jatuhan kondensor

PERAN MITRA

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash*. Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas mengikuti format sebagaimana terlihat pada bagian isian mitra

Mitra dalam program pengabdian ini, yaitu PT Sinergi Gula Nusantara Unit Pabrik Gula Asembagoes, berperan sebagai penerima manfaat sekaligus pihak yang turut aktif dalam menyukkseskan kegiatan. Selain itu, mitra juga berkontribusi dengan menyediakan dan menyiapkan biaya yang dibutuhkan selama pengabdian, serta berpartisipasi aktif dalam sesi diskusi. Keterlibatan mitra yang tinggi dalam program ini diharapkan dapat memastikan keberlanjutan kegiatan setelah program pengabdian selesai.

KENDALA PELAKSANAAN PkM

F. KENDALA PELAKSANAAN PkM: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melaksanakan kegiatan PkM dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan PkM dan luaran PkM tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kendala terkait pengelolaan limbah cair ini yaitu kurang optimalnya kinerja dari IPAL atau UPLC karena terdapat permasalahan di IPAL yang di antaranya disebabkan oleh :

7. Penggunaan material yang sudah sangat lama atau tidak sesuai spesifikasi dapat menyebabkan kerusakan pada struktur dan komponen IPAL.
8. Kurangnya pemeliharaan rutin dapat mengakibatkan akumulasi limbah, korosi, dan kerusakan mekanis yang berdampak pada kinerja sistem.
9. Jika unit IPAL beroperasi melebihi kapasitas desainnya, bisa terjadi kelebihan beban yang menyebabkan sistem tidak dapat berfungsi dengan baik.
10. Desain yang kurang baik atau tidak sesuai dengan jenis limbah yang diolah atau tidak sesuai standar dapat menyebabkan masalah operasional dan efisiensi yang rendah.
11. Perubahan dalam standar lingkungan atau regulasi dapat membuat unit yang ada menjadi tidak memadai atau tidak sesuai lagi.

Faktor eksternal seperti cuaca ekstrem, banjir, atau bencana alam dapat merusak infrastruktur IPAL.

RENCANA TINDAK LANJUT PkM

G. RENCANA TINDAK LANJUT PkM: Tuliskan dan uraikan rencana tindak lanjut PkM selanjutnya dengan melihat hasil PkM yang telah diperoleh. Jika ada target yang belum diselesaikan pada akhir tahun pelaksanaan PkM, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai tersebut.

Pembuangan limbah cair ke badan air harus memperhatikan beberapa hal meliputi kualitas effluent dan kondisi badan air. Kualitas effluent harus memenuhi baku mutu lingkungan sebagai upaya menjaga kualitas badan air penerima. Pemenuhan baku mutu tersebut dilakukan dengan upaya pengelolaan limbah cair tersistem dan menggunakan teknologi yang diakui. Pengelolaan limbah cair tidak bisa dilakukan dengan hanya mengandalkan IPAL saja, akan tetapi harus dilakukan minimisasi beban limbah dengan upaya 4 R yaitu reuse, reduce, recycle dan recovery. Pabrik Gula Assembagoes harus berkomitmen untuk mengelola, dan memantau secara berkelanjutan terkait upaya pencegahan pencemaran oleh limbah cair. PG Assembagoes melakukan revitalisasi/peningkatan kapasitas olah nya menjadi 6000 TCD, namun saat ini masih tercapai 4250 TCD, pengelolaan limbah cair yang ada saat ini masih banyak membutuhkan perbaikan dan rekondisi sarana prasarana. Kemampuan IPAL yang ada mampu mengolah limbah yang dihasilkan oleh PG Assembagoes saat, namun jika in housekeeping di dalam pabrik tidak terkendali maka akan mempengaruhi kinerja IPAL, akibat dari beban pencemaran yang masuk menjadi *overload*.

Sebagai tindak lanjut dari program ini, akan dilakukan pendampingan lebih lanjut dalam pengelolaan limbah. Pendampingan ini mencakup perencanaan, *commissioning*, serta evaluasi. Selain itu, program akan dilanjutkan dengan pelatihan pengelolaan limbah cair. Upaya keberlanjutan juga akan didukung dengan menjalin kerja sama dengan pihak pabrik, untuk meningkatkan hubungan akademis maupun non akademis.

DAFTAR PUSTAKA

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan akhir yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

- Busri, N. K., Arminas, & Hidayat, A. (2023). *PENGENDALIAN KUALITAS LIMBAH CAIR INDUSTRI GULA DENGAN INTEGRASI METODE PDCA DAN SEVEN TOOLS*.
- Khofifah, & Utami, M. (2022). Analisis Kadar Total DissolvedSolid (TDS) dan Total SUsuspended Solid (TSS) Pada Limbah Cair Industri Gula Tebu. *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(1), 43–49.
- Rhofita, E. I., & Russo, A. E. (2019). Efektifitas Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Gula di Kabupaten Kediri dan Kabupaten Sidoarjo. In *Jurnal Teknologi Lingkungan* (Vol. 20, Issue 2).
- Rusdiana, E., Mu'tamar, M. F. F., & Hidayat, K. (2020). ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PENJERNIHAN LIMBAH CAIR UNIT PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI GULA (STUDI KASUS PG XYZ). *Agroindustrial Technology Journal*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.21111/atj.v4i1.4093>

LAMPIRAN

LAMPIRAN DOKUMENTASI PG. ASSEMBAGOES

No.	Keterangan	Gambar
1.	Kolam Aerasi	
2.	Bak Clarifier	

3.	Outlet IPAL	 A photograph showing an outdoor concrete structure for an IPAL outlet. A wooden sign is placed in the background with the text "OUTLET IPAL", "7-601137-15", and "115-1340-60-111". The structure is surrounded by green foliage.
4.	Saluran In House Keeping	 Four photographs showing the process of cleaning a drainage channel. The top-left photo shows a channel with a valve and some debris. The top-right photo shows a channel with a long metal rod being used to clear debris. The bottom-left photo shows a channel with a large amount of green sludge being removed. The bottom-right photo shows a channel with a long metal rod being used to clear debris.

5.	Spray Pond	 Four photographs showing a spray pond system. The top-left photo shows a close-up of the wooden frame and water spray. The top-right photo shows a wider view of the pond with industrial buildings in the background. The bottom-left and bottom-right photos show the pond from different angles, highlighting the wooden structure and the surrounding industrial environment.
6.	Instalasi Pengolahan Limbah Domestik	 A photograph showing a domestic waste treatment installation. It features a large, rusted metal frame structure over a body of water, with various pipes and equipment visible. The background shows a building with a corrugated metal roof.

7.	Kolam Injeksi	
8.	Bak Kontrol	