

SKRIPSI

**EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH PADA PABRIK KELAPA SAWIT
DI KABUPATEN LUWU TIMUR**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUHAMMAD FIRMANSYAH
D131 19 1044**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA PABRIK KELAPA SAWIT DI KABUPATEN LUWU TIMUR

Disusun dan diajukan oleh

Muhammad Firmansyah
D131191044

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 27 Februari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc.
NIP 19590116198021001

Pembimbing Pendamping,



Nurjannah Oktorina, S.T., M.T.
NIP 199210242019016001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER.
NIP 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Muhammad Firmansyah

NIM : D131191044

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit di
Kabupaten Luwu Timur}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 08 Maret 2024

Yang Menyatakan



Muhammad Firmansyah

ABSTRAK

MUHAMMAD FIRMANSYAH. *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit di Kabupaten Luwu Timur* (dibimbing oleh Achmad Zubair dan Nurjannah Oktorina Abdullah)

Aktivitas perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu penyebab terjadinya pencemaran di sekitar perairan perusahaan tersebut. Melihat banyaknya produksi yang dihasilkan setiap tahunnya limbah yang dihasilkan sangatlah besar, sehingga akan mempengaruhi kualitas air sungai sebagai tempat pembuangan akhir. Limbah kelapa sawit adalah suatu buangan yang berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan sekitar.

Tujuan dari penelitian ini yaitu Untuk Menganalisis kinerja pengendalian pencemaran air, menganalisis efektivitas dan menganalisis kesesuaian desain tiap unit IPAL Kelapa Sawit di Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur.

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif dengan sifat analisis melalui pengambilan sampel air pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit Kabupaten Luwu Timur kemudian dilakukan perhitungan nilai kadar COD, BOD, TSS, Minyak dan Lemak, dan Total Nitrogen yang ada pada inlet dan outlet untuk diketahui efisiensi pengolahan IPAL beserta dihitung perbandingan kesesuaian unit pengolahan dengan keadaan yang seharusnya sesuai dengan kriteria desainnya masing-masing.

Manajemen Pengelolaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit Kabupaten Luwu Timur bisa dikatakan belum berjalan dengan baik, sistem pengelolaan yang digunakan belum maksimal berjalan dengan optimal dikarenakan masih kurangnya tenaga yang berkompeten untuk mengelola IPAL dan masih kurangnya infrastruktur pendukung untuk pengelolaan IPAL yang baik. Hasil perbandingan kesesuaian IPAL Pabrik Kelapa Sawit Kabupaten Luwu Timur menunjukkan beberapa ketidaksesuaian desain rencana yang digunakan dengan metode pengolahan yang digunakan pada IPAL Pabrik Kelapa Sawit Kabupaten Luwu Timur. Efisiensi pengolahan yang dihasilkan dari IPAL ini yaitu 1. Parameter BOD 95,3% ; 2. Parameter COD 94,05% ; 3. Parameter TSS 97,37% ; 4. Total Nitrogen 59,32% ; 5. Minyak lemak 0%. Meskipun dapat dikatakan memiliki efisiensi tetapi belum optimal disetiap unit pengolahannya karena terdapat beberapa parameter yang masih diatas baku mutu yang di persyaratkan untuk air limbah kelapa sawit.

Kata Kunci: Air Limbah, Pengolahan, IPAL

ABSTRACT

MUHAMMAD FIRMANSYAH. *Performance Evaluation of Wastewater Treatment Plant in the Palm Oil Factory in East Luwu Regency* (supervised by Achmad Zubair and Nurjannah Oktorina Abdullah)

The activity of oil palm plantations is one of the causes of pollution in the surrounding waters of the company. Considering the significant annual production, the generated waste is substantial, thereby affecting the river water quality as the final disposal site. Oil palm waste is a potential environmental pollutant.

The purpose of this research is to analyze the performance of water pollution control, assess effectiveness, and analyze the suitability of the design of each wastewater treatment unit in the Burau District, East Luwu Regency.

This study is quantitative in nature, involving analysis through water sampling at the Wastewater Treatment Plant of the Oil Palm Factory in East Luwu Regency. The concentrations of COD, BOD, TSS, Oil and Fat, and Total Nitrogen in the inlet and outlet are calculated to determine the efficiency of the wastewater treatment plant. Additionally, a comparison is made between the treatment unit's suitability and its designed criteria.

The management of the Wastewater Treatment Plant in the Oil Palm Factory of East Luwu Regency is considered suboptimal. The current management system is not running optimally due to a lack of competent personnel to operate the wastewater treatment plant and insufficient supporting infrastructure for proper plant management. The comparison of the suitability of the Wastewater Treatment Plant in the Oil Palm Factory of East Luwu Regency indicates some inconsistencies between the planned design and the treatment method employed. The treatment efficiency of this wastewater treatment plant is as follows: 1. BOD Parameter 95.3%; 2. COD Parameter 94.05%; 3. TSS Parameter 97.37%; 4. Total Nitrogen 59.32%; 5. Oil and Fat 0%. Although the efficiency is noteworthy, it is not yet optimal for each processing unit, as some parameters still exceed the required standards for oil palm wastewater.

Keywords: Wastewater Treatment Plant, Treatment Efficiency, Effectiveness

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
Daftar Singkatan dan simbol.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	3
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Air Limbah.....	5
2.2 Macam-Macam Air Limbah.....	6
2.3 Pengendalian Air Limbah	6
2.4 Sistem Pengolahan Air Limbah	7
2.5 Pengoperasian dan Pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah	9
2.6 Karakteristik Air Limbah.....	14
2.7 Standarisasi Air Limbah di Indonesia.....	18
2.8 Klasifikasi Proses Pengolahan air limbah.....	18
2.9 Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah	21
2.10 Kapasitas Pengolahan Air Limbah.....	21
2.11 Tahapan Rencana Pelaksanaan	22
2.12 SCADA (<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>)	22
2.13 Industri Kelapa Sawit.....	23
2.14 Penelitian Terdahulu	30
BAB III METODE PENELITIAN.....	39
3.1 Rancangan Penelitian.....	39
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	39
3.3 Alat dan Bahan.....	41
3.4 Populasi dan Sampel	43
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	44
3.6 Penentuan Titik Pengambilan Sampel	44
3.7 Pengambilan Data	45
3.8 Pengujian Sampel Air Limbah.....	47
3.9 Teknik Analisis Data.....	47
3.10 Industri Kelapa Sawit Kabupaten Luwu Timur	48
3.11 Diagram Alir Penelitian	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	56

4.1 Hasil Observasi Lapangan	56
4.2 Hasil Uji Parameter Air Limbah	57
4.2 Evaluasi Manajemen Pengolahan Air Limbah IPAL Pabrik Kelapa Sawit Kabupaten Luwu Timur	62
4.3 Evaluasi Unit – Unit IPAL.....	66
4.4 Rekomendasi Perbaikan	82
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	89
5.1 Kesimpulan	89
5.2 Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Pengolahan limbah menurut kapasitas industri.....	7
Gambar 2 Unit pengolahan <i>Bar Screen</i>	8
Gambar 3 Unit pengolahan <i>Grease Trap</i>	8
Gambar 4 Bagan Alir Proses Pengolahan Kelapa Sawit Kabupaten Luwu Timur.....	27
Gambar 5 Lokasi penelitian pada Unit Usaha Pabrik Kelapa Sawit Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur	40
Gambar 6 Layout IPAL Kelapa Sawit Kabupaten Luwu Timur.....	41
Gambar 7 Titik pengambilan sampel air limbah.....	45
Gambar 8 Pengukuran dimensi Instalasi Pengolahan Air Limbah	46
Gambar 9 Prosedur pengambilan sampel air limbah kelapa sawit (membilas botol)	46
Gambar 10 Penyimpanan botol sampel air limbah pabrik kelapa sawit dalam <i>cool box</i>	47
Gambar 11 Kolam <i>Fat Pit</i>	50
Gambar 12 Bak <i>cooling pond</i>	51
Gambar 13 Bak anaerobik.....	51
Gambar 14 Bak fakultatif.....	52
Gambar 15 Bak Aerobik 1 & 2	52
Gambar 16 Bak pengendap	53
Gambar 17 Diagram alir penelitian.....	55
Gambar 18 Hasil Uji Parameter INLET IPAL.....	58
Gambar 19 Hasil Uji Parameter Bak <i>Cooling Pond</i>	59
Gambar 20 Hasil Uji Parameter Bak Anaerobik I	59
Gambar 21 Hasil Uji Parameter Bak Anaerobik II	60
Gambar 22 Hasil Uji Parameter Bak Fakultatif	60
Gambar 23 Hasil Uji Parameter Bak Aerobik I	61
Gambar 24 Hasil Uji Parameter Bak Aerobik II	61
Gambar 25 Hasil Uji Parameter Bak Sedimentasi	62
Gambar 26 Diagram Alir <i>Mass Balance</i>	77
Gambar 27 diagram alir IPAL perbaikan sederhana.....	82
Gambar 28 diagram alir pengolahan alternatif.....	85

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Regulasi air limbah yang berlaku di Indonesia.....	18
Tabel 2	Baku mutu air limbah industri kelapa sawit.....	27
Tabel 3	Penelitian terdahulu yang terkait.....	30
Tabel 4	Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian	41
Tabel 5	Rincian tenaga kerja PKS Kabupaten Luwu Timur.....	49
Tabel 6	Hasil pengukuran dimensi eksisting unit-unit IPAL.....	54
Tabel 7	Rekap Hasil Pengujian Instalasi Pengolahan Air Limbah IPAL Pabrik Kelapa Sawit Kabupaten Luwu Timur	57
Tabel 8	Evaluasi Perbandingan Kriteria Desain dan Hasil Eksisting Bak Pendingin	66
Tabel 9	Evaluasi Perbandingan Kriteria Desain dan Hasil Eksisting Bak Anaerobik I	67
Tabel 10	Evaluasi Perbandingan Kriteria Desain dan Hasil Eksisting Bak Anaerobik II	68
Tabel 11	Evaluasi Perbandingan Kriteria Desain dan Hasil Eksisting Bak Fakultatif	70
Tabel 12	Evaluasi Perbandingan Kriteria Desain dan Hasil Eksisting Bak Aerobik I.....	71
Tabel 13	Evaluasi Perbandingan Kriteria Desain dan Hasil Eksisting Bak Aerobik II	72
Tabel 14	Evaluasi Perbandingan Kriteria Desain dan Hasil Eksisting Bak Sedimentasi.....	74
Tabel 15	Rekapitulasi Hasil Evaluasi	78
Tabel 16	Kriteria Desain Bak Pengering Lumpur (SDB)	83

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
BOD	<i>Biological Oxigen Demand</i>
COD	<i>Chemical Oxigen Demand</i>
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>
TBS	Tandan Buah Segar
IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah
PKS	Pabrik Kelapa Sawit
CPO	<i>Crude Palm Oil</i>
PKO	<i>Palm Kernel Oil</i>
SCADA	<i>Supervisory Control And Acquisition</i>
IPLC	Izin Pembuangan Air limbah
SPARING	Sistem Pemantauan Kualitas Air secara Terus Menerus dan Dalam jaringan
Q	Debit Air Limbah yang dihasilkan dari pengolahan
Td	Waktu Detensi
As	Luar Permukaan Kolam

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian Laboratorium Kualitas Air DTL FT-UH.....	93
Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian.....	94
Lampiran 3 Bagan Alir Identifikasi Dampak.....	101
Lampiran 4 Layout Site Pabrik Kelapa Sawit Pabrik Kelapa Sawit Kabupaten Luwu Timur.....	102
Lampiran 5 Perhitungan Unit Pengolahan <i>Cooling Pond</i>	103
Lampiran 6 Perhitungan Unit Pengolahan Bak Anaerobik I.....	106
Lampiran 7 Perhitungan Unit Pengolahan Bak Anaerobik II.....	109
Lampiran 8 Perhitungan Unit Pengolahan Bak Fakultatif.....	112
Lampiran 9 Perhitungan Unit Pengolahan Bak Aerobik I.....	116
Lampiran 10 Perhitungan Unit Pengolahan Bak Aerobik II.....	120
Lampiran 11 Perhitungan Kolam Sedimentasi.....	124
Lampiran 12 DED IPAL PKS Kabupaten Luwu Timur.....	124

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit di Kabupaten Luwu Timur**” ini.

