

PENENTUAN pH, CHEMICAL OXYGEN DEMAND DAN TOTAL SUSPENDED SOLID PADA KOLAM LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT

Syafrinal^{*1}, Selfa Dewati Samah¹, Melysa Putri¹, Fatmawati¹, Ria Januari²

¹Program Studi Analisis Kimia, Politeknik ATI Padang, Bungo Pasang-Tabing, Padang 25171 Indonesia

²Program Studi Agribisnis Kelapa Sawit, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Jl. Medan Tenggara VII, 20228, Indonesia

*email : rinal1450@gmail.com

Abstrak

Limbah cair pabrik minyak kelapa sawit dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia. Parameter uji yang dapat menunjukkan kualitas limbah cair pabrik kelapa sawit adalah pH, Chemical Oxygen Demand, dan Total Suspended Solid. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan nilai pH dengan menggunakan pH Meter, COD dan TSS dengan menggunakan spektrofotometer UV – Vis pada setiap kolam limbah cair pabrik kelapa sawit sebelum dibuang ke sungai agar tidak mencemari lingkungan. Hasil penelitian selama tiga minggu pengujian menunjukkan bahwa nilai pH kolam limbah cair pabrik kelapa sawit cenderung semakin naik dari kolam fat fit hingga outlet kolam V sedangkan nilai COD dan TSS cenderung turun dari kolam fat fit hingga outlet kolam V. nilai pH limbah yang dibuang ke sungai berada pada rentang 6 -9, nilai COD di bawah 350 mg/L dan TSS di bawah 250 mg/L. Hasil yang diperoleh telah sesuai dengan peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Limbah cair pabrik kelapa sawit yang dihasilkan telah aman dibuang ke sungai.

Kata Kunci : *Chemical Oxygen Demand, Limbah cair, pH, Total Suspended Solid*

DETERMINATION OF pH, CHEMICAL OXYGEN DEMAND AND TOTAL SUSPENDED SOLID IN PALM OIL MILL EFFLUENT POND

Abstract

Palm oil mill effluent can pollute the environment and endanger human health. Test parameters that can indicate the quality of palm oil mill effluent are pH, Chemical Oxygen Demand, and Total Suspended Solid. The purpose of this study is to determine the pH using pH meter, COD and TSS values using spektrofotometer UV – Vis in each palm oil mill effluent pond before discharging into the river so as not to pollute the environment. The results of three weeks of testing showed that the pH value of the palm oil mill effluent pond tended to increase from the fat fit pond to the outlet of pond V while the COD and TSS values tended to decrease from the fat fit pond to the outlet of pond V. The pH value of the waste discharged into the river is in the range of 6-9, the COD value is below 350 mg/L and TSS is below 250 mg/L. The results obtained are in accordance

with the regulation of the Minister of Environment Number 5 of 2014. The resulting palm oil mill effluent is safe to be discharged into the river.

Keywords: *Chemical Oxygen Demand, Waste, pH, Total Suspended Solid*

PENDAHULUAN

Operasional pabrik kelapa sawit akan menghasilkan limbah yang cukup besar berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah padat yang dihasilkan berupa tandan kosong, cangkang, pelepah kelapa sawit, serat, dan limbah cair (Wahyudi dkk., 2011) sedangkan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) atau *Palm Oil Mill Effluent* (POME) berupa air, minyak dan padatan organik yang berasal dari hasil samping proses pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit untuk menghasilkan *Crude Palm Oil* (CPO) (Nursanti, 2013).

Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit umumnya berwarna coklat pekat, kental, memiliki kandungan organik yang tinggi, dan bau yang tidak enak (Shintawati dkk., 2017). Tanpa pengolahan yang baik limbah cair pabrik kelapa sawit berpotensi mencemari lingkungan berupa penurunan kualitas perairan, penurunan kualitas air tanah dan penurunan kualitas udara. Pabrik kelapa sawit di Indonesia saat ini dapat memproduksi limbah cair kelapa sawit sekitar 455.000 ton per harinya (Pandia dkk., 2020).

