

Perancangan Pengolahan Air Limbah Laboratorium Pemurnian *Crude Palm Oil* (CPO) di Politeknik Negeri Kampar

Sri Murda Niati¹, Endang Supraptiah¹, Aisyah Suci Ningsih¹, Gemala Cahya¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar-Palembang 30139

* Corresponding author: sri.murda.niati@polsri.ac.id

ABSTRAK

Politeknik Kampar merupakan salah satu politeknik yang mempunyai laboratorium miniplan pengolahan CPO menjadi minyak goreng, biodiesel dan sabun. Pada saat operasinya pengolahan ini menghasilkan limbah cair dan limbah padat. Limbah cair yang dikeluarkan oleh suatu sistem pengolahan harus dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Berdasarkan percobaan yang dilakukan proses yang menghasilkan limbah adalah pada proses *degumming* dihasilkan air limbah sebesar 159 L per 1 kali proses dimana air limbah ini mengandung gum dan berwarna kuning. Pada proses netralisasi menghasilkan limbah padat yang mengandung *soapstock* sebesar 10,93 kg limbah per 1 kali proses dilakukan. Limbah padat ini dapat dijadikan bahan baku sabun dengan bilangan penyabunan sebesar 480,7 mg KOH/1 gram zat uji. Air limbah yang dihasilkan dilakukan uji jartest di laboratorium menggunakan koagulan PAC (poly aluminium clorida) dan flokulan aqua clear. Berdasarkan percobaan uji jartest yang dilakukan didapat kualitas air hasil olahan sudah berada dibawah ambang batas lingkungan baik pH, warna maupun tingkat kekeruhan. Dosis ekonomis koagulan PAC adalah pada penambahan 60 g/L dan dosis aqua clear yang dibutuhkan adalah sebesar 1,2 g/L per 1 kali proses. Hasil pengujian laboratorium diperoleh kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) akhir sebesar 444,9280 ppm dan efisiensi penurunan COD sebesar 63,41%. Berdasarkan hasil uji laboratorium dibuat rancangan unit-unit pengolahan limbah yaitu bak equalisasi, koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Pada penelitian ini dirancang bak sedimentasi dengan panjang 1,50m, lebar 3,20m dan tinggi 3,20m dan bak pembunuh dengan pertimbangan sudah memenuhi volume limbah cair yang diolah.

Kata Kunci: CPO, *Degumming*, Netralisasi, Pengolahan Limbah

PENDAHULUAN

Politeknik Kampar berdiri atas kesepakatan kerjasama Pemerintah Kabupaten Kampar (Yayasan Datuk Tabano) dan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Depdiknas. Tujuan didirikannya Politeknik Kampar adalah untuk menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi kepada peserta didik agar memiliki kemampuan profesional dalam bidangnya sehingga relevan dengan kebutuhan industri [1].

Provinsi Riau merupakan daerah penghasil CPO terbesar di Indonesia yaitu dengan produksi 3,3 juta ton pertahun atau hamper 30% dari total produksi sawit di Indonesia, sedangkan Indonesia sendiri merupakan pengeksport CPO terbesar di dunia. Diharapkan dengan berdirinya Politeknik Kampar masyarakat Riau mampu mengolah sendiri sawitnya (CPO) sehingga mengurangi angka pengangguran [2].

Politeknik Kampar merupakan salah satu politeknik yang mempunyai laboratorium miniplan pengolahan CPO menjadi minyak goreng, biodiesel dan sabun. Pada saat

operasinya pengolahan ini menghasilkan limbah cair dan limbah padat, dengan karakteristik limbah cair yang dihasilkan berupa gum dan soap stock dimana gum dan soap stock ini bersifat basa dengan pH diatas 7 dan gliserol yang dihasilkan pada saat proses transesterifikasi.

Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Riau Nomor 8 Tahun 2001 mengenai limbah cair dan baku mutu limbah cair bahwa limbah cair yang dikeluarkan oleh suatu sistem pengolahan harus dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan [3]

Berbagai teknologi sudah diterapkan untuk mengolah limbah yang disesuaikan dengan karakteristik limbah seperti pengolahan fisika, kimia dan biologi. Berdasarkan karakteristik limbah yang dihasilkan dari laboratorium pemurnian CPO menjadi minyak goreng, sabun dan biodiesel maka system pengolahan yang tepat adalah pengolahan limbah secara kimia dan fisika yang meliputi koagulasi, flokulasi dan sedimentasi [4]. Banyak masyarakat yang belum mengetahui pengolahan limbah dari CPO atau

minyak goreng menjadi berbagai macam produk seperti sabun [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang unit-unit pengolahan air limbah dari laboratorium pemurnian CPO menjadi minyak goreng, sabun dan biodiesel agar air hasil olahan dapat memenuhi standar yang ditetapkan dan dapat diterapkan di lapangan.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel air limbah yang dibuat dilaboratorium menggunakan CPO yang berasal dari perkebunan penghasil CPO di Kecamatan Pamengpeu Kabupaten Garut. Koagulan yang digunakan adalah Poly Alumunium Clorida (PAC) dan alumunium sulfat (tawas). Sedangkan flokulan yang digunakan adalah aqua clear. Selain itu digunakan pula H_3PO_4 , Fero amonium sulfat, indikator ferroin.

Peralatan yang digunakan turbidimeter, pH meter, oven, corong pemisah, sentrifuge, tabung nestler, tabung hach, hach digester COD, corong pisah, termometer dan peralatan gelas.

Metode

Pada penelitian ini digunakan pendekatan kualitatif (observasi, wawancara dan dokumentasi) yang meliputi pengumpulan data/informasi dengan mendalami fenomena yang terjadi dan menggambarkan, menjelaskan serta menganalisis masalah yang diteliti sehingga dapat ditarik kesimpulan. Sumber data diambil dari data primer dan data sekunder.

Kegiatan observasi yakni dengan pengamatan dilapangan untuk melihat lokasi pendirian unit-unit pengolahan limbah untuk mengetahui luas wilayah, kegiatan wawancara dengan bertanya kepada pegawai lembaga terkait yakni pegawai Politeknik Kampar, studi literatur dilakukan untuk memperoleh data yang akan dijadikan standar acuan dan pedoman baik penelitian maupun perhitungan tentang operasional proses dan komposisi dari limbah yang dihasilkan.

Data primer diambil dengan melakukan pengambilan data secara langsung selama observasi di lapangan dan data hasil laboratorium seperti luas wilayah dan lokasi perancangan, jumlah air limbah yang dihasilkan. Data dari laboratorium didapat dengan cara membuat air limbah dengan skala laboratorium sistem pengolahan CPO menjadi minyak goreng, biodiesel dan sabun. Data yang didapat dilaboratorium diusahakan mempunyai kualitas yang sama dengan yang ada di lapangan, dimana tahapan pelaksanaan adalah membuat air limbah dengan komposisi yang sama dengan eksisting dilapangan, dengan cara mencampurkan 500 gram CPO dengan air sebanyak 30% dari berat CPO kemudian dipanaskan pada temperature 70 °C selama 30 menit dimana volume limbah yang dibuat sebanyak kebutuhan untuk analisis jartest.

Selanjutnya air limbah yang sudah dibuat dilakukan uji jartest untuk menentukan dosis ekonomis koagulan dan flokulan yang akan digunakan, dengan memasukkan sejumlah sampel ke dalam gelas kimia, kemudian dilakukan penambahan koagulan dan flokulan dengan dosis yang berbeda. Perkiraan debit air limbah dihitung berdasarkan hasil aktivitas laboratorium miniplan di Politeknik Kampar selama 5 hari kerja. Selanjutnya ditentukan proses-proses yang akan digunakan untuk perancangan berdasarkan standar acuan.