Pencapaian ini tidak lepas dari bantuan, serta dukungan dari banyak pihak. Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak menemui hambatan, namun berkat bantuan, bimbingan, nasehat, dan tujuan utama penulis serta doa dari kedua orang tua membuat penulis semangat dan menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya.

Demikianlah pengantar ini, dengan iringan doa serta harapan semoga tulisan sederhana ini dapat diterima dan bermanfaat bagi pembaca dan pendengar. Atas semua ini penulis mengucapkan terimakasih yang tidak terhingga. Semoga segala bantuan dan semua motivasi mudah-mudahan terhitung sebagai amal yang baik, Aamin ya rabbal alamin. Pada kesempatan kali ini pula penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orangtua yang sangat saya sayangi, Bapak M. Aminullah, S.Pd., M.M., M.Pd dan Ibu Irma Labuan, S.KM., M.Kes., yang telah mencurahkan segala perhatian, kasih sayang, doa dan dukungan yang tidak ada hentinya, serta telah banyak berkorban untuk menyekolahkan penulis sampai penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc. dan Ibu Nurjannah Oktorina S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penyusun.
6. Seluruh Staf Akademik Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang membantu kami dalam mengurus administrasi yang diperlukan dalam perihal Tugas Akhir ini.
7. Seluruh Keluarga Besar Nawir Labuan yang telah banyak mendukung, memotivasi dan selalu mendoakan saya untuk menjadi kebanggaan keluarga besar.

8. Ummi, Nur Anny Suryaningsih Taufieq, S.P., M.Si., Ph.D. yang telah banyak meluangkan waktunya untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
9. Putri Humaira Salsabila, yang selalu menyemangati, memotivasi, serta membantu penulis dengan sangat sabar dalam suka dan duka penyusunan Tugas Akhir ini sampai selesai. Bismillah jadi partner seumur hidupp, Aaminn.
10. Seluruh teman-teman Jajaran Pengurus Kabinet Rekonstruksi HMTL FT-UH Periode 2020/2021 yang telah kebersamai langkah demi langkah berat dalam setiap proses untuk terus bertumbuh yang saya lalui disini.
11. Seluruh anggota keluarga Bahagia, Buya Ibnu Fulqan, Muhammad Rifqi Syech Putra, Putri Humaira Salsabila, Nila Fitra Andini, Fitri Wulandari, Mustabsirah Sabiq yang sudah menjadi teman merangkap keluarga yang sangat baik untuk saya, yakin dan percaya akan jadi orang sukses semua! Aaminn.
12. Seluruh teman-teman dan kanda-kanda senior serta adik-adik yang sangat saya banggakan di Badan Pengurus Harian Unit Kegiatan Mahasiswa Bulutangkis Universitas Hasanuddin Tahun 2021 dan 2022 terkhusus kepada Hamman Badruttamanan Amiruddin, Rahmat Rilangi, Arini Azhar dan Zulfitri Handayani yang telah membantu dan meyakinkan saya dalam melalui 1 periode kepengurusan yang saya pimpin dan banyak menutupi kekurangan yang saya miliki sekaligus menjadi teman yang sangat baik untuk saya.
13. Kakak-kakak dan teman-teman, serta adik-adik Asisten Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah kebersamai penulis dalam menjalani kehidupan sebagai anak air.
14. Seluruh teman-teman laboratorium riset kualitas air terkhusus kepada Bagas Fairuz Daffa, Mujahidah Izzatul Jannah, Ririn Nur Fitrah, Annisa Mahani Putri dan Aisyah Putri yang sudah sama-sama berjuang dan dibentuk menjadi manusia yang lebih berkualitas di lab kualitas air dengan banyaknya rintangan yang telah dilewati, sukses selalu kawan-kawanku.
15. Seluruh teman-teman Portland 2020 yang telah kebersamai dalam perkuliahan serta proses pengembangan diri yang luar biasa selama masa kuliah.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan produk pertanian yang strategis sebagai sumber minyak nabati, dengan produksi 4.09 ton perhektar pertahun. Produktivitasnya yang tinggi menjadikan kelapa sawit kompetitif sebagai alternatif minyak yang dapat digunakan oleh industri makanan, kosmetik, produk kesehatan, *biofuel* dan *biodiesel*. Potensi kelapa sawit mendorong indonesia memperluas area perkebunan kelapa sawit (Stephanie, Tinaprilla and Rifin, 2018).

Konsumsi minyak kelapa sawit dari tahun ke tahun terus tumbuh. Pertumbuhan tersebut disebabkan oleh pertumbuhan industri yang membutuhkan bahan baku minyak kelapa sawit seperti kosmetik, *health care*, dan *biodiesel*. Konsumsi CPO dunia pada tahun 2025 diperkirakan akan berkisar antara 41.,5 – 44,45 juta Ton. Peluang peningkatan produksi sampai tahun 2025 berkisar antara 15,78-18,78 juta Ton. Indonesia diperkirakan memperoleh peluang terbesar dengan memanfaatkan sekitar 40% atau sekitar 6,31-7,51 juta ton.

Industri minyak menggunakan serangkaian proses untuk mengolah Tandan Buah Segar (TBS) menjadi minyak mentah yang siap dijual. Dalam setiap proses pengolahan terdapat sisa hasil proses yang tidak dapat digunakan kembali. Sisa proses ini kemudian yang nantinya akan menjadi limbah dari proses pengolahan minyak kelapa sawit. Diantara beberapa limbah yang dihasilkan pabrik kelapa sawit, air limbah merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan pabrik kelapa sawit terutama dalam proses perebusan dan pengepresan buah (Purba and Sipayung, 2018). Kelapa sawit adalah penghasil minyak nabati yang paling efisien dan banyak tumbuh di daerah tropis (Stephanie, Tinaprilla and Rifin, 2018).

Air limbah kelapa sawit merupakan salah satu polutan yang berpotensi menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan. Limbah industri ini diketahui dapat menyebabkan terjadinya pencemaran, khususnya pada badan perairan (Muallim, 2021). Air limbah industri kelapa sawit mengandung bahan pencemar yang sangat tinggi yang mengakibatkan tingginya tingkat pencemaran yang ada didalam air dimana *Total Suspended Solid* (TSS) terkecil pada pencampuran limbah effluent dengan air hulu yaitu 5473 mg/L (Muallim, 2021).

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) adalah salah satu sumber minyak nabati. Perkebunan kelapa sawit di Indonesia saat ini berkembang di 24 provinsi. Luas perkebunan kelapa sawit dari tahun ke tahun terus meningkat. Total area kelapa sawit pada tahun 2019 mencapai 14.724.600 ha. Luas perkebunan rakyat mencapai 6.035.700 ha atau 41% dari total area. Bertambahnya area perkebunan sawit, juga menyebabkan meningkatnya produksi kelapa sawit itu sendiri. Produksi kelapa sawit pada tahun 2019 sebesar 45.859.200 ton, yang 35%-nya merupakan hasil produksi dari perkebunan rakyat (BPS, 2020)

Aktivitas perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu penyebab terjadinya pencemaran di sekitar perairan perusahaan tersebut. Melihat banyaknya produksi yang dihasilkan setiap tahunnya limbah yang dihasilkan sangatlah besar, sehingga akan mempengaruhi kualitas air sungai sebagai tempat pembuangan akhir. Limbah kelapa sawit adalah suatu buangan yang berpotensi menyebabkan penemuan lingkungan sekitar (Muallim, 2021).

Industri pengolahan kelapa sawit Kabupaten Luwu Timur telah melakukan penanganan air limbah kelapa sawit melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), namun seiring berjalannya waktu kondisi IPAL sudah mengalami inkonsistensi dalam pengolahan dan sewaktu-waktu nantinya tidak akan mampu mengolah dengan baik air limbah yang dihasilkan dari perusahaan, hal ini tentu tidak baik untuk air sungai yang terdampak.

Berdasarkan UU RI No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Penanggung jawab Usaha dan/atau Kegiatan yang menghasilkan air limbah wajib mengelola Air Limbahnya dengan tidak menimbulkan dampak pencemaran dan/atau kerusakan Lingkungan Hidup serta sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Oleh karena itu, hal tersebut mendorong peneliti untuk melakukan penelitian evaluasi kinerja instalasi pengolahan air limbah pada pabrik kelapa sawit Kabupaten Luwu Timur. Melihat besarnya potensi pengembangan kelapa sawit dan meminimalisir dampak yang akan terjadi serta untuk mengoptimalkan instalasi pengolahan air yang ada pada pabrik kelapa sawit Kabupaten Luwu Timur. evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit Kabupaten Luwu Timur dengan memperhatikan dua aspek, yaitu manajemen pengelolaan dan teknis pengolahan air limbah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang pada penelitian ini maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah:

1. Bagaimana kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) industri kelapa sawit Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur?
2. Bagaimana efektifitas IPAL Kelapa Sawit di Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur ?
3. Bagaimana perbandingan kesesuaian IPAL yang seharusnya dan realita kondisi IPAL kelapa sawit di Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur berdasarkan karakteristik air limbah kelapa sawit dan baku mutu air limbah kelapa sawit?

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk Menganalisis kinerja pengendalian pencemaran air pada pabrik kelapa sawit Kabupaten Luwu Timur.
2. Untuk menganalisis efektivitas IPAL Kelapa Sawit di Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur terhadap air hasil olahan.
3. Untuk menganalisis kesesuaian desain tiap unit IPAL Kelapa Sawit di Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi Penulis:
Sebagai kontribusi dalam melaksanakan penelitian yang merupakan implementasi dari kewajiban Tri Dharma Perguruan Tinggi dan merupakan syarat untuk penyelesaian studi sarjana di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bagi instansi pendidikan:
Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya dalam pengembangan riset bidang kualitas air pada evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) khususnya pada IPAL Pabri Kelapa Sawit Luwu Timur
3. Bagi perusahaan:

Menjadikan bahan pertimbangan dalam rangka perbaikan pengelolaan air limbah bagi industri.

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Air limbah yang diolah berupa air limbah hasil pembuatan minyak kelapa sawit (*Crude Palm Oil*) di Pabrik Kelapa Sawit Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur.
2. Aspek yang dikaji adalah aspek teknis dan manajemen pengelolaan IPAL.
3. Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

Menurut PermenLHK No. 93 Tahun 2018 air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan kegiatan yang berwujud cair. Air limbah adalah air yang telah digunakan manusia dalam berbagai aktivitasnya. Air limbah tersebut dapat berasal dari aktivitas rumah tangga, perkantoran, pertokoan, fasilitas umum, industri maupun dari tempat-tempat lain. Atau, air limbah adalah air bekas yang tidak terpakai yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia dalam memanfaatkan air bersih (Rimantho and Athiyah, 2019).