Pencemaran yang dihasilkan oleh limbah cair pabrik minyak kelapa sawit tersebut dapat menurunkan kualitas perairan yang secara tidak langsung akan membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia. Ini disebabkan limbah cair pabrik kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi yaitu COD (*Chemical Oxygen Demand*) berkisar 40.000-80.000 mg/L, bersifat asam dengan kisaran pH 4,05 – 4,15, TSS (*Total Suspended Solid*)

dengan rentang 4-5%, mengandung lemak/minyak, serta padatan tersuspensi dan terlarut lainnya (Maulinda, 2013).

Terdapat beberapa parameter yang dapat menunjukkan kualitas limbah cair pabrik kelapa sawit seperti derajat keasaman atau pH, *Chemical Oxygen Demand*, dan *Total Suspended Solid*. Parameter pH sangat berperan pada dekomposisi *anaerob* karena pada rentang pH yang tidak sesuai, mikroba yang terdapat pada kolam pengolahan limbah tidak dapat tumbuh dengan maksimum dan bahkan dapat menyebabkan kematian. Pada akhirnya kondisi ini dapat menghambat perolehan gas metana. Derajat keasaman yang optimum bagi kehidupan mikroorganisme adalah 6,8-7,8 (Ramadhan dkk., 2020). *Chemical Oxygen Demand* adalah kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh mikroba untuk menghancurkan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair kelapa sawit, nilai COD yang tinggi menunjukkan kualitas limbah sangat jelek (Maulani & Widodo, 2016). *Total suspended solid* (TSS) adalah jumlah padatan yang tersuspensi di dalam air yang tertahan oleh filter dengan ukuran partikel maksimal 2 µm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. TSS mempunyai efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang dapat masuk ke dalam air, sehingga organisme yang membutuhkan cahaya tidak bisa melakukan fotosintesis dan bisa mati (Sisnayati dkk., 2021).

Karena berbahaya, limbah cair pabrik kelapa sawit harus diolah terlebih dahulu

sebelum dibuang ke lingkungan. Pengolahan air limbahnya dapat dilakukan dengan beberapa tahapan proses. Limbah dari Pabrik Kelapa Sawit dialirkan masuk ke dalam bak fat fit untuk menampung cairan-cairan yang masih mengandung minyak yang berasal dari air kondensat dan stasiun klarifikasi. Air limbah di bak fat fit dipanaskan menggunakan steam dengan suhu 60 -80 °C. Pemanasan ini diperlukan untuk memudahkan pemisahan minyak dengan menggunakan skimmer. Limbah dari fat fit ini kemudian dialirkan ke kolam I sampai kolam V yang berguna untuk mendinginkan limbah yang telah dipanaskan. Pendinginan limbah bertujuan agar bakteri yang terdapat pada kolam tetap hidup dan bekerja dengan baik. Kolam limbah I berfungsi untuk proses retensi/pengendapan. Kolam limbah I dan dan kolam limbah II dalam keadaan *anaerob*, karena kerja bakteri tidak membutuhkan oksigen dalam penguraian POME. Bakteri yang digunakan pada kolam I dan kolam II adalah bakteri mesofelic. Bakteri merusak derajat keasaman dengan memakan POME yang dapat menimbulkan gas metana (CH₄). Di kolam III terdapat alat aerator yaitu supersonik dan diffuser yang berfungsi untuk meningkatkan jumlah oksigen terlarut dalam air dengan tujuan agar dapat berlangsungnya reaksi oksidasi dengan baik. Aerator bekerja dengan cara menyeprotkan air sehingga air bersentuhan dengan udara. Pada kolam III, kondisi kolam limbah berada pada fase fakultatif yang merupakan proses peralihan kerja bakteri dari sistem *anaerob* ke sistem *aerob*. Pada kolam IV dan kolam V kondisi kolam limbah berada

pada fase *aerob*, dimana kerja bakteri membutuhkan oksigen dalam proses penguraian cairan. Proses pada kolam *aerob* bertujuan untuk mengurangi jumlah kandungan bahan aktif yang tersuspensi dan mengubahnya menjadi bentuk padatan yang diendapkan oleh flokulasi mikroorganisme. Pada kolam ini penguraian terjadi secara *aerob* karena pada kolam IV dan V telah banyak hidup alga dan makhluk hidup lainnya yang berfungsi mengurangi kadar COD pada air limbah. Kolam V merupakan penampungan akhir cairan limbah sebelum dibuang ke sungai, di kolam ini suhu cairan berkisar 26-27 °C.