Limbah yang digunakan merupakan limbah dari proses *degumming* dan netralisasi. Perhitungan desain unit-unit pengolahan limbah hasil dari pengolahan CPO menjadi minyak goreng, sabun dan biodiesel berpedoman kepada kriteria desain. Untuk data sekunder diperoleh dari lembaga terkait yakni Politeknik Kampar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Limbah CPO dalam Skala Laboratorium

Air limbah dibuat di Laboratorium Pengolahan Limbah Industri (PLI) Jurusan Teknik Kimia di Politeknik Negeri Bandung dimana komposisi limbah sesuai dengan proses yang ada di miniplan di Politeknik Kampar. Limbah ini dihasilakan dari proses *degumming* dan proses

netralisasi. Limbah ini dibuat dengan mencampurkan CPO dengan air dengan komposisi 500 gram CPO dicampur dengan air 30% dari berat CPO pada suhu 70 °C dan waktu pemanasan 30 menit.

Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan limbah cair, dimana limbah cair adalah limbah yang dihasilkan dari proses *degumming* sedangkan limbah padat dihasilkan dari proses netralisasi, limbah padat ini digunakan kembali sebagai bahan baku sabun.

Proses *degumming* adalah suatu proses yang bertujuan untuk menghilangkan zat-zat yang bersifat koloidal, seperti resin, gum, protein serta fosfolida dalam minyak mentah. Pada prinsipnya proses *degumming* adalah proses pembentukan dan pengikatan flok-flok dari zat-zat terlarut dan zat-zat yang bersifat koloidal dalam minyak mentah sehingga flok-flok yang terbentuk cukup besar untuk bisa dipisahkan dari minyak.

Proses netralisasi atau deasidifikasi pada pemurnian minyak mentah bertujuan untuk menghilangkan asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak mentah. Asam lemak bebas (FFA) dapat menimbulkan bau yang tengik pada minyak.

Untuk memenuhi kebutuhan air limbah pada uji jartest dilakukan pembuatan limbah sebanyak 5 kali pengulangan seperti terlihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa untuk 500 gram CPO dan 150 gram air menghasilkan limbah cair rata-rata sebesar 10,9285 gram. Pembuatan air limbah dilakukan 5 kali agar menghasilkan volume limbah sebesar 795 mL dan berat limbah sebesar 54,64 gram.

Dari 5 kali pembuatan sampel limbah padat dan limbah cair, limbah cair yang dihasilkan berwarna kuning. Hal tersebut karena enzim yang terdapat di dalam CPO yaitu enzim karotenoid yang memberi warna merah dan warna kuning.

Tabel 1. Berat dan volume limbah padat dan limbah cair yang dibuat

| Berat CPO (gram) | Berat H ₃ PO ₄ (gram) | Volume Limbah Cair (mL) | Limbah Padat (gram) | Warna |
|------------------|---|-------------------------|---------------------|--------|
| 500 | 150 | 162 | 11,5516 | Kuning |
| | | 153 | 10,5943 | Kuning |
| | | 165 | 9,9471 | Kuning |
| | | 155 | 10,2309 | Kuning |
| | | 160 | 12,3189 | Kuning |
| Total | | 795 | 54,6428 | |
| Rata-Rata | | 159 | 10,9285 | |

Sumber: Data Pribadi dari Hasil Penelitian

Limbah yang dihasilkan harus diolah sebelum dibuang ke badan air/lingkungan. Salah satu metode pengolahan yang dapat diterapkan untuk menghilangkan warna tersebut adalah dengan menggunakan proses koagulasi dan flokulasi menggunakan bahan kimia berupa koagulan PAC dan tawas, dan aqua clear sebagai flokulan.

Proses flokulasi dan koagulasi ini akan menghasilkan lumpur (flok-flok) yang dapat dipisahkan dengan menggunakan unit pengendapan (sedimentasi). Fungsi unit sedimentasi adalah untuk memisahkan padatan dengan air.

Limbah padat yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan baku sabun, sehingga tidak dimasukkan dalam unit pengolahan limbah. Namun limbah padat ini dapat dilakukan pengujian bilangan penyabunan. Hasil uji bilangan penyabunan diperoleh sebesar 480,7 mg KOH/1 gram zat uji. Artinya KOH yang dibutuhkan untuk mengolah 1 gram limbah padat yang berupa bahan baku sabun menjadi sabun adalah sebesar 480,7 mg.