Kegiatan pembangunan yang semakin meningkat menimbulkan risiko untuk menimbulkan pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup sehingga fungsi ekosistem menjadi terganggu dan tidak berfungsi sesuai peruntukannya. Hal ini berpengaruh terhadap keberadaan sumber daya air yang semakin menurun kualitasnya sebagai akibat pencemaran air dari kegiatan membuang air limbah tersebut ke sungai atau sumber air. Air sebagai komponen sumber daya alam yang sangat vital harus digunakan se-optimal mungkin untuk kemakmuran rakyat, sesuai dengan yang tercantum dalam pasal 33 Undang-Undang Dasar 1945 Amandemen. Dengan adanya pencemaran, maka lingkungan yang ada disekitarnya, baik lingkungan abiotik, lingkungan biotik, dan lingkungan social akan terganggu peruntukan fungsinya. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kesehatan lingkungan disekitarnya. Banyak organisme, biota, hewan dan tumbuhan yang menjadi rusak atau mati karena pencemaran tersebut (Puspitasari, 2019).

Air limbah adalah sebagai apa saja (bahan atau energi) yang dihasilkan oleh suatu unit pemroses dari suatu sistem proses, tetapi tidak dimanfaatkan lagi sebagai masukan untuk unit pemroses lainnya (sebagai produk antara), dan juga bukan merupakan produk akhir yang dikehendaki dari sistem proses tersebut sehingga terjadi akumulasi. Atau sebagai apa saja (materi/energi) yang dikeluarkan oleh suatu sistem proses tetapi tidak merupakan produk yang dikehendaki.

2.2 Macam-Macam Air Limbah

Air limbah adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya, dengan demikian air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum. Air buangan adalah semua cairan yang dibuang, yang mengandung kotoran manusia, hewan, bekas tumbuh-tumbuhan, maupun yang mengandung sisa proses produksi (Indika, 2013).

Menurut (Indika, 2013) air limbah dapat berasal dari dua sumber utama, yaitu:

- a. Air buangan yang bersumber dari rumah tangga (*domestic waste water*) yaitu air limbah yang berasal dari pemukiman penduduk. Pada umumnya air limbah ini terdiri dari ekstreta (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur dan kamar mandi. Pada umumnya limbah rumah tangga terdiri dari bahan-bahan organik.
- b. Air buangan industri (*industrial waste water*) yang berasal dari berbagai jenis industri akibat proses produksi. Zat-zat yang terkandung didalamnya sangat bervariasi sesuai dengan bahan baku yang dipakai oleh masing-masing industri antara lain : nitrogen, sulfida, Total Nitrogenk, lemak, garam-garam, zat pewarna, mineral, logam berat, zat pelarut, dan sebagainya. Oleh sebab itu pengolahan jenis air limbah ini menjadi lebih rumit karena harus mempertimbangkan dampaknya pada lingkungan.

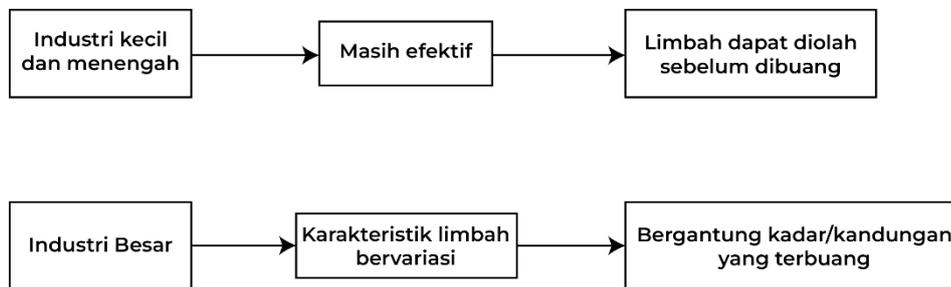
2.3 Pengendalian Air Limbah

Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk menurunkan kadar BOD, partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen. Pengolahan selanjutnya adalah untuk menghilangkan atau mengurangi kadar bahan-bahan organik, zat/logam beracun, dan bahan yang sulit terurai agar air limbah yang dibuang ke badan air aman dan memenuhi standar yang sudah ditetapkan pemerintah.

Banyak cara dan metoda dalam mengendalikan air limbah, hal ini bergantung pada daerah/lingkungan dan karakteristik limbahnya. Ada beberapa cara pengendalian limbah, di antaranya:

- a. Mengatasi limbah dari sumbernya,
- b. Mengupayakan proses daur ulang,

- c. Memanfaatkan limbah untuk proses lainnya, dan
- d. Mengolah limbah sebelum dibuang.



Sumber: Dokumen DELH Perusahaan (2022)

Gambar 1 Pengolahan limbah menurut kapasitas industri

2.4 Sistem Pengolahan Air Limbah

Sistem pengolahan air limbah atau proses dalam pengolahan air limbah dikelompokkan untuk menunjukkan tahapan proses pengolahan. Istilah pengolahan awal (*pretreatment*) adalah perlakuan tertentu sebelum masuk dalam skema IPAL, pengolahan primer atau *primary treatment* menunjuk pengolahan secara fisika, sedangkan pengolahan sekunder (*secondary treatment*) menunjuk pada proses pengolahan secara biologi dan kimia. Sedangkan pengolahan lanjutan (*tertiary treatment*) menunjuk pada kombinasi antara ketiganya atau penambahan proses pengolahan tahap akhir apabila limbah pada tahap akhir belum memenuhi baku mutu (Indrayani, 2018).

2.4.1 Pengolahan Awal (*Pretreatment*)

Air limbah didefinisikan sebagai pengilangan unsur pada air limbah yang berukuran besar yang dapat menyebabkan gangguan pada operasional atau pemeliharaan. Salah satu contoh proses ini adalah proses penyaringan (*screening*). Proses penyaringan biasa menggunakan kisi – kisi penyaring (*bar screen*) yang terdiri dari bar parallel yang berjarak 40 mm – 80 mm tergantung dari ukuran padatan dari limbah tersebut. Berikut beberapa contoh pengolahan pada tahap *pretreatment*:

a. *Bar Screen*

Bar Screen merupakan unit pengolahan yang difungsikan untuk menyisahkan material kasar seperti sampah dan benda padat lainnya yang dapat mengganggu proses pengolahan dan peralatan mekanik seperti pompa.

Saringan sampah ini prinsipnya dilakukan dengan menahan material kasar tersebut dapat tertahan. Selanjutnya, sampah diangkut menuju ke penampungan untuk dibuang ke tempat pembuangan sampah. Letak unit saringan sampah disesuaikan dengan tipe pompa yang digunakan dalam bangunan inlet (Karya, 2018). Unit pengolahan ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Sumber: Google

Gambar 2 Unit pengolahan *Bar Screen*

b. *Grease Trap*

Grease Trap merupakan pengolahan limbah secara fisik yang berguna memisahkan minyak dan lemak dengan kecepatan lambat. Kecepatan yang lambat akan memberikan waktu untuk minyak dan lemak terpisah dari air dengan gaya gravitasi. Minyak dan lemak yang telah terpisah akan ditampung pada sebuah wadah pembuangan (Maharani, 2017). Unit pengolahan ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber: Google

Gambar 3 Unit pengolahan *Grease Trap*

2.4.2 Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

Dalam pengolahan primer sebagian besar padatan tersuspensi dan bahan organik dihilangkan dari air limbah. Penghilangan ini biasanya dilakukan dengan cara fisika melalui proses pengendapan (sedimentasi). Efluen dari pengolahan primer umumnya masih mengandung bahan organik dalam jumlah besar dan BOD masih relatif tinggi. Fungsi pengolahan primer tetap ada sebagai langkah pendahuluan terhadap pengolahan sekunder. Air limbah yang belum diolah mengandung bahan yang akan mengendap atau mengapung pada permukaan ketika mengalir dengan kecepatan rendah. Saluran air limbah dirancang agar aliran limbah dapat mengalir cepat sedangkan padatannya mengalir pada kecepatan yang lebih lambat, sehingga bahan organik padatan mengalir pada kecepatan lebih lambat, dan akan mengumpul didasar saluran dan selanjutnya dibuang. Bak pengendapan (sedimentasi) dapat mengurangi kecepatan air limbah menjadi jauh dibawah kecepatan disaluran limbah pengumpul.

2.4.3 Pengolahan sekunder (*secondary treatment*)

Pengolahan sekunder pada prinsipnya bertujuan untuk menghilangkan bahan organik yang terurai serta padatan tersuspensi. Pengolahan sekunder dapat merupakan kombinasi dari pengolahan secara kimia maupun secara biologi. Pada proses kimia prinsipnya menambahkan bahan kimia untuk mempermudah dan mempercepat proses pengolahan limbah, salah satu proses kimia tersebut adalah proses koagulasi dan flokulasi.

2.5 Pengoperasian dan Pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah

Instalasi pengolahan air limbah yang selanjutnya disingkat IPAL adalah serangkaian kegiatan pengolahan air limbah industri dalam satu kesatuan dengan prasarana prasarana dan sarana air limbah industri. Dalam IPAL terdapat standar operasional dan prosedur yang harus dilaksanakan demi tercapainya fungsi infrastrukturnya yaitu diantaranya sebelum mengoperasikan instalasi pengolahan air limbah (IPAL), Kepala bagian IPAL yang bertanggung jawab penuh atas instalasi, harus mengorganisir dan menginstruksikan Tindakan-tindakan yang tepat kepada personel-personel yang bertanggung jawab atas pengoperasian instalasi

tersebut. Beberapa standar pengoperasian dan pemeliharaan IPAL adalah sebagai berikut (Septaprasetya *et al.*, 2019).

- a. **Sistem kelistrikan:** Pasokan listrik biasanya dari jaringan PLN, tetapi jika diperlukan bisa juga di backup dengan unit genset tersendiri. Jika dengan dua sumber, maka panel listrik yang sudah diatur dan disetel sedemikian rupa, baik susunan peralatan listrik dan masing-masing kapasitasnya serta kabel sambungannya. Kepala IPAL harus membuat plakat berisi urutan cara menghidupkan dan mematikan peralatan listrik untuk pengoperasian IPAL, plakat ditempelkan pada pintu panel listrik, supaya mudah terlihat dan terbaca.
- b. **Pengoperasian unit *pretreatment*:** (1) proses awal dimulai dengan screen awal dengan saringan, kotoran diambil dan dibuang paling tidak satu kali sehari jika menggunakan bar screen dan sistem manual, dan jika memakai saringan mekanis juga dibuang sekali sehari; (2) dilanjutkan dengan penggunaan pompa angkat dimana pada suatu IPAL biasanya selalu terdapat 3 unit pompa angkat, 2 unit pompa untuk dioperasikan dan 1 unit pompa untuk standby. Standby bisa berarti pompa bisa dioperasikan sewaktu-waktu, misal dalam kondisi air di stasiun pompa dalam keadaan banjir, atau bila salah satu pompa mengalami kerusakan atau macet, dan lain sebagainya. Pengoperasian pompa angkat tergantung tinggi permukaan air di stasiun pompa; (3) Screen tahap kedua (setelah pompa) kotoran diambil dan dibuang paling tidak satu kali sehari jika menggunakan bar screen dan sistem manual, dan jika memakai saringan mekanis juga dibuang sekali sehari; (4) Penangkap butiran kasar (Grit Chamber): Bila jenis grit chamber yang digunakan adalah sistem kanal, dan grit diambil/dikuras dengan pompa pasir jenis submersible, pompa pasir jenis ini biasanya digantungkan pada Derek listrik/chain hoist; (5) Pemisah tipe pusaran & tipe ulir/cyclone separator & screw separator: rangkaian peralatan dari sistem pemisahan grit dari grit chamber sistem kanal, pada sistem kolam detritus grit sudah dicuci dan dikumpulkan pada ujung rak pencuci; (6) Saringan kasar grit chamber: biasanya pada ujung grit chamber sistem kanal terdapat lagi bar screen yang menyaring plastik dan kotoran mengambang lainnya dalam influen; (7) Bak pembagi: Pada bak pembagi/distribution chamber, terdapat 2(dua) pintu air/gate (jika ada 2 jalur