Berdasarkan latar belakang di atas, telah dilakukan penentuan nilai pH dengan menggunakan pH Meter, COD dan TSS dengan menggunakan spektrofotometer UV – Vis pada kolam limbah cair pabrik kelapa sawit dan membandingkannya dengan standar yang terdapat pada peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah *Spektrofotometri UV-Vis*, *Vortex Mixer*, termoreaktor, tabung reaktor, labu ukur 10 mL, 25 mL 50 mL, 100 mL, pipet takar, gelas piala 25 mL, bola hisap, termometer, desikator dan pH meter. Sedangkan bahan yang digunakan adalah larutan pencerna tinggi dengan komposisi tertentu K₂Cr₂O₇, H₂SO₄, HgSO₄, larutan pereaksi asam sulfat mengandung AgSO₄, H₂SO₄ pa, aquades, sampel limbah cair dan larutan kalium hidrogen phtalat (KHP) sebagai larutan standar.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan pendekatan kuantitatif yang difokuskan pada penentuan nilai pH, COD dan TSS pada kolam limbah cair pabrik kelapa sawit.

Teknik Pengumpulan Data

Disiapkan 7 botol contoh yang tertutup dengan kapasitas 250 mL kemudian masukkan botol ke dalam kolam limbah yang akan diambil contohnya, isi minimal 1/3 bagian, tutup botolnya kemudian dihomogenkan dan buang airnya. Ulangi minimal 2 kali. Lalu dimasukkan botol contoh dengan cara bagian bawah botol dimasukkan ke dalam kolam dan biarkan limbah cair masuk sampai botol terisi penuh dengan limbah cair kemudian tenggelamkan seluruh botol dan tutup dengan posisi botol terendam dalam kolam limbah. Setelah itu angkat botol dari kolam kemudian balikkan dan amati agar tidak ada udara dalam botol contoh.

Sampel *outlet* fat fit diambil di titik pembuangan fat fit, sampel diambil 2 jam setelah pabrik mengolah. Sampel inlet kolam 1 diambil di pengeluaran pompa limbah, untuk sampel *outlet* kolam 1 diambil di titik buangan kolam 1 pada pipa masuk kolam 2. Sampel *outlet* 2 diambil di titik buangan kolam 2 pada pipa masuk kolam 3. Sampel *outlet* 3 diambil di titik buangan kolam 3 pada pipa masuk kolam 4, sampel *outlet* 4 diambil pada titik buangan kolam 4 di pipa masuk kolam 5, sedangkan sampel *outlet* kolam 5 diambil pada pipa setelah flow meter. Masing-masing sampel diambil sebanyak 250 mL dengan menggunakan wadah botol plastik serta tertutup rapat.

Setiap sampel kolam limbah cair pabrik kelapa sawit ditentukan nilai pH dengan

menggunakan pH meter dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) serta *Total Suspended Solid* (TSS) menggunakan *Spektrofotometri UV-Vis*.

Penentuan pH

Dibilas elektroda dengan aquades dan dikeringkan dengan tisu lembut. Dicelupkan elektroda ke dalam masing - masing sampel limbah cair sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang stabil. Setelah itu dicatat hasil dari pembacaan tersebut dan dibilas kembali elektroda dengan aquades setelah pengukuran dilakukan.