Penetapan Dosis Flokulan dan Koagulan Ekonomis Pada Limbah Cair

Untuk menentukan dosis ekonomis koagulan PAC, tawas dan flokulan aqua clear yang akan ditambahkan pada unit koagulasi dan flokulasi yang akan dirancang dilakukan percobaan dilaboratorium dengan menggunakan metode Jarrest. Uji jarrest ini merupakan simulasi dari proses koagulasi dan flokulasi dilapangan.

Koagulan yang digunakan adalah PAC dan tawas, sedangkan flokulan yang digunakan adalah aqua clear, setelah dilakukan uji dilaboratorium didapat bawa koagulan yang paling efisien digunakan adalah PAC 1%, dikarenakan pada waktu dilakukan uji jarrest dengan menggunakan alaumunium sulfat (tawas) dengan berbagai dosis yang berbeda air limbah tidak membentuk flok-flok. Data hasil uji jarrest sebagai berikut:

Tabel 2. Data hasil pengujian jarrest

| No Tabung | Dosis PAC (ppm) | Dosis Aqua Clear (ppm) | pH awal | warna awal | kekeruhan awal (NTU) | pH Akhir | Kekeruhan Akhir (NTU) | Volum Endapan (mL) | Warna Akhir |
|-----------|-----------------|------------------------|---------|------------|----------------------|----------|-----------------------|--------------------|-------------|
| 1 | 10 | 1 | 7,02 | Kuning | 45 | 7,09 | 25,15 | 0 | Kuning |
| 2 | 30 | | | | | 6,82 | 20,08 | 8 | Keruh |
| 3 | 50 | | | | | 6,56 | 16,77 | 18 | Jernih |
| 4 | 70 | | | | | 6,36 | 15,56 | 29 | Jernih |
| 5 | 90 | | | | | 6,36 | 13,98 | 40 | Jernih |

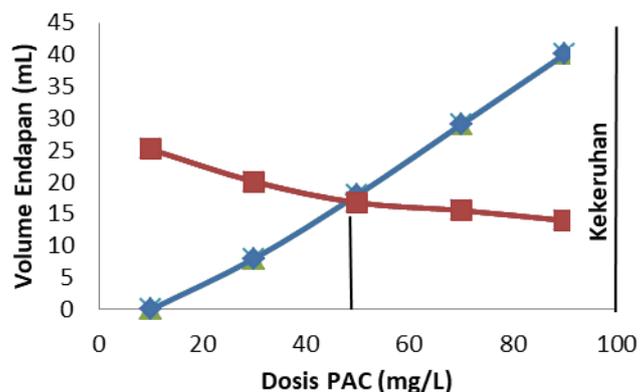
Dari Tabel 2 terlihat penurunan kekeruhan setelah ditambahkan koagulan PAC dan flokulan aqua clear. Kekeruhan awal sebelum dilakukan pengolahan adalah sebesar 45 NTU dan kekeruhan akhir berkisar (13,98-25,15) NTU.

Dengan penambahan dosis PAC sebesar 90 ppm memberikan kekeruhan akhir terkecil yaitu 13,98 NTU dan volume endapan terbesar yaitu 40mL. Dosis ini merupakan dosis optimum. Pada penelitian ini ditetapkan dosis optimum adalah 50 ppm dengan pertimbangan pada dosis ini sudah dihasilkan warna yang jernih sehingga dosis 50 ppm merupakan dosis ekonomis. Hubungan antara dosis PAC dengan volum endapan dan kekeruhan akhir pada Gambar 1.