pengolahan), setiap gate/pintu air berfungsi untuk menyalurkan air limbah ke salah satu jalur/baris kolam stabilisasi; (8) Perangkat lemak/grease trap: Sebaiknya grease trap dipasang/berada pada setiap rumah, sehingga resiko penyumbatan pada jaringan perpipaan jadi minim/kecil, sehingga pemeliharaan jaringan perpipaan secara keseluruhan akan menjadi ringan. Pemeliharaan grease trap menjadi tanggung jawab masing masing rumah tangga; (9) Bak perata/ ekualisasi: Bak ekualisasi berfungsi sebagai pengumpul air limbah selama 24 jam dari cakupan wilayah kerja IPAL yang ada, juga sebagai kolam pengumpul sebelum dipompakan ke unit pengolahan berikutnya. Dari bak ekualisasi ini, air limbah dipompa masuk ke unit pengolahan selama 24jam. Tidak ada operasi khusus pada bak ekualisasi ini; (10) Pompa angkat/lift pump: terdapat 3 (tiga) unit pompa angkat, 2 (dua) unit pompa untuk dioperasikan (bergantian) dan 1 (satu) unit pompa untuk standby. Standby bisa berarti pompa bisa dioperasikan sewaktu waktu, misal dalam kondisi air di pump station tinggi/banjir, atau bila salah satu pompa mengalami kerusakan atau macet, dan lain sebagainya; (11) Pengatur Aliran/flow control: Konstruksinya biasanya dengan V-notch, sehingga bisa diatur debit yang diinginkan masuk keunit IPAL. Atur ketinggian permukaan air pada V-Notch lalu Ukur debit yang keluar, jika sudah tercapai debit yang sesuai, kencangkan baut gate Vnotch tersebut.

- c. **Pengoperasian kolam stabilisasi limbah:** Sistem ini pada umumnya tidak dilengkapi peralatan mekanis, maka pengoperasian dan pemeliharaan sistem ini relatif mudah, sederhana, dan murah. Mengoperasikan kolam stabilisasi membutuhkan tenaga orang-orang yang terlatih. Pengoperasian dan perawatan mencakup memulai pengoperasian kolam, mengelola kondisi permukaan kolam, menjaga tanggul dan lokasi site kolam, dan juga menguras kolam serta membuang lumpur.
- d. **Pemeliharaan kolam stabilisasi limbah:** Pada permukaan kolam akan muncul lapisan scum dan lapisan-lapisan lumpur (sludge) yang mengambang. Algae bisa berkembang-biak dan membentuk lembaran-lembaran yang mengambang di permukaan dan menghalangi sinar matahari dan merusak efisiensi kolam. Lembaran-lembaran algae yang mati bias membusuk dan menimbulkan bau tak sedap. Lembaran-lembaran tersebut harus dipecah dan

dibuyarkan dengan semprotan air dari selang atau dengan kait. Jika diperlukan, gunakan perahu untuk menjangkau lembaran-lembaran tersebut. Lakukan pemeriksaan tanggul dan lokasi kolam setiap satu atau dua minggu. Selain kondisi permukaan kolam seperti yang sudah dibahas sebelumnya, ada beberapa hal yang perlu diperiksa. Jika ada masalah, perbaiki segera. Selain itu ketebalan lumpur harus diperiksa tiap tahunnya agar tidak mengganggu proses alamiah dari kolam tersebut dan bisa menyumbat pipa inlet. Alat untuk mengoperasikan dan memelihara sebuah kolam stabilisasi harus disimpan digudang di dekat lokasi kolam. Bersihkan semua alat dan simpan dalam kondisi yang baik. Buatlah catatan yang menunjukkan semua kegiatan pemeliharaan. Begitu kolam mulai berfungsi dalam kondisi yang mapan, pemeliharaan rutin yang diperlukan adalah pemeliharaan minimal, walau demikian sangat diperlukan supaya dapat beroperasi dengan baik. Sedangkan untuk pemeliharaan peralatan dilakukan secara inspeksi harian (pemeriksaan harian ditetapkan pada jam yang sama setiap hari untuk melihat apakah ada kelainan/anomali pada mesin atau peralatan yang sedang berkerja. Hasil inspeksi dicatat dalam Tabel Inspeksi Harian) dan inspeksi periodik (dilakukan menurut standar inspeksi yang sudah ditetapkan sebelumnya. Ini dimaksudkan untuk memahami kondisi abrasi/ke-aus-an dan kelapukan pada mesin dan peralatan yang ada, sehingga dapat dilakukan perbaikan dan pengantiannya secara sistematis). Untuk pemeliharaan trunk sewer/saluran limbah utama, patroli harus memeriksa setiap manhole (lubang masuk gorong-gorong) di trunk sewer secara periodik. Saat pemeriksaan, semua sampah seperti grit, kantong plastik, atau benda asing lainnya yang terkumpul di manhole harus dibuang sampai tuntas.

- e. **Pengoperasian unit pengolahan air limbah:** harus dipastikan bahwa pada proses pengendapan, lumpur tersalurkan dengan baik dengan baik ke kolam pengering lumpur, serok lumpur secara priodik. Teknologi pengolahan secara Anaerobik sebagai pengolahan awal/primary treatment pada IPAL komunal, bertujuan untuk mengurangi/menekan biaya operasi yang timbul, bandingkan jika hanya memakai pengolahan aerobik (misal RBC) saja. Teknologi yang biasa dipakai adalah tangki septik model baffle atau anaerobik filter. Pada kedua teknologi tersebut tidak diperlukansistem pengoperasian khusus,

setelah air limbah masuk secara kontinyu lewat kotak pengontrol aliran, maka pemeliharaan rutin adalah dengan menyedot lumpur dari kolam anaerobik, setiap tahun. Untuk Unit RBC (Rotating Biological Contactor) bisa diletakkan selevel dengan unit anaerobik, dibawah tanah, dan bisa juga diletakkan di atas tanah ataupun di atas bangunan. Peletakan unit RBC bergantung pada kondisi lokasi yang ada. Selanjutnya untuk pengoperasian bak pengendapan akhir/secondary clarifier konstruksinya bisa lebih kecil dibanding pengendapan awal, karena tidak didesain untuk menyimpan lumpur dalam jangka waktu tertentu (1 tahun). Endapan lumpur pada kolam ini dipompa setiap hari dan dimasukkan pada bak pengendapan awal, pompa bisa menggunakan pompa lumpur atau jenis pompa angkat lainnya. Sedangkan untuk unit disinfeksi untuk IPAL komunal dipakai yang sederhana saja seperti tipe kotak atau kanal dengan tablet klorin. Untuk perawatan sistem proses hindari masukan deterjen dan minyak dalam jumlah banyak ke dalam RBC, gunakan deterjen yang biodegradable, jangan membuang minyak dalam jumlah yang banyak di pipa inlet, lumpur dan padatan yang terapung harus dibuang minimum tiga bulan sekali, jangan masukan bahan-bahan yang tidak dapat diolah secara biologis, jangan masukan bahan-bahan kimia ke dalam sistem karena dapat mematikan bakteri yang digunakan untuk pengolahan dan jangan hubungkan aliran listrik lain ke panel kontrol karena akan merusak sistem kontrol.

- f. **Operasi dan pemeliharaan *oxidation ditch*:** Monitor kualitas efluen sesuai dengan standar aliran dan/atau standar efluen yang berlaku, analisis proses operasi (seperti MLSS, DO, selimut lumpur, settleability), Pembersihan rutin screen, pelimpah, mekanisme skimmer, dinding tangki, dan komponen lainnya. Monitoring perlu dilakukan untuk membandingkan indikator kualitas yang terjadi dan yang diharapkan. Tekniknya dilakukan secara visual (dengan memperhatikan Warna, Bau, Buih, Pertumbuhan alga, Pola penyebaran aerator, Kebeningan efluen, Gelembung udara, Bahan-bahan yang mengapung dan Akumulasi zat padat) serta secara analisis (DO, BOD, COD, tes laju DO up-take, SS dan VSS di mixed liquor, nutrisi, pH, minyak dan lemak, temperatur, analisis mikroskopik, kedalaman selimut

lumpur, asiditas dan alkalinitas, jar test, debit, waktu detensi serta kapasitas pembubuhan kima).

2.6 Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah perlu diketahui karena hal ini akan menentukan cara pengolahan yang tepat, sehingga tidak mencemari lingkungan hidup. Kualitas air limbah dibedakan menjadi tiga karakteristik (Ensyah, 2018) yaitu:

2.6.1 Karakteristik Fisik

a. Temperatur

Temperatur adalah ukuran panas atau dinginnya air limbah. Temperatur merupakan parameter yang sangat penting dikarenakan efeknya terhadap reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk berbagai aktivitas sehari-hari. Terjadinya reaksi kimia yang sejalan dengan meningkatnya temperatur, ditambah dengan terjadinya penurunan kuantitas oksigen pada air permukaan, dapat menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut dalam air limbah.

b. Padatan

Total padatan adalah semua bahan yang terdapat dalam contoh air setelah dipanaskan pada suhu 1030C – 1050C selama kurang lebih 1 jam. Total padatan ini terdiri dari total padatan terlarut (total dissolved solid) dan total padatan tersuspensi (total suspended solid).

1. TSS (*Total Suspended Solid*)

Total suspended solid (TSS) dapat berupa komponen biotik seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri dan fungi, maupun komponen abiotik seperti detritus dan partikel anorganik lainnya. Zat padat tersuspensi merupakan tempat berlangsungnya reaksi kimia yang heterogen dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan.

2. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Total Dissolved Solid merupakan bagian dari total solid yang berupa padatan terlarut. Pada umumnya analisis total dissolved solid

menggunakan suhu 1800C agar air yang tersumbat dapat dihilangkan secara mekanis.

c. Warna

Warna dibedakan menjadi true color dan apparent color atau warna sejati adalah warna yang diakibatkan oleh material koloid dan berasal dari penguraian zat organik, seperti humus, lignin dan asam organik lainnya. Sedangkan apparent color atau warna semu adalah warna yang diakibatkan oleh materi tersuspensi seperti pemakaian zat warna oleh industri, pewarna makanan, cat dan lainnya.

d. Turbiditas atau Kekeruhan

Kekeruhan merupakan suatu kondisi dimana air yang mengandung materi tersuspensi yang dapat menghalangi masuknya cahaya, sehingga jarak pandang terganggu. Materi tersuspensi ini dapat berupa nitrogen dan fosfor yang dapat meningkatkan pertumbuhan alga. Pertumbuhan 9 bakteri dan alga akan meningkatkan tingkat kekeruhan perairan yang akan berpengaruh pada berkurangnya kadar oksigen yang terlarut.

