

**RANCANGAN TAPAK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK
MINYAK KAYU PUTIH (*Melaleuca cajuputi subsp. Cajuputi* Powell)
DENGAN REAKTOR HIBRID ANAEROB
(Kasus Pabrik Minyak Kayu Putih Gelaran, Gunung Kidul)**

Melkianus Pobas¹⁾, Djoko Marsono²⁾, Totok Gunawan²⁾

¹⁾ Program Studi Pengelolaan Hutan, Jurusan Kehutanan, Politeknik Pertanian Negeri Kupang
Jl. Prof. Dr. Herman Yohanes Lasiana Kupang P.O.Box. 1152, Kupang 85011

²⁾ Program Studi Ilmu Kehutanan, Program Pasca Sajana, Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta

Korespondensi: pobasmelkianus03@gmail.com

ABSTRACT

This research is aimed to study the contamination level of Gelaran Cajuput Oil Plant wastewater, to obtain the design of the treatment site plan and to recommend the site plan location determination. The phases covered pilot field survey to determine the location, volume measuring and sample collecting, process analyzing and deciding the treatment system. The results showed that the contamination level parameters were acid pH and high BOD and COD. The appropriate length, width, and depth of the treatment chamber units' dimension and specifications yielded were respectively as follows: a) 1.5 m, 1.0 m, and 1.0 m of equalisation; b) 1.5 m, 1.0 m, and 1.0 m of neutralization; c) 1.25 m, 1.06 m, and 1.25 m of anaerobic hybrid reactor; d) 1.5 m, 1.0 m, and 1.0 m of stabilization, and was located on downward to facilitate the effluent flowing by gravitational force merely.

Key Words: Cajuput oil, waste water treatment, site plan, anaerobic hybrid reactor

PENDAHULUAN

Minyak kayu putih adalah jenis minyak atsiri yang dihasilkan dari destilasi daun kayu putih, yang dapat digunakan baik secara tunggal maupun sebagai campuran pada industri obat-obatan, kosmetika dan makanan serta memiliki ciri dan sifat-sifat berupa minyak encer dan jernih/bening, berwarna putih sampai hijau (muda), larut dalam alkohol (organik) tetapi tidak larut dalam air, mudah menguap, rasanya getir dan berbau khas (Kasmudjo, 1982).

Limbah cair adalah air yang dibuang karena sudah tidak digunakan lagi yang berasal dari kegiatan manusia (Tjokrokusumo, 1999), ataupun campuran dari cairan dan sampah air yang berasal dari pemukiman, perdagangan, perkantoran, dan industri bersama-sama dengan air permukaan, air tanah dan air hujan (Sugiharto, 1987, dan Metcalf and Eddy, 2003). Air limbah dapat mengandung beragam mikroorganisme patogenik, nutrisi stimulan pertumbuhan habitat air, senyawa beracun, serta senyawa potensial mutasi genetik dan karsinogenik (Metcalf and Eddy, 2003).

Selain hasil produksi berupa minyak kayu putih, Pabrik Minyak Kayu Putih Gelaran juga menghasilkan limbah cair, yang berasal dari separator yaitu hasil pemisahan antara kandungan air dan minyak kayu putih dengan memanfaatkan berat jenis. Agar tidak mencemari lingkungan (Sungai Oyo), limbah cair tersebut perlu diolah sebelum dibuang.

Pengolahan limbah cair yang efektif mensyaratkan karakteristik limbah harus diketahui terlebih dahulu (Sasongko, 2003, dan Metcalf and Eddy, 2003), dalam rangka pengendalian pencemaran lingkungan dengan merujuk pada standar baku mutu limbah cair untuk industri berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 03 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri Dan Pelestarian Fungsi Lingkungan Hidup (Kementerian Negara Lingkungan Hidup RI, 2010).

Berdasarkan bahan baku yang digunakan dan proses produksi yang dilakukan maka limbah cair pabrik minyak kayu putih tergolong limbah organik. Bahan organik dapat diolah pada unit pengolahan biologi yang bersifat aerobik ataupun anaerobik (Musnif dan Sulaeman, 2009). Secara umum limbah organik memiliki karakteristik parameter lingkungan berupa pH, TSS, BOD, COD dan Minyak/lemak (Metcalf and Eddy, 2003).

