



Perencanaan Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Kelapa Sawit

Planning of Palm Oil Wastewater Treatment Plants

Abdul Fatah Ismail, Yeny Dhokhikah¹ Tafany Salsabila Eka Pramudita, Ana Surya Aniska,

Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember,
Jl.Kalimantan 37, Summersari Jember 68121

¹ corresponding author: yeny.teknik@unej.ac.id

ABSTRAK

Industri minyak kelapa sawit merupakan salah satu usaha hasil pertanian yang terpenting di Indonesia. Industri kelapa sawit menghasilkan limbah berupa Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS), Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), dan padatan organik yang berasal dari hasil proses pengolahan tandan buah segar (TBS). Limbah cair dari industri kelapa sawit yang tidak diolah dengan tepat akan menyebabkan timbulnya bau tak sedap pada badan air karena tingginya kandungan bahan organik, minyak dan lemak, dan padatan total tersuspensi. Penelitian ini bertujuan merancang unit pengolahan limbah cair industri minyak kelapa sawit agar sesuai baku mutu Permen LHK RI No 5 Tahun 2014. Karakteristik air limbah kelapa sawit adalah pH 4,2, minyak dan lemak 4.000 mg/L, BOD 278 mg/L, COD 620 mg/L, TSS 18 mg/L, dan Total Nitrogen 750 mg/L. Pengolahan air limbah dapat dilakukan menggunakan teknologi secara fisik, kimia maupun biologis. Unit pengolahan dari industri kelapa sawit terdiri atas sumur pengumpul dan bar screen, grit chamber vortex, grease trap, *dissolved air flotation* (DAF), netralisasi, koagulasi, flokulasi, bak ekualisasi, *sequencing batch reactor* (SBR), desinfeksi, *sludge drying bed* (SDB). Perhitungan neraca massa dari pengolahan di setiap unit menjadi faktor penting agar dapat mengetahui aliran massa semua beban pencemar yang masuk dan keluar tiap unit pengolahan.

Kata kunci: dissolved air floatation, grit chamber vortex, limbah cair kelapa sawit, netralisasi, koagulasi-flokulasi, sequencing batch reactor;

ABSTRACT

The palm oil industry is one of the most important agricultural products in Indonesia. The palm oil industry discharges waste in the form of Liquid Palm Oil Factory Waste (POFW), Empty Palm Oil Bunches (EOB), and organic solids originating from the processing of fresh fruit bunches (FFB). An improperly treated palm-oil wastewater entering water bodies can release unpleasant odors in water bodies due to the rising of organic solid, oil and grease, and total suspended solids. This paper proposes to design a palm oil wastewater treatment plant to ensure that wastewater can be discharged into water bodies safely in accordance with the quality standards of the Republic of Indonesia Minister of Environment and Forestry Regulation No. 5 of 2014. The characteristics of palm oil wastewater are pH of 4.2, oil and grease of 4,000 mg/L, BOD of 278 mg/L, COD of 620 mg/L, TSS of 18 mg/L, and Total of Nitrogen of 750 mg/L. Wastewater treatment can be carried out by physical, chemical and biological processes based on the quality effluent standard of Regulation of the Ministry of Environmental and Forestry no.5/2014. The wastewater plant consists of a collection well including bar screen, grit chamber vortex, grease trap, dissolved air flotation (DAF), neutralization, coagulation, flocculation, equalization tank, sequencing batch reactor (SBR), disinfection, sludge drying bed (SDB). Calculating the mass balance of processing in each unit is an important factor in order to know the mass flow of impurities in each treatment.

Key words: coagulation-flocculation, dissolved air floatation, grit chamber vortex, neutralization, palm oil wastewater, sequencing batch reactor,

PENDAHULUAN

Pengolahan industri minyak kelapa sawit merupakan salah satu usaha hasil pertanian yang terpenting di Indonesia. Seiring dengan bertambahnya tahun peran industri pengolahan kelapa sawit dalam perkembangan agroindustri di Indonesia juga ikut berkembang. Namun permasalahan pencemaran yang ditimbulkan dari industri minyak kelapa sawit juga turut bertambah. Pencemaran yang dihasilkan oleh industri minyak kelapa sawit dapat menurunkan kualitas lingkungan perairan dan kesehatan manusia (Maulinda, 2017). Menurut Raja, *et.al* (2021) industri kelapa sawit menghasilkan limbah berupa Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS), Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), dan padatan organik yang berasal dari hasil proses pengolahan tandan buah segar (TBS). Olahan dari hasil kelapa sawit bertujuan untuk menghasilkan minyak kelapa sawit atau *crude palm oil* (CPO). Proses pengolahan TBS hingga menjadi minyak kelapa sawit berpotensi menghasilkan limbah cair dalam skala yang besar. LCPKS apabila dibuang dalam badan air sangat mengganggu karena kandungan bahan organik yang tinggi, bau tidak sedap, dan kandungan total padatan tersuspensi yang besar (Yulia, *et.al.*, 2016).

Permasalahan air limbah industri minyak kelapa sawit di Indonesia banyak menggunakan pengolahan konvensional sehingga memerlukan alternatif dalam proses pengolahannya. Atas dasar itulah direncanakan suatu instalasi pengolahan limbah cair industri minyak kelapa sawit yang memenuhi baku mutu air limbah industri kelapa sawit dalam Lampiran III Permen LHK RI No 5 Tahun 2014. Pengolahan air limbah dapat dilakukan menggunakan teknologi secara fisik, kimia maupun biologis. Kebutuhan alternatif pengolahan disesuaikan berdasarkan karakteristik air limbah yang akan diolah. Pemilihan teknologi yang tepat menjadi salah satu faktor sebelum dilakukannya pengolahan agar menjadi optimal.