Pemilihan dosis ekonomis 50 ppm memberikan nilai kekeruhan akhir sebesar 16,77 NTU. Nilai ini merupakan nilai yang diperbolehkan untuk dibuang limbah ke badan air sesuai dengan baku mutu badan air (Permenkes RI No. 173/Men.Kes/Per/VIII/1977) kekeruhan yang masuk ke badan air minimal 25NTU.

pH yang dihasilkan pada dosis ekonomis tidak terjadi perubahan yang signifikan antara sebelum dan setelah dilakukan penambahan koagulan dan flokulan. pH masih berada di dalam rentang normal sesuai dengan Keputusan Gubernur No. 6 Tahun 1999. pH limbah cair yang dibolehkan dibuang ke badan sungai adalah 6,0-9,0.

Warna yang dihasilkan pada penambahan PAC 10 ppm dan 30 ppm air limbah masih berwarna kuning sedangkan untuk penambahan 50, 70 dan 90 ppm air limbah sudah jernih sesuai dengan Permenkes RI No. 173/Men.Kes/Per/VIII/1977.



Gambar 1. Hubungan antara dosis PAC dengan volume endapan dan kekeruhan akhir

Dari kurva hubungan antara dosis PAC yang ditambahkan dengan kekeruhan akhir dan volume endapan dapat dipilih dosis ekonomis PAC sebesar 50 ppm dan dosis penambahan aqua clear sebesar 1 ppm. Penetapan dosis ekonomis dilihat juga dari warna yang dihasilkan sudah jernih (Tabel 2). Jadi, untuk 1 kali percobaan dengan 500 kg CPO diperkirakan

dosis PAC yang dibutuhkan adalah sebesar 60.000 ppm atau 60 g/L PAC.

Efisiensi Penurunan COD dalam Proses Koagulasi dan Flokulasi

Efisiensi penurunan COD dihitung dari nilai pengukuran COD awal dan COD akhir (setelah proses koagulasi dan flokulasi). Dari hasil uji laboratorium didapat COD awal sebesar 1216 mg/L dan COD akhir sebesar 444,9280 mg/L sehingga didapat efisiensi penurunan COD sebanyak 63,41%.

Dari perhitungan efisiensi penurunan COD besarnya efisiensi penurunan COD sudah cukup baik namun kandungan COD dalam air limbah masih berada diatas baku mutu lingkungan. Untuk menurunkan COD sampai batas yang diperbolehkan maka dilakukan *recycle*, effluen dari proses sedimentasi dikembalikan ke unit equalisasi.

Perancangan Unit-Unit Pengolahan Limbah Hasil Pengolahan CPO menjadi Minyak Goreng, Sabun dan Biodisel

Unit-unit yang digunakan dalam suatu proses pengolahan air limbah pada umumnya tergantung dari parameter yang ada dalam karakteristik air limbah. Unit-unit pengolahan untuk proses fisika, kimia dan biologi.

Hasil analisis laboratorium didapat bahwa unit-unit pengolahan limbah yang akan dirancang adalah bak equalisasi, bak koagulasi, bak flokulasi, bak sedimentasi dan perancangan bak sedimentasi dan bak pembubuh. Limbah yang akan diolah adalah limbah yang berasal dari pengolahan CPO menjadi minyak goreng dan sabun dan pengolahan CPO menjadi biodiesel.

Limbah akan diolah sekali lagi dalam seminggu. Awalnya limbah akan ditampung di bak equalisasi, setelah terkumpul 1 minggu limbah akan diolah secara koagulasi, flokulasi dan sedimentasi.

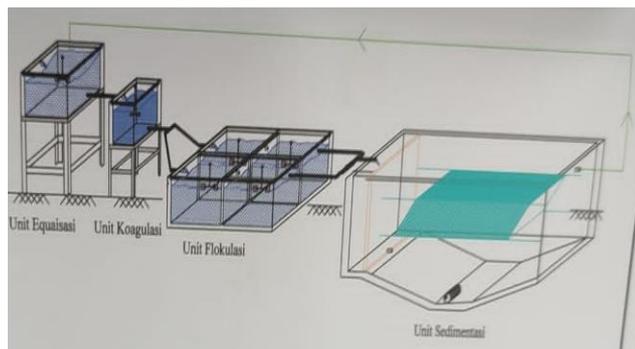
Tabel 3. Rekapitulasi hasil perhitungan terhadap parameter desain unit sedimentasi

| Uraian | Satuan | Kriteria Desain | Hasil Perhitungan |
|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Beban permukaan antar plate (Vo') | m ³ /m ² /jam | 0,5-0,8 | 0,8436 |
| Bilangan Reynold (Nre) | | <500 | 122,1584 |
| Bilangan Froue (NFr) | | <1x10 ⁴ | 1,5322x10 ⁻² |