Hasil uji laboratorium limbah cair minyak kayu putih Pabrik Minyak Kayu Putih Gelaran menunjukkan kadar BOD (1.522,20 mg/L) dan COD (3.251,25 mg/L) yang terkandung didalamnya terhitung tinggi dan jauh di atas ambang batas baku mutu yang ditetapkan namun kadar pH (4,0), TSS (3 mg/L), dan Minyak & Lemak (0 mg/L) rendah. Dengan karakteristik demikian maka proses pengolahan akan lebih efisien dan ekonomis jika dilakukan secara biologik anaerob dengan reaktor hibrid (Suriawiria, 2003).

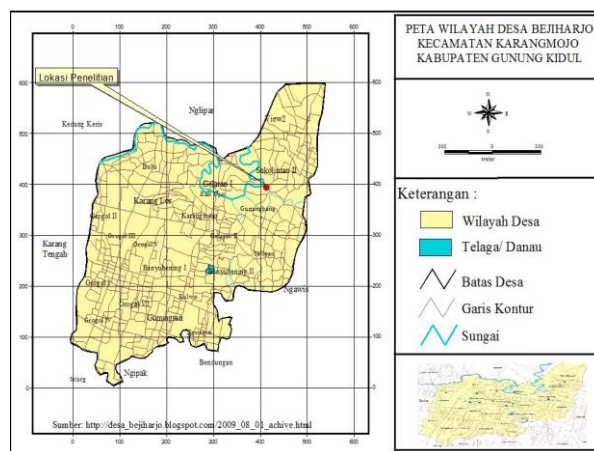
Pengolahan secara biologik hibrid anaerob terdiri dari rangkaian unit-unit bak pengolah limbah cair, yang dimensi dan spesifikasinya perlu mempertimbangkan faktor-faktor debit air limbah, aliran air limbah, topografi, parameter pencemar (karakteristik) air limbah, baku mutu air limbah, dan ketersediaan lahan atau ruang.

Penelitian ini bertujuan mengkaji tingkat pencemaran limbah cair Pabrik Minyak Kayu Putih Gelaran terhadap badan air permukaan, memperoleh rancangan pengolahan limbah cair Pabrik Minyak Kayu Putih Gelaran yang meliputi rangkaian pengolahan, dimensi unit pengolahan dan spesifikasinya dalam pengendalian pencemaran lingkungan, serta memberikan alternatif rekomendasi dalam penentuan tapak, desain lokasi, dan pengendalian pencemaran lingkungan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Mei – Juli 2012 dan berlokasi di Pabrik Minyak Kayu Putih (PMKP) Gelaran yang terletak di Padukuhan Sokoliman, Kelurahan Bejiharjo, Kecamatan Karangmojo, Kabupaten Gunung Kidul. PMKP Gelaran berada dibawah naungan Dinas Kehutanan Provinsi DIY Sub Balai Pengembangan Hasil Hutan dan Perkebunan. Lokasi pabrik terletak \pm 12 km dari Wonosari (Gunung Kidul) arah jalan Wonosari – Karangmojo, dan terletak didalam kawasan hutan Petak 45 RPH Gelaran Karangmojo.



Gambar. 1. Peta Lokasi Penelitian

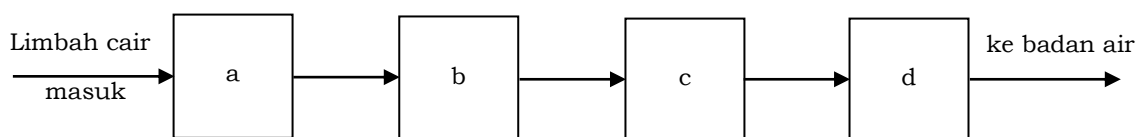
Alat

Alat yang dibutuhkan dalam kegiatan perancangan secara rinci dibagi atas dua bagian menurut jenis kegiatan perancangan. Alat yang dipakai di lapangan pada saat pengukuran dan pengambilan data perancangan adalah meteran untuk mengukur lokasi perancangan, wadah berupa ember yang telah dikalibrasi isi/volumenya untuk menampung debit air limbah minyak kayu putih, *stop watch* untuk menghitung durasi debit air limbah minyak kayu putih yang ditampung pada wadah, botol oksigen untuk pengambilan sampel limbah cair minyak kayu putih agar kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan karakteristik limbah cair tersebut, alat tulis menulis, dan kamera untuk pendokumentasian.