METODOLOGI

Metodologi kajian didasarkan pada studi literatur penelitian terdahulu yang dilakukan dengan media internet melalui peramban Google. Penelusuran menggunakan kata kunci berupa karakteristik air limbah kelapa sawit, baku mutu, dan metode pengolahan. Data perencanaan menggunakan data dari studi literatur dan data sekunder dalam melakukan perhitungan unit pengolahan air limbah. Studi literatur yang digunakan adalah berupa data pencemar yang dihasilkan dari industri kelapa sawit seperti, BOD, COD, TSS, FOG (*Fat Oil Grease*), dan Total Nitrogen. Data sekunder adalah data penunjang yang digunakan dalam perencanaan ini berupa data elevasi wilayah perencanaan.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Industri Kelapa Sawit

Parameter	Nilai	Satuan	Referensi
pH*	4,2		
Minyak dan Lemak*	4.000	mg/L	Iskandar <i>et al</i> , 2018* Sitorus <i>et al</i> , 2020**
Total Nitrogen*	750	mg/L	
TSS*	18	mg/L	
BOD**	278	mg/L	
COD**	620	mg/L	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi Penyisihan Unit Pengolahan

Perhitungan efisiensi penyisihan perlu dilakukan dari hasil pengukuran parameter polutan yang tidak memenuhi baku mutu. Konsentrasi polutan akan dikonversi dengan pengurangan volume reaktor sehingga konsentrasi yang telah dihitung menggambarkan konsentrasi polutan yang masuk dalam unit pengolahan. Berikut adalah efisiensi penyisihan dari setiap unit pengolahan fisik, biologis, kimiawi yang tertera pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Efisiensi Penyisihan Unit Pengolahan

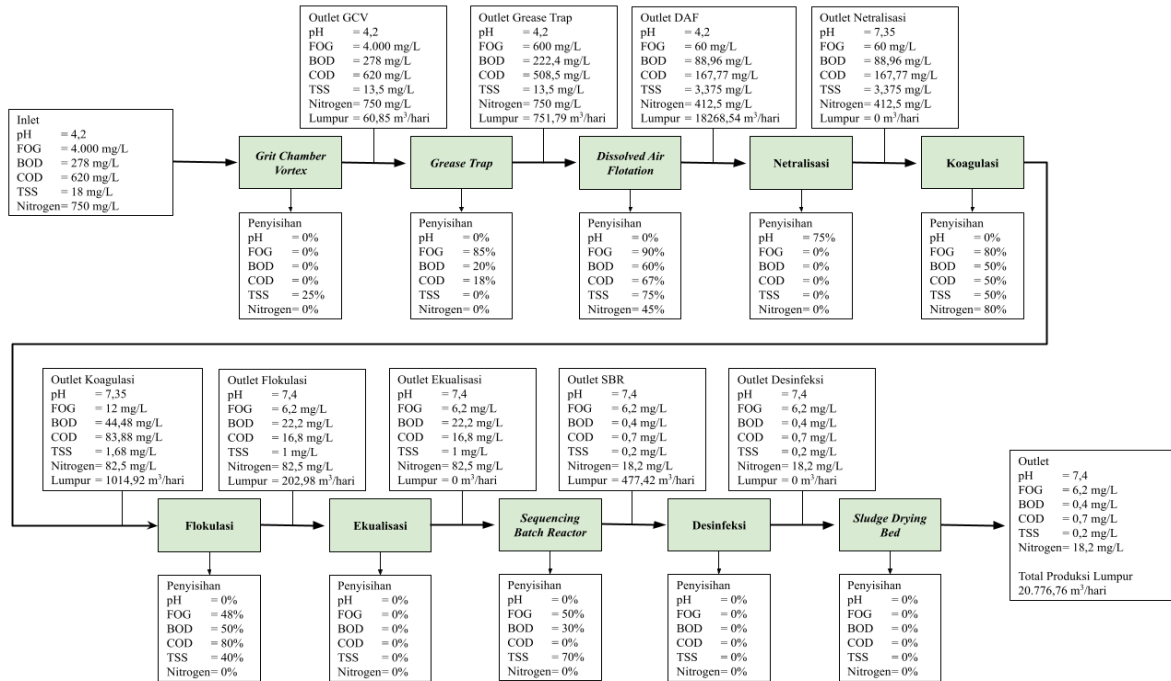
Efisiensi Penyisihan				Pengolahan Fisik						Pengolahan Biologis			
Parameter	Influen	Sumur Pengumpul		Bar Screen		Grit Chamber Vortex		Grease Trap		DAF			
		% Penyisihan	Konsentrasi Akhir	% Penyisihan	Konsentrasi Akhir	% Penyisihan	Konsentrasi Akhir	% Penyisihan	Konsentrasi Akhir	% Penyisihan	Konsentrasi Akhir		
pH	4,2	0%	4,2	0%	4,2	0%	4,2	0%	4,2	0%	4,2		
Minyak dan Lemak	4000	0%	4000	0%	4000	0%	4000	85%	600	90%	60		
BOD	278	0%	278	0%	278	0%	278	20%	222,4	60%	88,96		
COD	620	0%	620	0%	620	0%	620	18%	508,4	67%	167,772		
Total Suspended Solid	18	0%	18	0%	18	25%	13,5	0%	13,5	75%	3,375		
Total nitrogen	750	0%	750	0%	750	0%	750	0%	750	45%	412,5		