Analisa Chemical Oxygen Demand

Disiapkan larutan standar untuk analisa COD yaitu larutan standar KHP (Kalium Hydrogen Ftalat). Dipipet larutan standar KHP 1000 ppm sebanyak (1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 9,0) mL ke dalam tabung reaksi kapasitas 10 mL, kemudian larutan tersebut ditambahkan aquades sebanyak (9,0; 8,0; 6,0; 4,0; 2,0; 1,0) mL dan dihomogenkan, sehingga diperoleh larutan standar KHP dengan konsentrasi 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm, 600 ppm, 800 ppm dan 900 ppm. Dipipet masing – masing larutan sebanyak 2,5 mL ke tabung reaksi. Kemudian ditambahkan larutan pencerna tinggi sebanyak 1,50 mL dan larutan pereaksi asam sulfat sebanyak 3,50 mL. Lalu ditutup tabung reaktor tersebut dan dihomogenkan menggunakan *Vortex Mixer*. Kemudian tabung reaksi tersebut dipanaskan dengan termoreaktor dengan suhu 150°C selama 2 jam. Setelah itu deret standar tersebut didinginkan dalam desikator selama 15-30 menit dan diukur menggunakan *Spektrofotometri UV-Vis* dengan panjang gelombang 600 nm.

Dipipet masing – masing 2,5 mL sampel yang sudah diencerkan dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan larutan pencerna tinggi sebanyak 1,5 mL lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan larutan pereaksi asam sulfat sebanyak 3,5 mL lalu dihomogenkan dengan alat *Vortex Mixer*. Kemudian dipanaskan dengan alat termoreaktor dengan suhu 150°C selama 2 jam, lalu di dinginkan dalam desikator selama 15-30 menit. Kemudian di analisa COD dengan menggunakan alat *Spektrofotometri UV-Vis* dengan panjang gelombang 600 nm. Dihitung nilai COD berdasarkan persamaan linier kurva kalibrasinya dengan rumus :

$$\text{Kadar COD (mg/L)} = C \times f$$

Keterangan:

C = Nilai COD contoh uji (Didapatkan dari nilai absorban dikurang nilai intercept dan di bagi nilai slope atau ppm kurva)

f = faktor pengenceran

Analisis TSS

Untuk analisis TSS, pembuatan larutan standarnya tidak perlu dilakukan karena sudah terdapat di dalam alat *Spektrofotometri UV-Vis*. Sampel limbah yang sudah diencerkan untuk pengukuran COD tadi, diukur nilai TSS nya dengan menggunakan alat *Spektrofotometri UV-Vis*. Dihitung nilai TSS dengan rumus:

$$\text{TSS (mg/L)} = A \times f$$

Keterangan:

A = Nilai Absorban

f = faktor pengenceran

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di kolam limbah cair pabrik kelapa sawit selama tiga minggu dapat

dilihat hasil pengujian pH, Chemical Oxygen Demand (COD) dan Total Suspended Solid (TSS) kolam limbahnya pada Tabel 1.

Hasil identifikasi limbah cair pabrik kelapa sawit berkarakteristik keruh, berwarna coklat serta berbau khas limbah. Dari data hasil pengujian yang telah dilakukan pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai pH cenderung semakin naik untuk sampel dari kolam fat fit hingga outlet kolam V. Hal ini disebabkan karena terjadinya proses aerasi dimana oksigen dapat bereaksi dengan kation yang ada di dalam air olahan. Reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksida logam yang sukar larut dalam air sehingga dapat mengendap dan menghilangkan rasa serta bau tak enak dan juga menghilangkan gas-gas yang tidak dibutuhkan termasuk karbondioksida (CO₂). Hilangnya karbondioksida dapat meningkatkan derajat keasaman. Mekanisme peningkatan pH berlangsung secara kimia dengan reaksi antara CO₂ dengan H₂O sehingga terbentuk H₂CO₃ yang terdisosiasi menjadi HCO₃⁻ dan H⁺. kemudian HCO₃⁻ juga terdisosiasi dalam bentuk karbonat (Ilmannafian dkk., 2020). Jumlah ion karbonat secara bertahap meningkat sementara ion H⁺ berkurang selanjutnya terus terjadi peningkatan ion hidroksi yang dapat meningkatkan pH (Nursanti, 2013).