Alat yang dipakai untuk proses perancangan adalah seperangkat komputer dengan spesifikasi standar, *software* AutoCad 2 Dimensi versi 2007 untuk menggambar unit-unit pengolahan, *software* ArcView Ersi versi 2.3 untuk menggambar peta lokasi perancangan beserta topografinya, dan kalkulator.

Tahap Rancangan

1. Survei Lapangan, dilakukan di PMKP Gelaran untuk menentukan lokasi perancangan, mengukur volume limbah cair yang dihasilkan dan mengambil sampel untuk kemudian dianalisis di laboratorium.
2. Analisis Proses Pengolahan, dilakukan untuk memperoleh rangkaian unit pengolahan yang sesuai dengan karakteristik limbah cair yang diperoleh.
3. Penetapan Sistem Pengolahan. Rangkaian unit-unit sistem proses pengolahan limbah cair minyak kayu putih dapat digambarkan sebagai berikut :

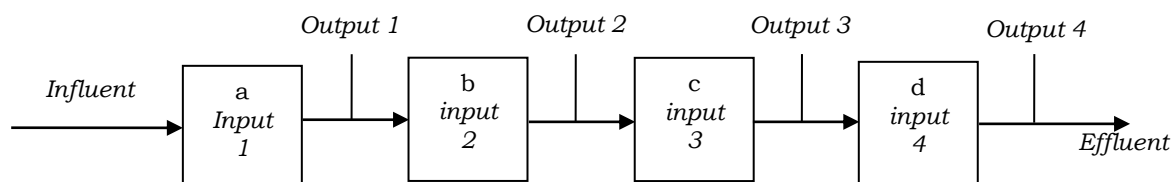


Gambar. 2. Diagram Pengolahan Limbah Cair Pabrik Minyak Kayu Putih

Keterangan:

- a. Bak Ekualisasi (pengolahan awal)
- b. Bak Netralisasi
- c. Reaktor Hybrid Anaerob
- d. Bak Stabilisasi (pengolahan akhir)

4. Prakiraan Neraca Massa. Diagram prakiraan neraca massa berdasarkan diagram unit-unit pengolahan limbah cair pabrik minyak kayu putih di atas adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram Prakiraan Neraca Massa Pengolahan Limbah Cair Pabrik Minyak Kayu Putih

Kesetimbangan massa seluruh sistem adalah :

$$\text{Input} = \text{Output 1} + \text{Output 2} + \text{Output 3} + \text{Output 4}$$

Tabel 1. Perhitungan Neraca Massa Unit Pengolah Limbah

No.	Parameter Limbah Cair	Input 1 (mg/L)	Output 1 (mg/L)	Input 2 (mg/L)	Output 2 (mg/L)	Input 3 (mg/L)	Output 3 (mg/L)	Input 4 (mg/L)	Output 4 (mg/L)
1.	pH								
2.	BOD								
3.	COD								
4.	TSS								
5.	Minyak dan Lemak								

Peta Topografi

Peta topografi dalam penelitian ini memuat bentuk lahan beserta garis ketinggian lokasi rancangan tapak instalasi pengolahan limbah cair PMKP Gelaran dan peta topografi lokasi penelitian.

Lokasi Site Plan

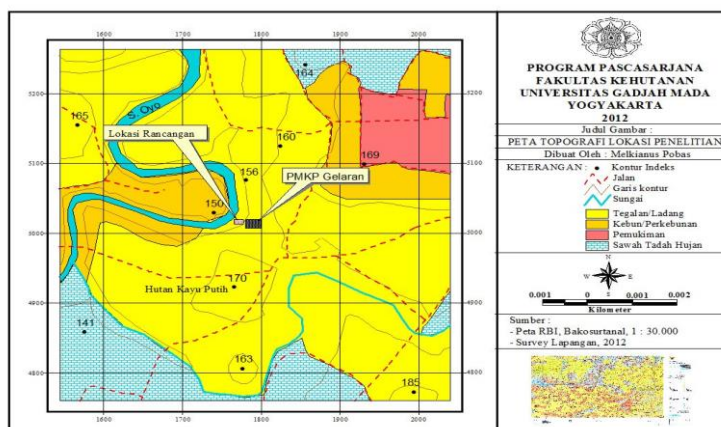
Rancangan tapak (*site plan*) adalah gambaran rencana peletakan bangunan instalasi pengolahan limbah cair (IPLC) dengan segala unsur penunjangnya dalam skala batas-batas luas lahan tertentu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