Pengolahan Kimia						Pengolahan Fisik		Pengolahan Biologi		Pengolahan Kimia		Pengolahan Lumpur		Baku Mutu (Kadar)	Keterangan
Netralisasi		Koagulasi		Flokulasi		Bak Equalisasi		SBR		Desinfeksi (Klorin)		SDB			
% Penyisihan	Konsentrasi Akhir	% Penyisihan	Konsentrasi Akhir	% Penyisihan	Konsentrasi Akhir	% Penyisihan	Konsentrasi Akhir	% Penyisihan	Konsentrasi Akhir	% Penyisihan	Konsentrasi Akhir	% Penyisihan	Konsentrasi Akhir		
75%	7,35	0%	7,35	0%	7,4	0%	7,4	0%	7,4	0%	7,4	0%	7,4	6 - 9	Memenuhi
0%	60	80%	12	48%	6,2	0%	6,2	0%	6,2	0%	6,2	0%	6,2	25	Memenuhi
0%	88,96	50%	44,48	50%	22,2	0%	22,2	98%	0,4	0%	0,4	0%	0,4	100	Memenuhi
0%	167,772	50%	83,886	80%	16,8	0%	16,8	96%	0,7	0%	0,7	0%	0,7	350	Memenuhi
0%	3,375	50%	1,6875	40%	1,0	0%	1,0	80%	0,2	0%	0,2	0%	0,2	100	Memenuhi
0%	412,5	80%	82,5	0%	82,5	0%	82,5	78%	18,2	0%	18,2	0%	18,2	50	Memenuhi

Sumber: hasil analisis, 2024

Neraca Massa

Neraca massa merupakan ringkasan dari karakteristik air limbah yang masuk dan keluar pada setiap unit pengolahan. Proses pengolahan air limbah kelapa sawit dalam perencanaan digambarkan dalam neraca massa **Gambar 1**.



Gambar 1. Neraca Massa

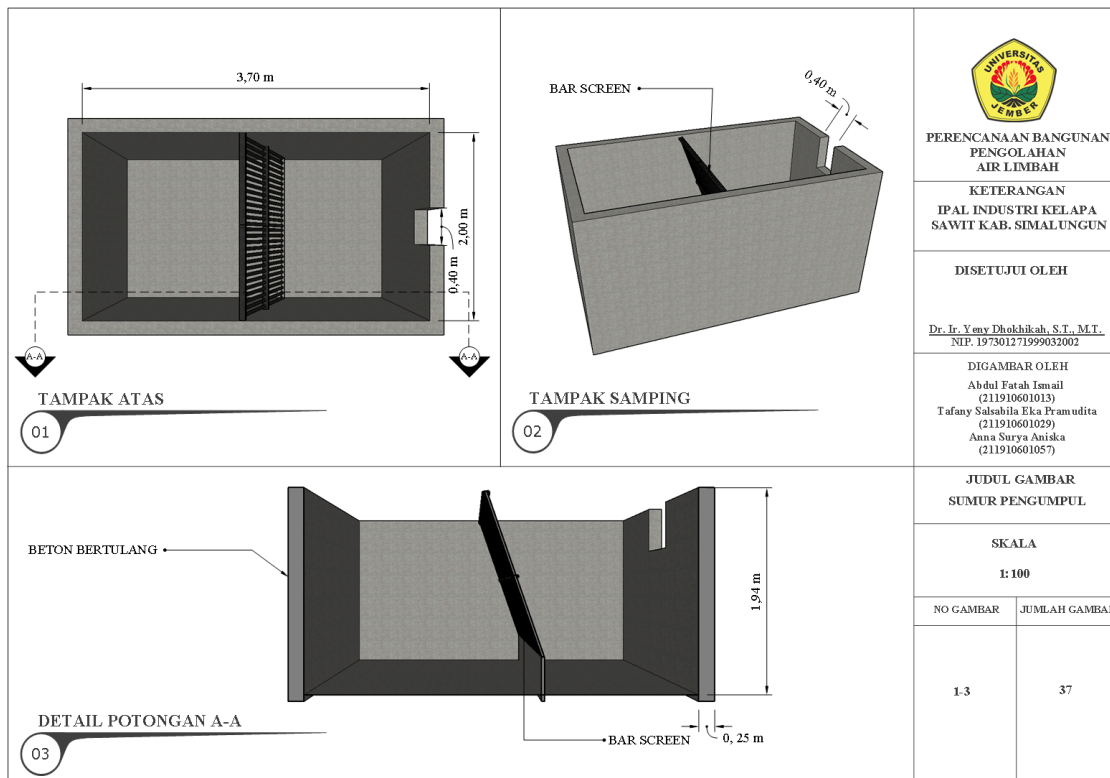
Sumber : hasil analisis, 2024

Pengolahan Pendahuluan

Pengolahan pendahuluan atau pretreatment merupakan suatu proses yang ditujukan untuk mengurangi polutan yang berukuran besar seperti sampah, kerikil, dan pasir (Mulyadi, dkk. 2023). Proses pretreatment menggunakan beberapa metode menyesuaikan pada jenis limbah dan kandungan limbah yang akan diolah. Proses *pretreatment* dilakukan untuk memisahkan kontaminan yang dapat mengganggu pada tahap selanjutnya.

Sumur Pengumpul dan Bar Screen

Sumur pengumpul digunakan untuk menampung air limbah sebelum dilakukan pengolahan. Sumur Pengumpul dalam perencanaan pengolahan air limbah kelapa sawit dirancang bentuk persegi dengan dimensi 4 m x 2 m x 2,5 m. Total sumur pengumpul yang direncanakan adalah 2 unit dengan waktu detensi 5 menit.