Tabel 4. Rekapitulasi dimensi bak sedimentasi

| Uraian | Data Dimensi | Satuan |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Panjang | 9,4 | m |
| Lebar | 3,2 | m |
| Tinggi | 1,2 | M |
| Vo' | 0,8436 | m ³ /m ² /jam |
| V ₁ | 0,0027 | |
| Rh | 4,8485 | Cm |
| Nre | 122,1548 | |
| Nfr | 1,5322x10 ⁻⁵ | |
| Jumlah plate | 49 | Buah |
| Volum lumpur | 311 | m ³ |
| Luas penampang zona inlet | 10,24 | |
| Jumlah lubang arah lebar bak | 7 | Buah |
| Jumlah lubang arah dalam bak | 7 | Buah |
| Jumlah lubang keseluruhan | 49 | Buah |
| Debit perlubang | 5x10 ⁻⁴ | m ³ /dt |
| Luas perlubang | 0,0078 | m ² |
| Kecepatan aliran | 10,68 | Cm/dt |
| Panjang pelimpah | 9 | m |
| Jumlah pelimpah | 3 | Buah |

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 2. Denah instalasi pengolahan air limbah

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Limbah padat yang dihasilkan dapat dipergunakan kembali sebagai bahan baku sabun, dengan bilangan penyabunan sebesar 480,7 mg KOH/1 gram zat uji.
2. Berdasarkan uji jarrest yang dilakukan didapat kualitas air hasil olahan sudah berada dibawah ambang batas lingkungan baik pH, warna maupun tingkat kekeruhan, dari hasil laboratorium didapat bahwa unit-unit pengolahan limbah yang akan di rancang adalah bak equalisasi, bak koagulasi, bak flokulasi, bak sedimentasi dan dirancang pula bak pembubuk fokulan dan koagulan
3. Dosis ekonomis penambahan flokulan PAC yang paling baik adalah dengan penambahan PAC sebesar 60 gram/liter per 500 kg CPO, dan dosis penambahan aqua clear sebesar 1,2 gram/liter per 500kg CPO. Dimensi unit bak pembubuh koagulan P=1,5m, L=1,0m dan T=1,0m dan Unit bak pembubuh flokulan digunakan tangki 100L
5. Hasil perhitungan dimensi unit sedimentasi dengan pertimbangan sudah memenuhi volume limbah cair yang diolah, dimensi unit sedimentasi P = 9,4m, lebar 3,2m dan tinggi 3,2 m
6. Dari hasil uji laboratorium dan perhitungan didapat COD akhir sebesar 444,9280ppm dan efisiensi penurunan COD sebesar 63,41%. Besarnya efisiensi penurunan COD sudah cukup baik namun kandungan COD di dalam air limbah masih berada diatas baku mutu lingkungan.

REFERENSI

- [1] Politeknik Negeri Kampar, "Profil politeknik negeri kampar," 2024. <https://poltek-kampar.ac.id/profil/sejarah>.
- [2] C. Indonesia, "CPO di Indonesia .," 2022. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20220715144559-4-355989/ini-ternyata-provinsi-paling-tajir-lumbang-minyak-sawit-ri>.
- [3] S. K. G. Riau, *tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri di Propinsi Riau: lembaran daerah Propinsi Riau*.
- [4] Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. 3th Edition*. Singapore: McGraw-Hill Book Company IncWhite, 1991.
- [5] I. Irfandi, D. P. Musdansi, N. Yuhelman, N. Nopriadi, and R. Murwindra, "Pelatihan Pengolahan dan Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Sabun bagi Masyarakat Banjar Benai," *Beru'-beru': Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 2, pp. 139–146, 2022.