2.6.2 Karakteristik Kimia

a. Derajat Keasaman/pH

pH merupakan derajat keasaman suatu perairan. Nilai pH akan berpengaruh terhadap kelangsungan hidup organisme perairan. Nilai pH dalam suatu perairan dapat dijadikan indikator dari adanya keseimbangan unsur kimia dan unsur hara yang bermanfaat bagi kehidupan vegetasi akuatik.

b. Alkalinitas

Alkalinitas menggambarkan kemampuan air untuk menetralkan asam. Alkalinitas adalah suatu parameter kimia yang menunjukkan jumlah ion karbonat dan bikarbonat yang mengikat logam alkali tanah pada perairan.

c. Oksigen Terlarut

DO merupakan kadar oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk respirasi aerob mikroorganisme. DO di dalam air sangat tergantung pada temperatur dan salinitas. Untuk menambahkan oksigen dalam air limbah dapat dilakukan dengan cara yaitu memasukkan udara dalam air limbah. Air dengan konsentrasi DO yang tinggi memiliki kemampuan mengoksidasi yang baik,

sedangkan air memiliki konsentrasi DO yang rendah apabila terdapat kandungan pencemar (bahan organik) yang tinggi. Kandungan oksigen merupakan hal penting bagi kelangsungan hidup organisme perairan, sehingga penentuan kadar DO dalam air dapat dijadikan ukuran untuk menentukan kualitas dari suatu air limbah. Oleh karena itu, analisis DO merupakan kunci yang dapat menentukan tingkat pencemaran suatu perairan.

d. Bau

Bau yang ditimbulkan oleh air limbah adalah tanda dari adanya pelepasan gas berbau, seperti H_2S . Gas ini ada karena penguraian zat organik sulfat atau belerang pada kondisi minim oksigen.

e. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menstabilkan materi organik yang dapat terdekomposisi di bawah kondisi aerobik.

f. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. Hasil analisis COD menunjukkan kandungan senyawa organik yang terdapat dalam air limbah. Ada beberapa alasan dilakukannya analisis COD pada air limbah, antara lain:

1. Ada beberapa materi yang tidak dapat dioksidasikan biologi, seperti glukosa dan lignin, akan teroksidasi secara kimiawi.
2. Nilai COD yang tinggi akan disebabkan oleh tingginya kadar materi organik yang dioksidasi oleh dikromat.

g. Nitrogen

Nitrogen merupakan senyawa penting dalam sintesis protein. Pada proses pengolahan air limbah secara biologis biasanya dilakukan pengukuran kadar nitrogen dan fosfor yang merupakan unsur penting bagi pertumbuhan alga dan organisme biologi lainnya.

Air permukaan/air tanah yang tercemar limbah domestik atau limbah industri Total Nitrogenik bisa mengandung nitrat tinggi karena proses nitrifikasi. Beberapa bentuk senyawa nitrogen, yaitu nitrogen organik, yaitu

nitrogen organik (dalam bentuk protein, asam amino, dan urea), nitrogen Total Nitrogenk (seperti garam ammonium, dan Total Nitrogenk), nitrogen nitrit, dan nitrogen nitrat.

h. Minyak dan Lemak

Minyak adalah lemak yang bersifat cair. Keduanya mempunyai komponen utama karbon dan hidrogen yang mempunyai sifat tidak larut dalam air. Sifat dari minyak dan lemak relatif stabil dan tidak mudah terdekomposisi oleh bakteri. Dalam pengolahan air limbah, kandungan minyak dan lemak harus disisihkan agar tidak mengganggu kehidupan biologi atau ekosistem air pada badan air penerima.

2.6.3 Karakteristik Biologi

Sifat biologi air limbah domestik perlu diketahui untuk mengetahui kualitas dan pengukur tingkat air sebelum dibuang ke badan air. Karakteristik biologi dapat dijadikan parameter dalam mengetahui ada tidaknya pencemaran air dan sumber penyakit yang diakibatkan oleh organisme patogen dalam air. Organisme patogen yang ditemukan dalam air limbah domestik dapat berupa bakteri, protozoa dan virus.

Protozoa dapat bersifat aerob, anaerob maupun fakultatif. *Giardia lamblia* dan *Cryptosporidium parvum* merupakan protozoa yang bersifat parasit dan dapat menginfeksi hewan mamalia dan juga manusia. Sumber makanan protozoa adalah bakteri, oleh karena itu dengan mengurangi jumlah bakteri dalam air limbah, protozoa akan mengubah rasio makanan atau massanya sehingga menstimulasi perkembangan bakteri dan stabilisasi air limbah.

Virus merupakan salah satu mikroorganisme sumber penyakit yang terdapat didalam air limbah. Reovirus dan adenovirus yang telah terisolasi 12 dalam air limbah dapat menyebabkan penyakit pernapasan, gastroenteritis dan infeksi pada mata.

Jumlah organisme patogen dalam air sulit untuk diisolasi dan diidentifikasi. Pada umumnya untuk mengetahui ada atau tidaknya suatu organisme patogen dalam air, digunakan suatu indikator yang biasa disebut dengan indikator organisme. Istilah ini mengacu pada sejenis organisme yang kehadirannya di dalam air merupakan bukti bahwa air tersebut terpolusi oleh tinja dari manusia atau hewan

berdarah panas. Dengan kata lain terdapat peluang bagi berbagai macam organisme patogen, untuk masuk ke dalam air tersebut.

2.7 Standarisasi Air Limbah di Indonesia

Standarisasi air limbah merupakan peraturan-peraturan yang membahas dan menjelaskan tentang air limbah. Adapun standarisasi air limbah yang ada di Indonesia antara lain:

Tabel 1 Regulasi air limbah yang berlaku di Indonesia

Peraturan terkait	Keterangan
Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik	<p>Pasal 1 ayat 1: Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (real estate), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.</p> <p>Pasal 1 ayat 2: Baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan.</p> <p>Pasal 1 ayat 3: Pengolahan air limbah domestik terpadu adalah sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara bersama-sama (kolektif) sebelum dibuang ke air permukaan.</p>

2.8 Klasifikasi Proses Pengolahan air limbah

Untuk mendapatkan hasil yang optimal, kegiatan pengolahan air limbah dapat dikelompokkan menjadi 6 (enam) tahap, yaitu:

1. Pengolahan pendahuluan (*pre treatment*)
2. Pengolahan pertama (*primary treatment*)
3. Pengolahan kedua (*secondary treatment*)
4. Pengolahan ketiga (*tertiary treatment*)
5. Pembunuhan kuman (*disinfectant*)
6. Pengolahan lanjutan (*ultimate disposal*)

Proses pengolahan berdasarkan pengelompokan tersebut tidak selalu harus berurutan mengikuti tahap-tahap yang ada di atas. Akan tetapi perlu disesuaikan dengan kebutuhan dari sifat air limbah yang akan diolah. Dengan demikian setiap unit pengolah air limbah akan berbeda-beda teknik yang diterapkan, karena tidak semua tahap harus dilakukan.

2.8.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Proses pengolahan awal ini dilakukan untuk mempercepat pembersihan dan memperlancar pengolahan berikutnya. Kegiatan yang dilakukan adalah:

- a. Pengambilan/pemisahan benda-benda terapung.
- b. Pengambilan/pemisahan benda-benda cepat mengendap.

2.8.2 Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

Pada pengolahan pendahuluan dilakukan penyortiran partikel-partikel yang besar, lumpur, bahan padat, dan pemisahan lemak. Selanjutnya pada pengolahan pertama ini dilakukan proses penggumpalan (koagulasi), pengendapan (sedimentasi) dan pengapungan (flotasi). Pengendapan adalah proses utama pada tahap ini, selain itu juga bila diperlukan diberikan bahan aditif kimia dengan maksud untuk menetralkan keadaan paling halus yang tercampur sehingga dapat diendapkan.

2.8.3 Pengolahan Kedua (*Secondary Treatment*)

Pada pengolahan ini tercakup juga proses biologi untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui proses penguraian yang dilakukan oleh mikroorganisme yang ada didalamnya. Proses kedua ini banyak dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain adalah jumlah air limbah, tingkat kekotoran, jenis pengotor, dsb.

Reactor pengolah dengan lumpur aktif dan saringan penjernih biasanya digunakan dalam tahap ini. Penggunaan lumpur aktif dan saringan penjernih biasanya digunakan dalam tahap ini. Penggunaan lumpur aktif (*activated sludge*) yang diberikan dalam air limbah setelah melewati tangki aerasi tujuannya adalah untuk meningkatkan jumlah bakteri secara cepat, sehingga proses biologis untuk penguraian bahan organik berjalan lebih cepat. Lumpur aktif yang ditambahkan tersebut dikenal dengan sebutan MLSS (*mixed liquor suspended solid*).

2.8.4 Pengolahan Ketiga (*Tertiary Treatment*)

Pengolahan pada tahap ini adalah kelanjutan dari pengolahan-pengolahan sebelumnya, sehingga pada tahap ini dilakukan pada pengolahan primer dan sekunder masih terdapat zat atau bahan berbahaya. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan khusus dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada industri yang menghasilkan air limbah yang mempunyai spesifikasi tersendiri.

Ada beberapa jenis pengolahan yang sering digunakan pada tahap ini, yaitu:

- a. Saringan pasir,
- b. Saringan multimedia,
- c. *Precoal filter* (saringan tanah *diameuos*)
- d. *Mikrostaining*,
- e. *Vacuum filter*,
- f. *Adsorption*/penyerapan, dan
- g. Pengurangan Fe, Mn, dan CN.

2.8.5 Pembunuhan Bakteri (*Disinfectant*)

Tujuan dari disinfeksi ini adalah untuk membunuh mikroorganisme patogen yang kemungkinan masih ada dalam air limbah setelah mengalami pengolahan-pengolahan sebelumnya. Mekanisme pembunuhannya sangat dipengaruhi oleh kondisi dari bahan pembunuh dan mikroorganisme itu sendiri. Mekanisme lain dari disinfeksi adalah dengan merusak dinding sel mikroorganisme patogen tersebut seperti yang dilakukan apabila menggunakan radiasi dan panas yang kurang cocok untuk dilakukan karena biaya yang sangat mahal.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih bahan kimia yang akan dipergunakan sebagai disinfektan, antara lain:

- a. Daya racun,
- b. Waktu kontak yang dibutuhkan,
- c. Efektivitasnya,
- d. Dosisnya rendah,
- e. Tidak toksik terhadap manusia dan hewan air,
- f. Tahan terhadap air, dan
- g. Ekonomis dan bersifat masal.

Dari beberapa pertimbangan diatas maka cara untuk melakukan fisinfeksi adalah memilih dengan hati-hati bahan kimia yang akan digunakan dan efek samping yang mungkin terjadi diharapkan sekecil mungkin. Bahan-bahan kimia yang sering dipergunakan antara lain klorin oksida dan senyawanya, browin, rodian, permanganate, logam berat, asam dan basa kuat.

2.8.6 Pengolahan Lanjut (*Ultimate Disposal*)

Dari setiap pengolahan air limbah, maka hasil akhirnya adalah berupa lumpur yang diperlukan penanganan khusus untuk dapat dimanfaatkan Kembali. Pengolahan lumpur diperlukan untuk dapat merombak bahan organik menjadi bahan lain yang bermanfaat. Jumlah dan sifat lumpur sisa.

2.9 Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah

Perencanaan merupakan Langkah lanjut dari studi kelayakan secara teknis dan ekonomis sistem penyediaan air minum. Satu dari beberapa alternatif hasil studi kelayakan tersebut secara teknis dan ekonomis dipilih untuk direkomendasikan dan didana.

Agar studi dapat dilaksanakan secara fisik, dilakukan perencanaan yang meliputi perencanaan *intake*, perencanaan tapak, *site grading*, perhitungan dimensional unit-unit pengolahan berdasarkan kriteria perencanaan, perhitungan sistem mekanikal/elektrikal, perencanaan fasilitas pendukung, dan perencanaan sistem operasi. Selanjutnya, dilakukan *detail engineering design* yang meliputi perhitungan-perhitungan konstruksi, penyiapan gambar-gambar kerja, spesifikasi dan *bill of quantity* sebagai bagian dari dokumen tender, sebelum dilakukan tender, penentuan pemenang tender, dan pelaksana fisik instalasi.