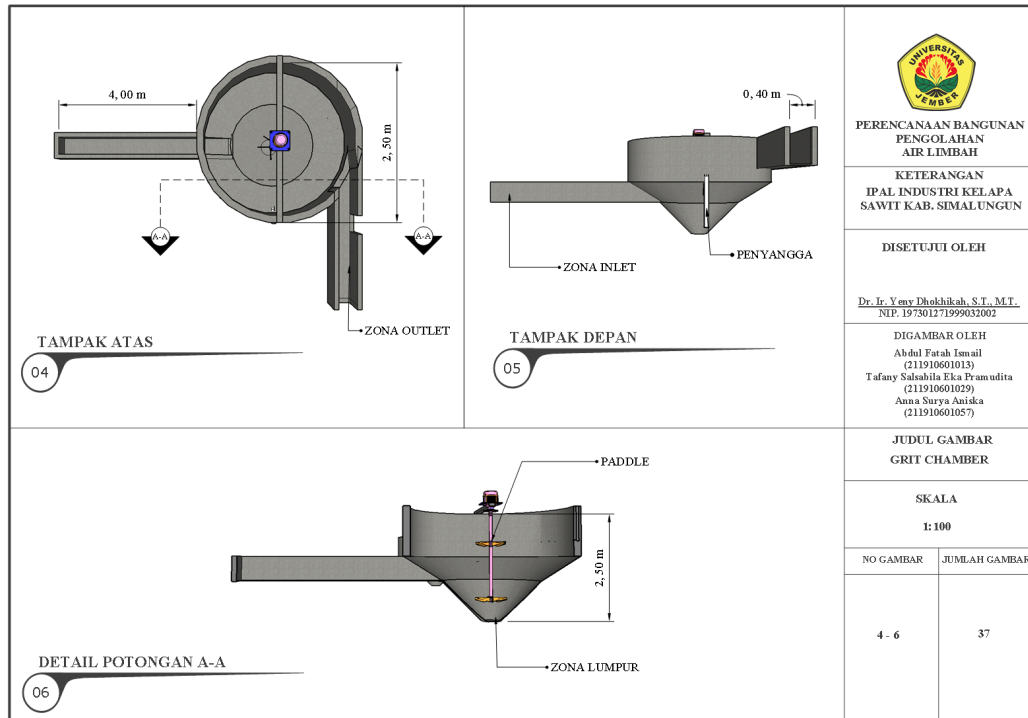
Gambar 2. Hasil rancangan sumur pengumpul dan bar screen

Sumber : hasil analisis, 2024

Bar screen merupakan unit yang digunakan untuk menyaring air limbah dari sampah berukuran besar seperti plastik dan ranting. *Bar screen* dibuat untuk melindungi alat pengolahan dari kerusakan akibat sampah besar yang dapat menyangkut. *Bar screen* direncanakan berjumlah 2 unit dengan lebar 1,5 m dan sudut kemiringan 45°. Unit sumur pengumpul dan *bar screen* dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Grit Chamber Vortex

Grit chamber vortex merupakan suatu unit pengolahan air limbah yang menyaring padatan organik dengan bentuk bak mengerucut. Pola aliran yang memutar mengakibatkan pengendapan pasir secara gravitasi kedalam grit hopper. Pasir yang telah mengendap kemudian dihilangkan dengan cara dipompa (Nguza, 2022). *Grit chamber vortex* adalah tipe ruang pengendapan yang bertujuan untuk memisahkan partikel berat seperti pasir, kerikil, dan material anorganik lain dari air limbah. Sistem ini menggunakan aliran vorteks untuk memaksimalkan pemisahan partikel berat dengan bantuan gaya sentrifugal. *Grit chamber vortex* untuk industri kelapa sawit direncanakan berjumlah 1 unit dengan waktu detensi 60 detik, dimensi *grit chamber vortex* dapat dilihat pada **Gambar 3**.

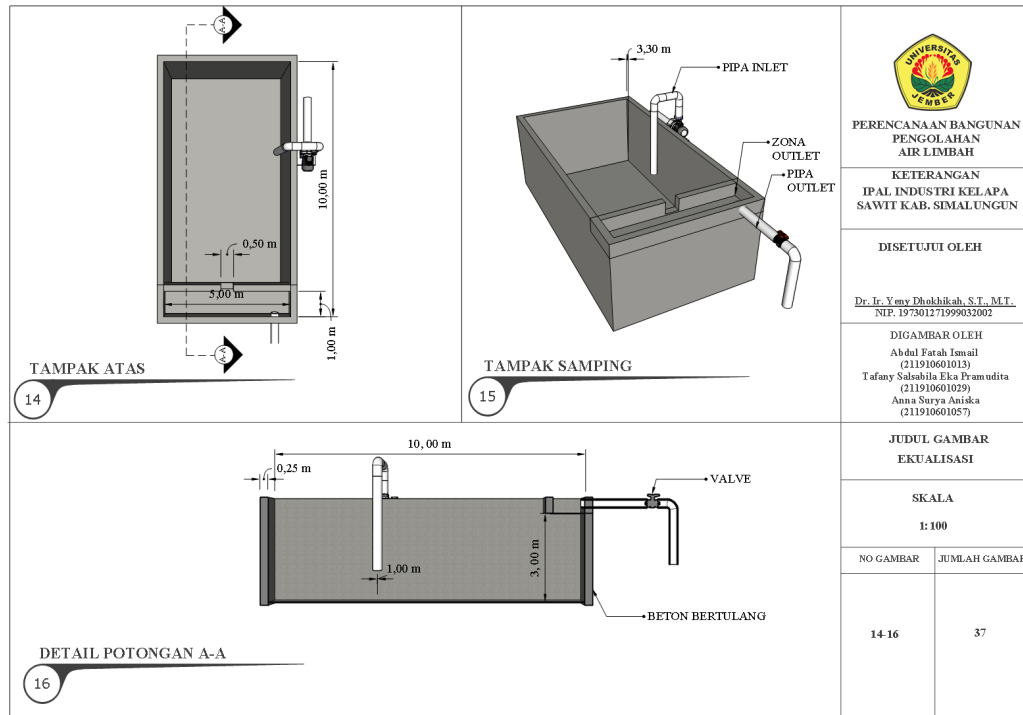


Gambar 3. Hasil rancangan *grit chamber vortex* (GCV)