Berdasarkan peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, baku mutu limbah cair pada pabrik kelapa sawit pH rentang 6,0 hingga 9,0. Jika dilihat pada Tabel 1, hasil analisa 3 minggu pengujian tersebut terbukti bahwa limbah cair proses pengolahan sawit pada kolam fat-fit dan kolam kolam I tidak memenuhi standar baku mutu. Hal ini

menjadi alasan utama agar limbah cair proses pengolahan sawit harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan. Sedangkan untuk analisis COD dan TSS dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa nilainya semakin turun. Hal ini disebabkan telah dilakukannya proses pengolahan air limbah pada masing-masing kolam. Air limbah yang keluar dari pabrik atau disebut dengan *outlet* fat-pit, kemudian dialirkan ke kolam inlet yang berguna untuk mendinginkan limbah dan menghilangkan senyawa apung secara

fisika, dan target penghilangan adalah suspended solid atau minyak dengan cara pengendapan dan pengapungan (Simbolon dkk., 2021). Hal ini dilakukan agar bakteri mesophilik dapat berkembang dengan baik. Lalu dikolam I mengalami asidifikasi sehingga air limbah yang mengandung bahan organik lebih mudah mengalami biodegrasi dalam suasana *anaerobic*, pH air limbah di netralkan kemudian diteruskan ke kolam II.

Tabel 1. Data hasil pengujian pH, COD dan TSS pada kolam Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit

Waktu Pengujian	Tempat Sampel	pH	COD (mg/ L)	TSS (mg/ L)	Keterangan
Minggu Pertama	Outlet Fat-pit	4,3	74619.62	13300	
	Inlet Kolam I	6,5	49024.11	12900	
	Outlet Kolam I	7,4	5300.6	3150	Over flow Ke kolam II
	Outlet Kolam II	8,2	860.97	475	Over flow Ke kolam III
	Outlet Kolam III	8,5	790.69	250	Over flow Ke kolam IV
	Outlet Kolam IV	8,6	428.73	155	Over flow Ke kolam V
	Outlet Kolam V	8,8	320.96	130	Over flow Ke sungai
Minggu Kedua	Outlet Fat-pit	4,2	75249.69	14300	
	Inlet Kolam I	6,1	37853.42	11600	
	Outlet Kolam I	7,6	2724.86	2380	Over flow Ke kolam II
	Outlet Kolam II	8,5	699.55	460	Over flow Ke kolam III
	Outlet Kolam III	8,5	642.41	385	Over flow Ke kolam IV
	Outlet Kolam IV	8,7	413.83	225	Over flow Ke kolam V
	Outlet Kolam V	8,9	288.96	138	Over flow Ke sungai
Minggu Ketiga	Outlet Fat-pit	3,7	94268.89	13100	
	Inlet Kolam I	5,1	31564.75	11800	
	Outlet Kolam I	7,4	5940.1	3650	Over flow Ke kolam II
	Outlet Kolam II	7,7	932.23	470	Over flow Ke kolam III
	Outlet Kolam III	8,3	809.9	240	Over flow Ke kolam IV
	Outlet Kolam IV	8,5	498.5	225	Over flow Ke kolam V
	Outlet Kolam V	8,8	299.88	136	Over flow Ke sungai
Standar Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014		6-9	< 350	<250	

Pada kolam II air limbah ini mengandung senyawa organik kompleks seperti lemak, karbohidrat dan protein yang akan dirombak oleh bakteri *anaerob* menjadi asam organik dan selanjutnya menjadi gas metana, karbohidrat dan air. Di kolam III merupakan kolam peralihan dari kolam *anaerobic* ke kolam *aerobic* atau proses pennon-aktifan bakteri

anaerob dan prakondisi dari proses *aerobic*. Aktivitas ini dapat diketahui dengan adanya indikasi pada permukaan kolam yang tidak dijumpai *scum* dan cairan tampak kehijau-hijauan. Pada kolam IV dan V terjadi proses *aerobic*, dimana pada kolam ini telah tumbuh ganggang dan mikroba *heterotrof* yang berbentuk *flocs* (Hanim dkk., 2020).

Keberadaan tanaman ini dapat membantu mengurangi tingginya kadar pencemar yang diserap oleh akar tanaman setelah didegradasi oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang lebih sederhana (Brahmana & Hidayat, 2008.)