2.10 Kapasitas Pengolahan Air Limbah

Kapasitas pengolahan merupakan kapasitas produksi ditambah volume air yang terbuang dalam proses pengolahan. Kapasitas produksi adalah kapasitas pelayanan yang sesuai dengan Perencanaan/master plan. Volume air terbuang dalam proses merupakan bagian lumpur yang dibuang dari kolam penampung yang berasal dari bak pengendap I, II, pencucian filter, pembubuhan bahan kimia dan sanitasi dengan

volume kurang dari 10%. Kapasitas produksi tergantung pada kebutuhan air untuk domestik dan non domestik.

Level muka air sungai berfluktuasi sesuai dengan debit akibat musim yang silih berganti. Hal ini menyebabkan terjadinya fluktuasi debit aliran yang masuk ke unit-unit pengolah. Apabila fluktuasi debit ini tidak diantisipasi, pada musim hujan, terjadi pelimpahan di unit-unit pengolahan, sehingga menyulitkan operasi, dan pada saat musim kemarau terjadi kekurangan debit produksi. Kebutuhan lahan untuk instalasi dapat diperkirakan berdasarkan rumus empirik:

$$A = Q^{0.6} \quad (1)$$

Dimana:

A = Luas lahan, dalam arce

Q = Kapasitas, dalam mgd

2.11 Tahapan Rencana Pelaksanaan

Pentahapan Perencanaan & periode Perencanaan saling terkait satu sama lain. Pentahapan Perencanaan dapat dibuat dalam satu, dua, dan seterusnya tahapan sesuai dengan kebutuhan air dan tersedianya dana. Periode Perencanaan dapat berlangsung selama 5, 10, atau 20 tahun tergantung pada skala ekonomi yang ada di daerah tersebut sesuai dengan analisa ekonominya.

Untuk negara berkembang, periode perencanaan sebaiknya singkat dan pelaksanaannya dilakukan dalam 2 atau 3 tahapan, sambil menunggu pemasukkan dari retribusi air.

2.12 SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*)

SCADA merupakan sistem kendali industri berbasis komputer yang dipakai untuk pengontrolan suatu proses, seperti:

- a. Proses industri: manufaktur, pabrik, produksi, generator tenaga listrik.
- b. Proses manufaktur: penjernihan penjernihan air minum dan distribusinya, pengolahan limbah, pipa gas dan minyak, distribusi tenaga listrik, sistem komunikasi yang kompleks, sistem peringatan dini dan sirine.
- c. Proses fasilitas: gedung, bandara, Pelabuhan, stasiun ruang angkasa.

Di instalasi pengolahan air limbah, SCADA dapat digunakan untuk melakukan otomatisasi proses yang sebelumnya dilakukan secara manual, seperti pengendalian pompa, katup, pembubuhan bahan kimia, pengaturan backwashing hingga analisis kualitas air baku dan air terolah.

Dengan demikian, operator hanya tinggal melihat layar monitor, segala sesuatu yang terkait dengan proses dan operasi. Bila ada sesuatu yang diluar kelaziman, maka melalui computer bisa dilakukan perbaikan atau penyesuaian. Perlu training khusus untuk operator yang sebelumnya telah memahami proses dan operasi sistem pengolahan air limbah secara komprehensif.

2.13 Industri Kelapa Sawit

Kegiatan operasional di Pabrik Kelapa Sawit merupakan produk utama berupa CPO (*Crude Palm Oil*), PKO (*Palm Kernel Oil*) dan PK (*Palm Kernel*), serta produk sampingan berupa limbah padat, air limbah, dan polutan ke udara bebas. Dibandingkan dengan limbah jenis lain, air limbah pabrik kelapa sawit/*Palm Oil Mill Effluent* (POME) adalah salah satu limbah utama dari industri kelapa sawit dengan potensi pencemaran lingkungan yang paling besar. Potensi pencemaran air limbah juga berasal dari jumlah limbah yang dihasilkan, sebanyak 1 ton minyak sawit mentah produksi yang membutuhkan 5 – 7,5 ton air atau lebih dari 50% nya berakhir sebagai POME (Ilmannafian, Lestari and Khairunisa, 2020).

POME adalah cairan dengan konsentrasi yang kental dengan warna kecoklatan, yang memiliki kandungan air (90-96%), minyak (0,6-0,7%), dan 4-5% total padatan yang terutama berasal puing-puing dari buah dengan nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang sangat tinggi (nilai COD sering lebih besar dari 80.000 mg/l). apabila limbah tersebut dibuang langsung ke lingkungan, Sebagian akan mengendap, terurai secara perlahan, mengkonsumsi oksigen terlarut dalam air, menimbulkan kekeruhan, mengeluarkan bau yang tajam dan merusak ekosistem (Ilmannafian, Lestari and Khairunisa, 2020).

2.13.1 Proses Pengolahan Kelapa Sawit

Pabrik pengolahan minyak kelapa sawit dibangun pada areal seluas 25 ha dengan kapasitas pabrik sebesar 30 ton TBS/jam. Pabrik kelapa sawit (PKS) adalah unit

ekstraksi minyak kelapa sawit mentah (*Crude Palm Oil/CPO*) dari atas unit-unit proses yang memanfaatkan kombinasi mekanis, fisik dan kimia.

Tandan Buah Segar (TBS) yang telah dipanen di kebun diangkut ke lokasi pabrik dengan menggunakan truk. Sebelum dimasukkan ke dalam *Loading Ramp*, Tandan Buah Segar tersebut harus ditimbang terlebih dahulu pada jembatan penimbangan (*Weighting Bridge*). Perlu diketahui bahwa kualitas hasil minyak CPO yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh kondisi buah (TBS) yang diolah dalam pabrik. Sedangkan proses pengolahan dalam pabrik hanya berfungsi menekan kehilangan didalam pengolahannya, sehingga kualitas hasil tidak semata-mata tergantung dari TBS yang masuk ke dalam pabrik. Bagian pengolahan minyak kelapa sawit Unit Luwu meliputi:

a. Perebusan

Tandan buah segar setelah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam lori rebusan yang terbuat dari plat baja berlubang-lubang (*cage*) dan langsung dimasukkan ke dalam *sterilizer* yaitu bejana perebusan yang menggunakan uap air yang bertekanan antara 2.2 sampai 3.0 Kg/cm². Proses perebusan ini dimasukkan untuk mematikan enzim-enzim yang dapat menurunkan kualitas minyak. Disamping itu, juga dimaksudkan agar buah mudah lepas dari tandannya dan memudahkan pemisahan cangkang dan inti dengan keluarnya air dari biji. Proses ini biasanya berlangsung selama 90 menit dengan menggunakan uap air yang berkekuatan antara 280 sampai 290 Kg/ton TBS. Dengan proses ini dapat dihasilkan kondensat yang mengandung 0,5% minyak ikutan pada temperatur tinggi. Kondensat ini kemudian dimasukkan ke dalam *Fat pit*. Tandan buah yang sudah direbus dimasukkan ke dalam *Thresher* dengan menggunakan *Hoisting Crane*.

b. Perontokan Buah dari Tandan

Pada tahapan ini, buah yang masih melekat pada tandannya akan dipisahkan dengan menggunakan prinsip bantingan sehingga buah tersebut terlepas kemudian ditampung dan dibawa oleh *Fit Conveyor* ke *Digester*. Tujuannya untuk memisahkan brondolan (*fruitlet*) dari tangkai tandan. Alat yang digunakan disebut *thresher* dengan drum berputar (*rotary drum thresher*). Hasil *stripping* tidak selalu 100%, artinya masih ada brondolan yang melekat pada tangkai tandan, hal ini yang

disebut dengan USB (*Unstripped Bunch*). Untuk mengatasi hal ini, maka dipakai sistem “*Double Threshing*”. Sistem ini bekerja dengan cara janjang kosong/TBS dan USB yang keluar dari *thresher* pertama, tidak langsung dibuang, tetapi masuk ke *thresher* kedua yang selanjutnya TBS tidak langsung dibuang, tetapi masuk ke *Thresher* kedua yang selanjutnya TBS dibawa ke tempat pembakaran (*incenerator*) dan dimanfaatkan sebagai produk.

c. Pengolahan Minyak dari Daging Buah

Brondolan buah (buah lepas) yang dibawa oleh *Fruit Converyor* dimasukkan ke dalam *digester* atau peralatan pengaduk. Di dalam alat ini dimaksudkan supaya buah buah terlepas dari biji dan *fibre*. Untuk proses penekanan ini perlu tambahan panas sekitar 10% - 15% terhadap kapasitas penekanan. Penekanan akan menghasilkan minyak kasar dan ampas serta biji.

Sebelum minyak kasar tersebut ditampung pada *Crude Oil Tank*, harus dilakukan pemisahan kandungan pasirnya pada *Sand Trap* yang kemudian dilakukan penyaringan (*Vibration Screen*). Sedangkan ampas dan biji yang masih mengandung minyak (*oil sludge*) dikirim ke pemisah dan biji (*Deprericarper*).

Dalam proses penyaringan minyak kasar tersebut perlu ditambahkan air panas untuk melancarkan penyaringan minyak tersebut. Minyak kasar (*crude oil*) kemudian dipompakan ke dalam *Decanter* guna memisahkan *solid dan Liquid*. Pada fase cair yang berupa minyak, air dan massa jenis ringan ditampung pada *Countnuos Settling Tank*, minyak dialirkan ke oil tank dan pada fase berat (*sludge*) yang terdiri dari air dan padatan terlarut ditampung ke dalam *sludge tank* yang kemudian dialirkan ke *sludge separator* untuk memisahkan minyaknya.

d. Proses Pemurnian Minyak

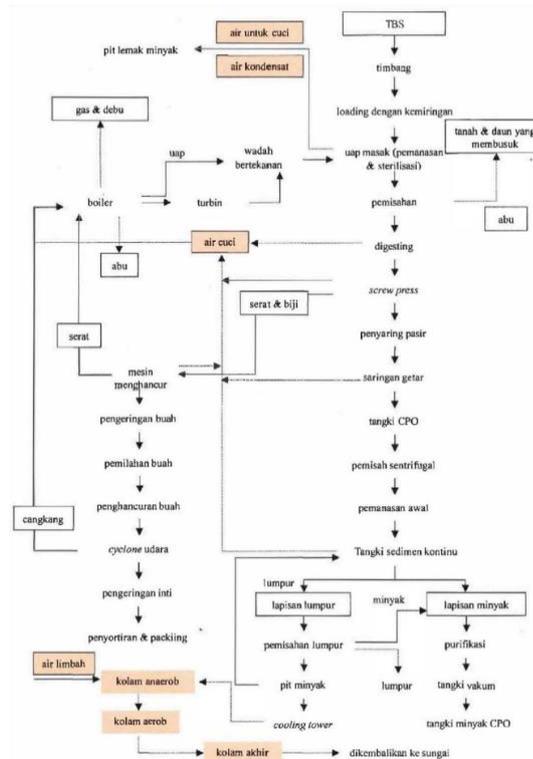
Minyak dari *oil tank* kemudian dialirkan ke dalam *oil purifier* untuk memisahkan kotoran/solid yang mengandung kadar air. Selanjutnya dialirkan ke *vacuum drier* untuk memisahkan air sampai pada batas standar. Kemudian melalui *Sarvo Balance*, maka minyak sawit dipompakan ke tangka timbun (*oil storage tank*).

e. Proses Pengolahan Inti Sawit

Ampas kempa yang terdiri dari biji dan serabut dimasukkan ke dalam *depericaper* melalui *cake brake conveyor* yang dipanaskan dengan uap air agar sebagian kandungan air dapat diperkecil, sehingga *press cak* terurai dan memudahkan proses pemisahan. Pada *depericaper* terjadi proses pemisahan memudahkan proses pemisahan *fibre* dan biji. Pemisahan terjadi akibat perbedaan berat dan gaya isap blower. Biji tertampung pada *Nut Silo* yang dialiri dengan udara panas antara 60-80 °C selama 18-24 jam agar kadar air turun dari sekitar 21% menjadi 4%.