Sumber : hasil analisis, 2024

Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi merupakan bak yang berfungsi sebagai penyeragam kondisi air limbah dan pengendali aliran. Ekualisasi ditambahkan injeksi udara agar limbah tidak bersifat septik atau anaerobik, serta dilakukan pengadukan untuk menjaga tetap homogen (Kartika & Wahyuningsih, 2019). Pengolahan dengan ekualisasi membutuhkan injeksi udara untuk mengurangi bau yang tidak sedap. Pengolahan dengan ekualisasi dapat meningkatkan efisiensi pengurangan polutan. Bak ekualisasi direncanakan berjumlah 2 unit, waktu detensi 1 jam, dan dimensi bak ekualisasi dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Hasil rancangan bak ekualisasi

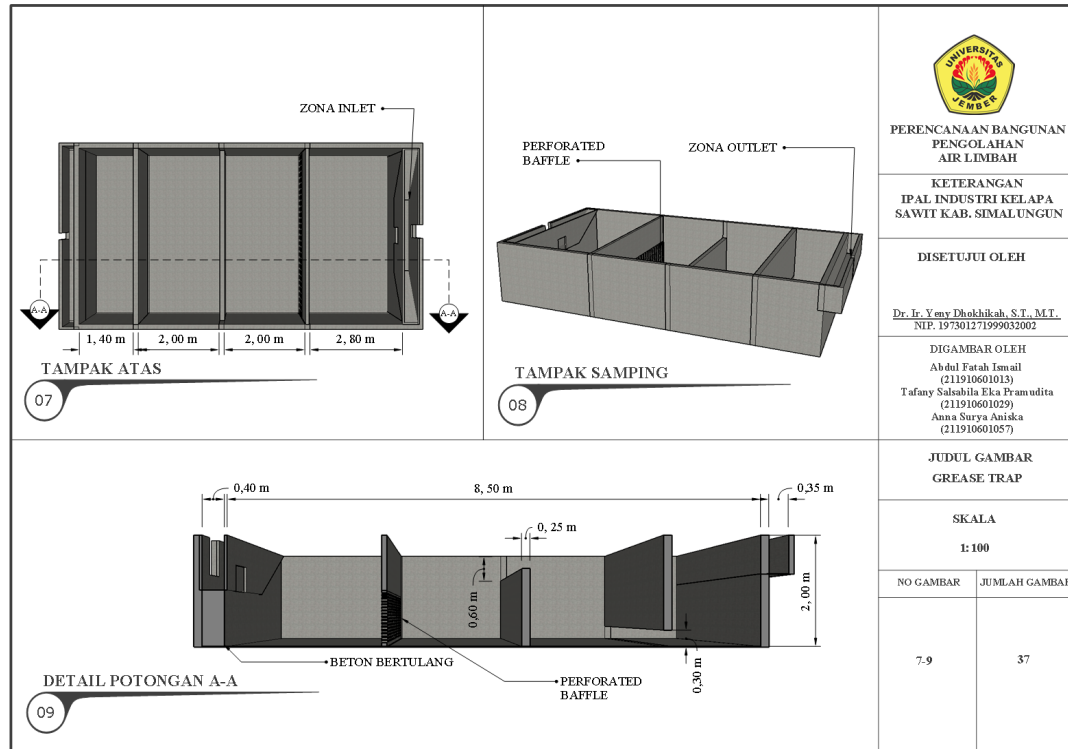
Sumber : hasil analisis, 2024

Pengolahan Biologis

Pengolahan secara biologis ramah lingkungan dimana mikroba menghidrolisis komponen organik sehingga akan meningkatkan proses anaerobik. Pengolahan secara biologis dapat dilakukan dalam dua kondisi yaitu anaerobik dan aerobik. Kondisi anaerobik digunakan pada saat kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) tinggi (Rusmey, 2009).

Oil and Grease Trap

Air limbah yang dihasilkan dari industri minyak kelapa sawit mengandung FOG sebanyak 4.000 mg/l sehingga membutuhkan unit pengolahan minyak dan lemak (*oil and grease trap*). Minyak dan lemak mempunyai berat jenis yang lebih kecil dari pada air sehingga akan membentuk endapan pada bagian atas air. Lapisan minyak kemudian dapat dihilangkan dengan cara fisik berupa *scraping*. Kecepatan aliran yang lambat akan memberikan waktu lemak dan minyak terpisah dari air dengan gaya gravitasi (Rusmey, 2009). *Oil and Grease Trap* direncanakan 2 unit dengan waktu tinggal 116 menit yang dapat dilihat pada **Gambar 5**.