Keberadaan Tanaman ini merupakan proses penyediaan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba dalam kolam. Oksigen diperlukan oleh mikroba untuk pertumbuhan maupun mendegradasi zat organik ataupun zat anorganik yang terdapat di dalam air. Hal inilah yang menyebabkan penurunan pada nilai COD dan TSS (Elvania br Pandia, Hernawati, Theresia Jari, 2020). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, standar baku COD maksimal 350 mg/L sedangkan TSS dengan standar baku maksimal 250 mg/L maka *outlet* pada kolam V telah memenuhi syarat untuk dibuang ke sungai.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada kolam air limbah pabrik kelapa sawit selama 3 minggu dapat disimpulkan bahwa nilai pH cenderung naik dari kolam fat fit hingga *outlet* kolam V sedangkan nilai COD dan TSS cenderung turun dari kolam fat fit hingga *outlet* kolam V. Hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai pH limbah yang dibuang ke sungai berada pada rentang 6 -9 , nilai COD di bawah 350 mg/L dan TSS di bawah 250 mg/L. Hasil yang diperoleh telah sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 sehingga aman untuk dibuang ke sungai

DAFTAR PUSTAKA

- Brahmana, S. S., & Hidayat, R. (2008). Pengendalian Pencemaran Sumber Air Dengan Ekoteknologi 9Wetland Buatan. *JSDA*. vol 4 (2), 111-124.
- Hanim, W., Fadhliani, F., & Wibowo, S. G. (2020). Pengolahan Limbah Cair di PMKS PT Sisirau Desa Sidodadi Kecamatan Kejuruan Muda Kabupaten Aceh Tamiang. *Jurnal Envscience*, 4(2), 67-76. <https://doi.org/10.30736/4ijev.v4iss.2.198>
- Ilmannafian, A. G., Lestari, E., & Khairunisa, F. (2020). Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Metode Filtrasi dan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(2), 244–253. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i2.4012>
- Maulani, D. I., & Widodo, E. (2016). *Analisis Pengaruh BOD, TSS dan Minyak Lemak Terhadap COD Dengan Pendekatan Regresi Linear Berganda PT. X di Tangerang*. Seminar Nasional Pendidikan Matematika Ahmad Dahlan, 244–248.
- Maulinda, L. (2013). *Pengolahan Awal Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Secara Fisika*. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 2(2), 31–41.
- Nursanti, I. (2013). Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Pada Proses Pengolahan Anaerob Dan Aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 13(4), 67–73.
- Pandia, E. B., Hernawati, Jari,T. dan

- Kahar, A. (2020). Pengaruh Laju Alir Terhadap COD, BOD dan VFA pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) dalam Bioreaktor Anaerobik. *Jurnal Chemurgy*, 04(2), 30–37.
- Ramadhan, M. B. A., Wardana, dan Kahar, A. (2020). Pengaruh pH Terhadap COD, BOD Dan VFA Pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dalam Bioreaktor Anaerobik. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Berwawasan Lingkungan*, 69–74
- Shintawati, Hasanudin, U., & Haryanto, A. (2017). Karakteristik Pengolahan Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Dalam Bioreaktor Cigar Semi Kontinu. *Teknik Pertanian Lampung*, 6(2), 81–88.
- Simbolon, R. H., Simbolon, R., & Harahap, R. (2021). Analisa Pengolahan Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit Pt. Hutabayu Marsadakecamatan Hutabayu Raja Kabupaten Simalungun. *Semnastek UISU*, 217–221.
- Sisnayati, S., Dewi, D. S., Apriani, R., & Faizal, M. (2021). Penurunan BOD, TSS, minyak dan lemak pada limbah cair pabrik kelapa sawit menggunakan proses aerasi plat berlubang Reducing BOD, TSS, oil and greace in palm oil mill effluent by using perforated plate aeration process. *Jurnal Teknik Kimia*, 27(2), 2721–4885.
<http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/jtk>
- Wahyudi, H., Kasry, A., Purwaningsih, I. (2011). Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Untuk Memenuhi Kebutuhan Unsur Hara Dalam Budidaya Tanaman Jagung (*Zea mays* L. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, (2), 5. 94-102.