Sebelum biji masuk ke dalam *nut craker* terlebih dahulu diproses di dalam *nut grading drum* untuk dapat dipisahkan ukuran besar kecilnya biji yang disesuaikan dengan fraksi yang telah ditentukan. Nut kemudian dialirkan ke *nut craker* sebagai alat pemecah. Masa biji pecah dimasukkan dalam *dry separator* (proses pemisahan debu dan cangkang halus) untuk memisahkan cangkang halus, biji utuh dengan cangkang/inti. Masa cangkang bercampur inti dialirkan masuk ke dalam *hydro cyclone* untuk memisahkan antara inti dengan cangkang. Inti dialirkan masuk ke dalam *kernel drier* untuk proses pengeringan sampai kadar airnya mencapai 7% dengan tingkat pengeringan 50 °C, 60 °C, 70 °C dalam waktu 14-16 jam. Selanjutnya guna memisahkan kotoran, maka dialirkan melalui *winning kernel (kernel storage)*, sebelum diangkut dengan truk ke pabrik pemroses berikutnya.

Untuk mendapatkan mutu minyak CPO yang baik, maka mutu andan yang diolah harus berdasarkan kriteria kematangan yang optimal. Pada kondisi kandungan minyak dalam TBS relatif tinggi dengan kadar garam asam lemak bebas (FFA) yang rendah. Pada tandan buah yang masih mentah kandungan minyak CPO sangat rendah, sedangkan bila TBS terlalu matang maka kualitas minyak menjadi rendah kadar asam lemak bebasnya tinggi. Untuk mendapatkan jumlah dan kualitas minyak CPO yang baik, maka dibutuhkan koordinasi yang baik, maka dibutuhkan koordinasi yang baik antara permanen, pengawas lapangan, bagian fraksi dan staf pabrik. Tandan buah segar yang telah dipanen harus segera ditangani dan diusahakan secepatnya diproses dalam pabrik. Diagram alir proses pengolahan kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 4.



Sumber: Dokumen DELH Perusahaan (2022)

Gambar 4 Bagan Alir Proses Pengolahan Kelapa Sawit Kabupaten Luwu Timur

2.13.2 Baku Mutu Air Limbah Kelapa Sawit

Menurut PermenLH No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Usaha dan/atau Kegiatan Industri Minyak Sawit, baku mutu air limbah industri kelapa sawit adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Baku mutu air limbah industri kelapa sawit

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemar Paling Tinggi (kg/ton)
BOD ₅	100	0,25
COD	350	0,88
TSS	250	0,63
Minyak dan Lemak	25	0,063
Nitrogen Total (Sebagai N)	50	0,125
pH	6,0 – 9,0	
Debit Limbah paling tinggi	2,5 m ³ per ton produk minyak sawit (CPO)	

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Usaha dan Kegiatan Industri Minyak Sawit

2.13.3 Karakteristik Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit

Secara umum karakteristik air limbah kelapa sawit dapat di indentifikasi menurut karakteristik kimia, fisika, dan biologis yakni:

a. Sifat Fisik

1. *Total Suspended Solid (TSS)*

Air buangan industri mengandung jumlah padatan tersuspensi dalam jumlah yang sangat bervariasi tergantung dari jenis industrinya.

2. Bau

Pada umumnya bau yang ada pada IPAL kelapa sawit disebabkan oleh gas dekomposisi zat organik. Gas H₂S ini berasal dari reduksi sulfur oleh mikroorganismenya secara anaerob.

3. Temperatur

Pada umumnya temperatur air limbah lebih tinggi dari pada temperature air minum (bersih). Dengan adanya penambahan air limbah yang temperaturnya lebih tinggi (lebih panas), mengakibatkan air yang tercemar suhunya akan sedikit lebih tinggi. Adanya kenaikan temperatur mempengaruhi:

- a) Kehidupan organisme dalam air
- b) Kelarutan gas di dalam air
- c) Aktivitas bakteri di dalam air

4. Warna

Air limbah yang masih segar umumnya berwarna abu-abu. Dengan terjadinya penguraian senyawa organik oleh bakteri, warna akan menjadi semakin hitam dan berbau tidak sedap, berarti kondisi air tersebut telah septik atau busuk.

b. Sifat Kimia

1. *Biological Oxygen Demand (BOD) Biological Oxygen Demand (BOD)* adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganismenya dalam mengoksidasi bahan organik yang biodegradable.

2. *Chemical Oxygen Demand (COD)* adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik yang biodegradable.

3. Oksigen Terlarut (*Demand Oxygen/DO*), Keadaan oksigen terlarut (DO) berlawanan dengan BOD. Semakin tinggi BOD maka semakin rendah oksigen terlarut. Keadaan oksigen terlarut dalam air dapat menunjukkan tanda-tanda kehidupan ikan dan biota dalam perairan. Kemampuan air untuk mengadakan pemulihan secara alami tergantung pada tersedianya oksigen terlarut. Angka DO yang tinggi menunjukkan keadaan air semakin baik.
 4. Lemak dan Minyak, Kandungan minyak dan lemak yang terdapat dalam limbah bersumber dari industri yang mengolah bahan baku mengandung minyak bersumber dari proses klasifikasi dan proses perebusan. Lemak dan minyak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sukar diuraikan oleh bakteri.
- c. Sifat Biologi
- Bahan-bahan organik dalam air terdiri dari berbagai macam senyawa. Penyebab bau busuk pada suatu limbah adalah dekomposisi dari zat-zat tersebut dalam jumlah besar.

2.14 Penelitian Terdahulu

Tabel 3 Penelitian terdahulu yang terkait

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
1	Petrus Nugroho Rahardjo	Evaluasi dan Perencanaan Awal untuk Meningkatkan Efektifitas IPAL Sistem Anaerobik PKS PT. Deli Muda Perkasa	2017	Permasalahan utama dalam IPAL PKS PT. DMP pada sistem anaerobiknya adalah terjadinya pendangkalan secara masif di seluruh proses, dari Kolam Pendingin hingga Kolam Anaerobik Sekundernya. Kedalaman setiap kolam yang seharusnya 6m, kenyataannya hanya tersisa menjadi 1,5m, sehingga yang terjadi adalah Channelling, yaitu air limbah masuk ke satu unit proses dan terus mengalir melalui suatu saluran (channel) pada bagian permukaannya saja, tanpa menempuh waktu tinggal yang cukup. Masalah lainnya yang menimbulkan penyimpangan adalah dicampurkannya air limbah dari Kolam Pendingin ketiga dengan air limbah yang berasal dari Kolam Aerobik dan kemudian masuk ke dalam Kolam Asidifikasi. Karena suasana keasaman yang cukup rendah, maka bakteri aerob yang berasal dari Kolam Aerobik tidak akan mampu melakukan aktivasi atau bahkan dapat mati.	Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Gedung Geostek 820, Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang
2	Melisa dan Mulono Apriyanto	Pengolahan Air limbah Pabrik Kelapa Sawit (Studi Kasus PT. Tri Bakti Sarimas PKS 2 Ibul, Riau)	2020	Setelah mengamati pengolahan dan penanganan air limbah di PT. Tri Bakti Sarimas PKS 2 Ibul maka dapat disimpulkan bahwa limbah yang dibuang harus memenuhi standar baku mutu air limbah. Nilai maksimal yang diperbolehkan untuk COD adalah 350 mg/L, sedangkan untuk BOD adalah 100 mg/L. Dari data yang didapat di PT. Tri Bakti Sarimas PKS 2 Ibul	Jurnal Teknologi Pertanian Universitas Islam Indagiri

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
				untuk kadar COD dan BOD masing-masing 319 mg/L dan 43 mg/L dan telah memenuhi syarat baku mutu air limbah.	
3	Andi Candra Septaprasetya Dkk	Kajian Awal Manajemen Aset Bagi Pengolahan Air Limbah Denpasar di Suwung Bali	2019	Penelitian Kajian Awal Manajemen Aset bagi IPAL Denpasar telah berhasil diselesaikan. Penelitian ini telah menghasilkan beberapa kesimpulan pokok sebagai berikut. • Sudah ada SOP untuk program Pengoperasian dan Pemeliharaan. • Masalah utama pengoperasian dan pemeliharaan terutama disebabkan oleh kandungan obyek platik pada Limbah Tinja. • Semua Fungsi Utama bias dijalankan dengan baik, menampung, mengalirkan dan mengolah limba tinja. 53 • IPAL Denpasar meberikan beberapa manfaat utama : perbaikan kondisi air tanah; menyediakn fasilitas bagi kompleks perumahan, hotel, restoran, pusat niaga baru; air bagi penyiraman tanaman kota, pupuk organic bagi tanaman di Komplek IPAL Denpasar, penyediaan air bersih bagi pertanian kangkung.	Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas Departemen Teknik Sipil, Institute Teknologi Sepuluh November (ITS), Surabaya.
4	Adzani Ghani Dkk	Pengolahan Air limbah Pabrik Kelapa Sawit Dengan Metode Filtrasi dan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (<i>Eichhornia Crassipes</i>).	2020	Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah proses pengolahan air limbah pabrik kelapa sawit dengan metode filtrasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) tidak efektif untuk diaplikasikan karena hasil analisis menunjukkan belum semua hasil uji memenuhi baku mutu untuk aman dibuang ke lingkungan atau perairan sehingga diperlukan proses pengolahan air limbah lebih lanjut. Hasil analisis BOD yang belum memenuhi mutu pada minggu ke-4 yaitu pada perlakuan konsentrasi 100% dan 75%, (berturut-turut 894,7 mg/L dan 304,15 mg/L), dan memenuhi baku	Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut.

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
				<p>mutu pada perlakuan konsentrasi 50% (77,03 mg/L). Semua hasil analisis COD belum memenuhi baku mutu (berturut-turut pada konsentrasi 100, 75, dan 50% adalah 4.320 mg/L, 1.120 mg/L dan 440 mg/L). Hasil analisis TSS yang belum memenuhi baku mutu adalah pada konsentrasi air limbah 100% (400 mg/L), dan memenuhi baku mutu pada konsentrasi 75% dan 50% (berturut-turut adalah 200 mg/L dan 0 mg/L). Semua hasil analisis pH memenuhi baku mutu (berturut-turut pada konsentrasi air limbah 100%, 75%, dan 50% yaitu 8,8 dan 9).</p>	
5	Bayu Andika	Penentuan Nilai Bod Dan Cod Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (Ppks) Medan	2020	<p>Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: 1. Standar baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri minyak kelapa sawit mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 tahun 2014 Tentang baku mutu air limbah; 2. Pada sampel 1 nilai parameter BOD dan COD yang dihasilkan masih diatas ambang batas baku mutu air limbah yaitu sebesar 1874,40 mg/L untuk BOD dan 3878,40 mg/L untuk COD.; 3. Pada sampel 2 dan 3 parameter BOD dan COD air limbah telah memenuhi standar baku mutu air limbah. Pada sampel 2 yaitu sebesar 25,62 mg/L untuk BOD dan 43,63 mg/L untuk COD. Sedangkan pada sampel 3 yaitu 8,67 mg/L untuk BOD dan 12,93 mg/L untuk COD.</p>	Jurnal Kimia Sains dan Terapan Universitas Samudra
6	Raimon	Pengolahan Air Limbah Laboratorium Terpadu Dengan Sistem Kontinyu	2018	<p>Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Penggunaan alat pengolahan air limbah laboratorium terpadu dengan sistem kontinyu cukup efektif diaplikasikan. Alat pengolahan ini dapat bekerja</p>	Balai Riset dan Standarisasi Industri Palembang