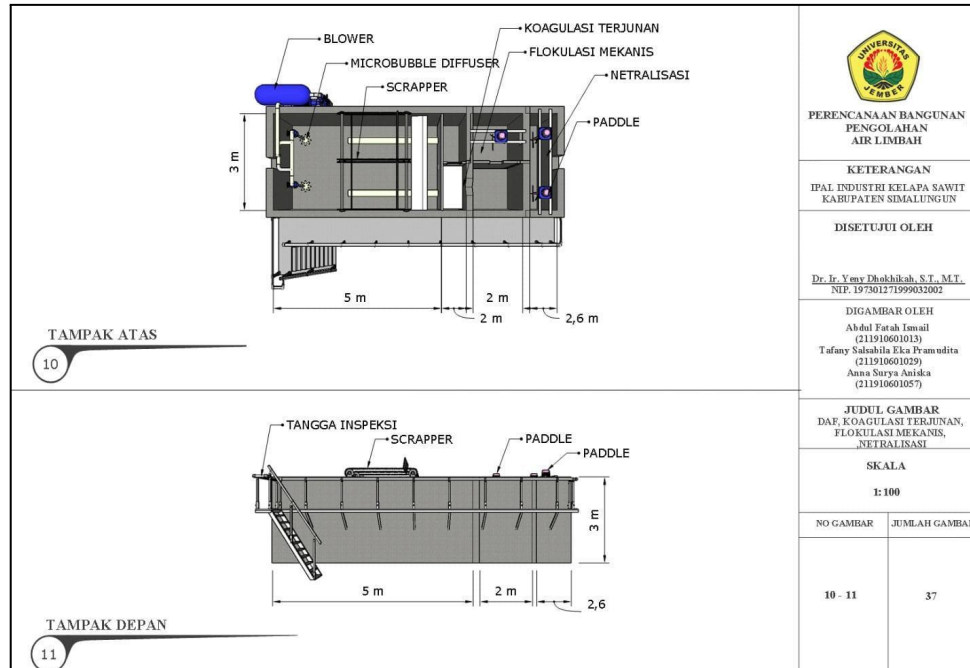


Gambar 5. Hasil rancangan grease trap

Sumber : hasil analisis, 2024

Dissolved Air Flotation

Dissolved Air Flotation flotasi udara terlarut yaitu proses suatu partikel tersuspensi dipisahkan dari air dengan bantuan gelembung udara untuk mengangkat partikel ke permukaan air. Metode ini cocok untuk proses pemisahan padatan dengan tingkat densitas yang rendah sehingga sulit diendapkan. DAF dipengaruhi oleh tekanan saturasi yang berpengaruh pada besarnya bentuk gelombang udara untuk mengangkat partikel tersuspensi dalam air. Mekanisme kerja DAF juga dipengaruhi oleh laju aliran umpan (Saju., *et, al.* 2020). DAF direncanakan berjumlah satu unit dengan penggabungan proses koagulasi, flokulasi, dan netralisasi pada unitnya yang dapat dilihat pada **Gambar 6**.

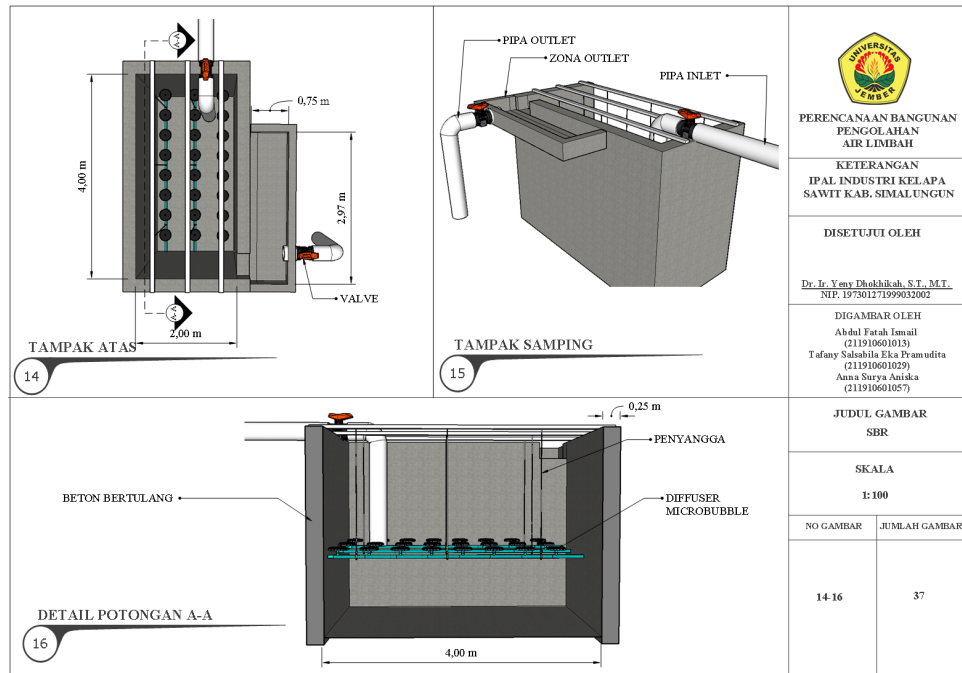


Gambar 6. Hasil rancangan *dissolved air floatation* (DAF)

Sumber : hasil analisis, 2024

Sequencing Batch Reactor (SBR)

Sequencing Batch Reactor atau SBR merupakan suatu proses pengolahan air limbah yang sederhana dengan tingkat efisiensi yang tinggi dalam menurunkan senyawa organik. Pengolahan secara SBR hampir sama dengan proses pengolahan lumpur aktif, hanya saja langkah pengolahan terjadi dalam satu bak sementara lumpur aktif dipisah dalam beberapa bak (Yadaturrahmah & Hendrasarie, 2021). SBR direncanakan dengan waktu pengisian 3 jam, waktu aerasi 2 jam, waktu pengendapan 1 jam, waktu diam 1 jam. Unit SBR dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Hasil rancangan *sequencing batch reactor* (SBR)

Sumber : hasil analisis, 2024

Pengolahan Kimiawi

Proses pengolahan kimiawi digunakan dengan menambahkan bahan kimia sebagai pendukung dalam pengolahan. Penambahan bahan kimia dapat mengikat polutan dan menstabilkan asam dan basa suatu larutan. Tujuan dari pengolahan kimia adalah mengolah limbah sehingga aman bagi lingkungan sesuai dengan peraturan pemerintah yang telah ditetapkan.

Netralisasi

Netralisasi merupakan proses dimana asam dan basa bereaksi satu sama lain dalam pembentukan garam dan air, sehingga dapat mengurangi atau menaikkan nilai pH suatu larutan. Netralisasi sangat berpengaruh pada proses lanjutan pengolahan limbah, karena pH limbah yang netral akan lebih efektif dalam penyisihan polutan. pH yang terlalu asam juga dapat merusak komponen komponen alat pengolahan karena bersifat korosif (Arifin., *et.al.* 2019). Bangunan netralisasi bergabung dengan unit DAF.

Koagulasi

Proses koagulasi merupakan suatu mekanisme dimana partikel koloid dinetralkan muatannya, sehingga partikel akan saling berdekatan membentuk flok. Proses koagulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pH, dosis koagulan, serta kekeruhan larutan (Arifin., *et.al.* 2019). Perencanaan menggunakan zat koagulan berupa zeolit dan menggunakan metode koagulasi terjunan.

Flokulasi

Flokulasi merupakan pengolahan lanjutan dari proses koagulasi. Flokulasi merupakan tempat dimana flok yang telah terbentuk dialirkan melalui media flokulan. Bak flokulasi yang semakin panjang akan lebih efisien dalam pengendapan flok dengan bantuan gravitasi (Arifin., *et.al.* 2019).

Desinfeksi

Proses desinfeksi menggunakan penambahan agen dalam mengurangi jumlah mikroorganisme patogen pada air limbah. Pengolahan desinfeksi dapat menggunakan beberapa metode seperti klorinasi, ozonisasi, sinar ultraviolet, dan hidrogen peroksida. Pengolahan limbah industri minyak kelapa sawit ini menggunakan metode klorinasi dimana senyawa klorin dapat berupa gas klorin, natrium hipoklorit, kalsium hipoklorit (Furqoon, D., *et.al.* 2022).

Pengolahan Lumpur

Pengolahan lumpur adalah metode untuk mengurangi volume lumpur, yang bisa dilakukan melalui proses pengeringan atau dewatering menggunakan Sludge Drying Bed (SDB). Proses pengeringan dengan SDB dimulai dari unit final clarifier dan dilakukan dengan bantuan sinar matahari untuk penguapan (Dian dan Herumurti, 2016). SDB umumnya berbentuk persegi panjang, terdiri dari lapisan pasir, kerikil, dan pipa drainase yang berfungsi mengalirkan air hasil pengeringan lumpur. Waktu pengeringan lumpur di SDB sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca (Metcalf dan Eddy, 2003). Pada musim panas, proses pengeringan memakan waktu antara 2 hingga 3 minggu, dengan sisa padatan kering mencapai 30 – 40%.

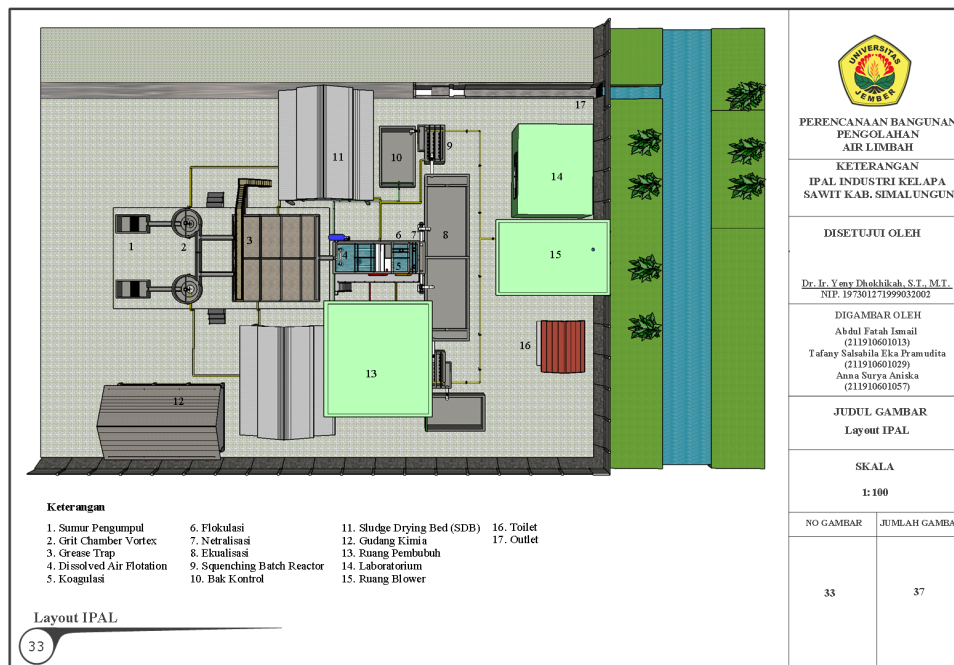
Kebutuhan Lahan IPAL

Perencanaan instalasi pengolahan air limbah di industri kelapa sawit didukung dengan beberapa bangunan penunjang seperti laboratorium kimia, gudang kimia, toilet, akses jalan dan rumah pompa. Bangunan pendukung berfungsi untuk memberikan fasilitas pendukung dalam proses pengolahan air limbah agar berjalan efisien. Ada pun kebutuhan lahan minimal untuk pembangunan IPAL di industri kelapa sawit seluas 3850 m² atau setara dengan 0,4 ha. Rincian kebutuhan lahan per unit tertera pada **Tabel 3**. Gambaran *site plan* dari perencanaan IPAL dapat dilihat pada **Gambar 8**