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
7	NADYA ESSA	Aplikasi Sequencing Batch Biofilter Granular Reactor (Sbbgr) Pada Pengolahan Air limbah Rumah Sakit Dalam Skala Laboratorium	2018	<p>optimal dengan hasil yang memuaskan pada kondisi air limbah laboratorium dengan faktor pengenceran berkisar antara 2,5 kali (fp.2,5) sampai faktor pengenceran 5 kali (fp.5). Persentase penyisihan polutan zat padat terlarut, Total Nitrogenk dan logam Fe, Cr dan Mn antara 90- 95 %, dengan nilai derajat keasaman (pH) sekitar 6 -7.</p> <p>Penelitian pengolahan air limbah rumah sakit menggunakan Sequencing Batch Biofilter Granular Reator (SBBGR) dengan konsentrasi COD = 296 – 631 mg/L; kosentrasi NH3-N = 61,2 – 88,1 mg/L; dan konsentrasi PO4 = 6,8 – 9,3 mg/L) dapat disimpulkan sebagai berikut: 1. Kinerja Sequencing Batch Biofilter Granular Reator (SBBGR) menunjukkan bahwa removal COD dapat mencapai 77,3 %; removal NH3-N mencapai 90,0 %; dan removal PO4 mencapai 64,6 %; 2. Pengaruh luas permukaan media pada SBBGR o Pengaruh luas permukaan media pada SBBGR terhadap removal COD yaitu semakin besar luas permukaan media SBBGR, maka semakin besar pula removal COD. Berdasarkan variasi luas permukaan, rentang removal COD adalah sebesar 29,8 – 74,2 %.</p> <p>o Pengaruh luas permukaan media pada SBBGR terhadap removal NH3-N yaitu luas permukaan media SBBGR tidak berpengaruh pada removal NH3-N, rentang removal NH3-N adalah sebesar 67,8 – 85,6 %.</p> <p>o Pengaruh luas permukaan media pada SBBGR terhadap removal PO4 yaitu semakin besar luas permukaan media SBBGR, maka semakin besar pula removal PO4. Berdasarkan variasi luas permukaan, rentang removal PO4 sebesar 30,1 – 59,1 %; 3.</p>	Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
8	Arifudin	Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Pengolahan Makanan	2019	<p>Pengaruh durasi aerasi pada SBBGR o Pengaruh durasi aerasi pada SBBGR terhadap removal COD yaitu semakin lama durasi aerasi pada SBBGR, maka semakin besar pula removal COD. Berdasarkan variasi durasi aerasi, rentang removal COD adalah sebesar 67,9 – 74,2 %. o Pengaruh durasi aerasi pada SBBGR terhadap removal NH3-N yaitu semakin lama durasi aerasi pada SBBGR, maka semakin besar pula removal NH3-N. Berdasarkan variasi durasi aerasi, rentang removal NH3-N adalah sebesar 81,3 – 85,6 %. o Pengaruh durasi aerasi pada SBBGR terhadap removal PO4 yaitu semakin lama durasi aerasi pada SBBGR, maka semakin besar pula removal PO4. Berdasarkan variasi durasi aerasi, rentang removal NH3-N adalah sebesar 56,2 – 59,1 %..</p> <p>Berdasarkan hasil evaluasi IPAL dan analisa kualitas air limbah di bak oil trap, bak ekualisasi, bak sedimentasi dan outlet IPAL, maka dapat disimpulkan beberapa sebagai berikut: 1. Lemak/minyak dan lumpur di bak oil trap jarang dilakukan pengambilan. Hal ini menyebabkan terjadinya penguraian bahan organik yang ada di lumpur maupun yang mengapung menjadi senyawa organik yang bersifat asam dan menghasilkan bau yang tidak sedap. ; 2. Berdasarkan hasil pengukuran di laboratorium menunjukkan bahwa penggunaan proses kimia lebih efektif dalam mengurangi polutan dibandingkan dengan penggunaan proses elektrokoagulasi. Penggunaan proses kimia (koagulasi – flokulasi) mampu menurunkan kadar COD sebesar 96% yaitu dari 3.083 mg/L menjadi 109 mg/L. kadar BOD sebesar 95%,</p>	Pusat Teknologi Lingkungan, TPSA, Tangerang Selatan, Indonesia

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
				<p>yaitu dari 820 mg/L menjadi 37mg/L, dan TSS sebesar 81%, yaitu dari 398 mg/L menjadi 81 mg/L. sedangkan pada proses elektrokoagulasi mampu menurunkan COD sebesar 66% yaitu dari 3.083 mg/L menjadi 1.055 mg/L. kadar BOD sebesar 67%, yaitu dari 820 mg/L menjadi 273 mg/L, dan TSS sebesar 55%, yaitu dari 398 mg/L menjadi 178mg/L ; 3. Berdasarkan hasil analisa air limbah yang diambil di outlet IPAL eksisting, masih memiliki kandungan COD, BOD dan TSS yang masih tinggi yaitu berturut-turut sebesar 751 mg/L, 194 mg/L dan 164 mg/L. nilai tersebut masih di atas baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan daging (PerMen LH No 5 Tahun 2014). Adapun nilai parameter air limbah yang diperbolehkan dibuang di badan perairan berdasarkan PermenLH tersebut adalah nilai COD sebesar 250 mg/L, BOD sebesar 125 mg/L dan nilai TSS sebesar 100 mg/L; 4. Untuk meningkatkan mutu hasil olahan IPAL, agar outletnya dapat memenuhi standar baku mutu air limbah, maka perlu dilakukan perbaikan/renovasi dan peningkatan kapasitas IPAL menjadi 200 m3 /hari sebagai akibat adanya rencana peningkatan kapasitas produksi.; 5. Selain itu perlu dilakukan start up pengoperasian IPAL serta monitoring pengoperasian IPAL hingga kinerja IPAL dapat beroperasi dengan baik sesuai perencanaan dan hasil olahan IPAL dapat memenuhi standar baku mutu sesuai dengan Permen LH RI Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pengolahan Daging.</p>	

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
9	Abdul Khaliq	Analisis Sistem Pengolahan Air Limbah Pada Kelurahan Kelayan Luar Kawasan IPAL Pekapuran Raya PD PAL Kota Banjarmasin	2018	Kesimpulan a. Kurangnya kesadaran masyarakat terhadap lingkungan bersih dan sehat, khususnya air limbah yang disebabkan oleh masyarakat itu sendiri. Misalnya masyarakat yang tinggal dipinggiran sungai banyak mempergunakan sungai sebagai tempat pembuangan. Hal itu dapat menyebabkan sungai tersebut tercemar dan akan menimbulkan banyak penyakit. b. Pipa-pipa air limbah yang dipasang pada Kelurahan Kelayan Luar : - Pipa Persil 4” atau 100 mm - Pipa Servis (Utama) 8” atau 200 mm - Pipa Lateral dan Pipa Cabang 12” atau 300 mm - Pipa Induk 15” atau 400 mm c. Debit aliran air limbah (Q) pada Kelurahan Kelayan Luar yang jumlah penduduknya sebesar 4081 jiwa dan luas wilayah 22,05 Ha adalah 6,663788 L/detik dan debit aliran untuk 10 tahun ke depan adalah 7,2625 L/detik.	Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin
10	Riky Yonas	Pengolahan Limbah Pome (Palm Oil Mill Effluent) Dengan Menggunakan Mikroalga	2018	Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut: a) Limbah POME pond IV dapat dijadikan media pertumbuhan mikroalga liar sehingga dapat mengurangi kadar BOD dan COD dari limbah POME. b) Pertumbuhan mikroalga yang terbaik diperoleh pada variasi perbandingan volume POME dan mikroalga 1:3 dengan menambahkan nutrient 100ppmNaHCO ₃ dan 30ppm nutrient urea. c) Penurunan BOD dan COD paling baik terjadi pada variasi perbandingan volume POME dan mikroalga 1:4. Nilai BOD dan COD yang dicapai adalah 61,66 ppm dan 173,33 ppm d) Pemberian nutrient C 120 ppm menghasilkan penurunan BOD dan COD paling baik yaitu 65,33 ppm dan 186,67ppm, sedangkan pengaruh pemberian nutrient N 40 ppm menghasilkan	Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
				penurunan BOD dan COD paling baik mencapai 55,41 ppm dan 158,33 ppm.	
11	Yesika Rumondang Sitorus	Karakteristik Kimia dari Pengolahan Air limbah Kelapa Sawit PTPN Y	2020	Air limbah PTPN Y dinilai aman tidak mencemari lingkungan karena langsung dialirkan ke lahan perkebunan PTPN Y dan tidak dialirkan ke badan air. Selain itu berdasarkan hasil karakteristik kimia air limbah PTPN Y memenuhi baku mutu air limbah sesuai ketentuan standarisasi Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 29 Tahun 2003.	Program Studi Biologi, Fakultas Teknik, Universitas Samudra
12	A n Oktorina Dkk	Fitoremediasi air limbah tahu menggunakan <i>Eichhornia crassipes</i>	2019	Tingkat remediasi air limbah tahu yang paling optimal pada pengolahan anaerasi mampu menurunkan: BOD hingga 677,18 mg/l (71,99%), COD sebesar 1154,624 mg/l (75,14%), TSS hingga 52,3 mg/l (91,45%) dan Total Nitrogenk sebesar 0,150 mg/l (48,09%) sedangkan pada pengolahan TSS hingga 10,327 mg/l (98,13%) dan Total Nitrogenk sebesar 0,062 mg/l (80,19%). Untuk pengolahan anaerasi, konsentrasi BOD dan COD masih melebihi baku mutu yang ditentukan sedangkan untuk pengolahan aerasi semua parameter telah memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010.	Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Hasnuddin, Makassar-Indonesia.
13	M Belladona	PERANCANGAN INSTALASI PENGOLAH AIR LIMBAH (IPAL) INDUSTRI BATIK BESUREK DI KOTA BENGKULU	2020	Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan, dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan batik besurek menghasilkan air limbah yang berbahaya. Buangan air limbah harus diolah terlebih dahulu menggunakan instalasi pengolah air limbah (IPAL) sebelum dibuang ke badan air.	3Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Prof Dr Hazairin, SH, Jalan Ahmad Yani No.1 Bengkulu, 38117

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
14	Dhama Susanthi	Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan IPAL komunal di Kota Bogor	2018	Beberapa parameter efluen dari IPAL komunal yang telah beroperasi di Kota Bogor teridentifikasi melebihi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No.P.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Sebagai upaya meningkatkan kualitas efluen maka diperlukan optimalisasi pengelolaan fasilitas IPAL komunal.	Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680
15	Mitha Karunia Baeti	EFEKTIVITAS INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) RUMAH SAKIT UMUM ROEMANI MUHAMMADIYAH SEMARANG	2022	Aspek manajemen Rumah Sakit Umum Roemani Muhammadiyah Semarang ini sudah sesuai dengan peraturan Kepmenkes No.7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit sedangkan pengelolaan air limbah Rumah sakit Roemani Muhammadiyah Semarang ini masih belum sesuai dengan peraturan Kepmenkes No.7 Tahun 2019. Hasil perhitungan efisiensi dari nilai inlet dan outlet untuk parameter TSS, BOD, COD dan NH3 dapat disimpulkan bahwa IPAL Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang sudah efisien menurunkan TSS, BOD, COD dan NH3 akan tetapi belum efisien menurunkan parameter bakteri Coliform.	Peminatan Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro Jl. Prof. H. Soedarto, S.H., Tembalang, Semarang, Indonesia 50275