Tabel 3. Kebutuhan Lahan IPAL

Kebutuhan Lahan	Luas Lahan	Satuan
Sumur Pengumpul	13,8	m ²
Grit Chamber	2,5	m ²
Grease Trap	85,0	m ²
DAF	15,0	m ²
Koagulasi	2,2	m ²
Flokulasi	12,0	m ²
Netralisasi	1,7	m ²
Bak Ekualisasi	99,5	m ²
SBR	36,6	m ²
Desinfeksi	24,9	m ²
SDB	75,9	m ²
Ruang Pembubuhan	120	m ²
Toilet	24	m ²
Laboratorium	90	m ²
Gudang Bahan Kimia	104	m ²
Area Mobilisasi	3073,9	m ²
Total	3850,0	m²
	0,4	ha

Sumber: hasil analisis, 2024



Gambar 8. Site Plan IPAL

Sumber: hasil analisis, 2024

KESIMPULAN

1. Pengolahan air limbah dalam industri kelapa sawit terdiri atas beberapa pengolahan yang harus memasuki tahapan-tahapan. Pengolahannya terdiri atas, pengolahan fisik, pengolahan biologis, dan pengolahan kimia.
2. Unit pengolahan air limbah industri dimulai dari unit sumur pengumpul dan bar screen, grit chamber vortex, grease trap, *dissolved air flotation* (DAF), netralisasi, koagulasi, flokulasi, bak ekualisasi, *sequencing batch reactor* (SBR), desinfeksi, *sludge drying bed* (SDB).
3. Pemanfaatan unit pengolahan air limbah di industri kelapa sawit sangat efisien karena efluen rata-rata yang keluar ke badan air mengalami penurunan hingga 80%
4. Kebutuhan lahan minimal untuk pembangunan instalasi pengolahan air limbah seluas 3850 m² atau setara dengan 0,4 ha. Bangunan pendukung yang dibangun berupa laboratorium kimia, gudang bahan kimia, toilet, ruang pompa dan akses jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, U. R., Jadid, M. M., & Widiono, B. (2019). Pengolahan Limbah Air Asam Tambang Emas dengan Proses Netralisasi Koagulasi Flokulasi. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 5(2), 112-120.
- Dian, G., & Herumurti, W. (2016) Evaluasi kinerja instalasi pengolahan lumpur tinja (iplt) keputih, surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1).
- Furqoon, D., Andrio, D., Asmura, J., Priyambada, G., Yannie, E., Hafidawati., Daud, S., Reza, M., Murdiya, F. (2022). Proses Ozonasi Untuk Pemanfaatan Kembali Buangan Akhir Pengolahan Pome Sebagai Air Baku Di Industri Minyak Sawit. Vol 1 No 1. Halaman 47-54.
- Iskandar, M.J., Baharum, A., Anuar, F.H., & Othaman, R. (2018) *Palm oil industry in South East Asia and the effluent treatment technology—A review. Environmental technology & innovation*, 9, 169-185.
- Kartika, D. (2019). Analisis Kandungan Amoniak dalam Limbah Outlet KPPL PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 1(2), 6-11.
- Maulinda, L. (2017). Pengolahan awal limbah cair pabrik minyak kelapa sawit secara fisika. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 2(2), 31-41.
- Metcalf, & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*. New York: Mc Graw Hill Inc.
- Mulyadi, I., Nuraini, S. J., & Rahayu, A. (2023). Optimasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pada Industri Minyak Kelapa Sawit *Optimization Of Wastewater Treatment Installations In The Palm Oil Industry. Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 7(1).
- Nguza, T. C. (2022). *Evaluation Of Vortex Settling Basin (Vsb) Performance In Grit Removal From Sewer Lines (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University)*.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan no.5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah
- Raja, P. M., Giyanto, G., & Barus, S. (2021). Karakteristik Kandungan Unsur N, P Dan K Limbah Cair Kelapa Sawit Kolam Anaerob Dengan Kontak Kuantitas Bentonit. *Jurnal Agrium*, 18(2).
- Rusmey. (2009) .Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit, Medan : Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- diploma an Agricultural Production: Adelaide University. Brisbane.
- Saju, J. A., Rubel, S. N. R., Rahman, M. M., Nayan, S. B., & Bagchi, R. (2020). *Effectiveness of manual bar screen in separating solid waste from municipal sewers of Khulna city. Aust. J. Eng. Innov. Technol*, 2(3), 31-41.
- Sitorus, Yesika. Mardina, Vivi. (2020). Karakteristik Kimia dari Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit PTPN Y. *Jurnal EnviScience*. 4(2) : 58 - 66
- Yadaturrahmah, II, & Hendrasarie, N. (2021). Pengaruh penambahan impeller pada fase aerobik terhadap efisiensi kinerja sequencing batch reaktor pada limbah cair industri tahu. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* , 13 (1), 7-13.
- Yulia, R., Meilina, H., Adisalamun, A., & Darmadi, D. (2016). Aplikasi metode Advance Oxidation Process (AOP) Fenton pada pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 11(1), 1-9.