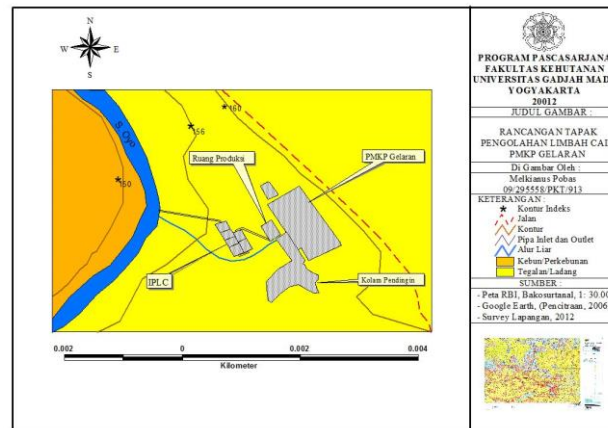
Survei Lapangan

Lokasi rancangan tapak IPLC PMKP Gelaran ditempatkan di sebelah Selatan pabrik yang berada dekat dengan Sungai Oyo. Penentuan lokasi rancangan berdasarkan kondisi topografi yakni pada posisi rendah yang mendukung bagi pengaliran *effluent* secara langsung ke badan sungai dengan hanya memanfaatkan gaya gravitasi tanpa harus memerlukan pompa dalam proses pengalirannya.

Topografi lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4 sedangkan *Site Plan* Lokasi Rancangan pada Gambar 5.



Gambar 4. Peta Topografi Lokasi Penelitian



Gambar 5. Lokasi Site Plan

Hasil pengukuran volume limbah cair hasil produksi PMKP Gelaran selama 24 jam (satu hari produksi) menunjukkan akumulasi total volume limbah cair yang dihasilkan adalah sebanyak 4,70 m³.

Tabel 2. Pengukuran Volume Limbah Cair PMKP Gelaran Selama 24 Jam

No.	Jam Pengukuran	Volume (Lt/mnt)	Volume (m ³)	Akumulasi (m ³)
1.	07.00	2,64	0,16	0,16
2.	08.00	3,18	0,19	0,35
3.	09.00	4,35	0,26	0,61
4.	10.00	4,35	0,26	0,87
5.	11.00	3,10	0,19	1,06
6.	12.00	1,78	0,11	1,16
7.	13.00	2,76	0,17	1,33
8.	14.00	3,28	0,20	1,53
9.	15.00	4,42	0,27	1,79
10.	16.00	4,56	0,27	2,07
11.	17.00	3,06	0,18	2,25
12.	18.00	1,68	0,10	2,35
13.	19.00	2,85	0,17	2,52
14.	20.00	3,22	0,19	2,71
15.	21.00	4,46	0,27	2,98
16.	22.00	4,51	0,27	3,25
17.	23.00	2,92	0,18	3,43
18.	24.00	1,87	0,11	3,54
19.	01.00	2,78	0,17	3,71
20.	02.00	3,19	0,19	3,90
21.	03.00	4,34	0,26	4,16
22.	04.00	4,36	0,26	4,42
23.	05.00	3,18	0,19	4,61
24.	06.00	1,45	0,09	4,70

Tingkat pencemaran limbah cair Pabrik Minyak Kayu Putih Gelaran terhadap badan air permukaan tercermin melalui parameter pencemar limbah cair. Analisis kadar parameter pH, TSS, BOD dan COD PMKP Gelaran dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan Yogyakarta sedangkan parameter Minyak & Lemak di Balai Pengujian, Informasi dan Bangunan dan Pengembangan Jasa Konstruksi

(BPIBPJK) Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral Yogyakarta. Hasil analisa laboratorium menunjukkan karakteristik limbah cair PMKP Gelaran berupa TSS dan Minyak & Lemak tidak berpotensi mencemarkan lingkungan sehingga tidak memerlukan pengolahan lanjutan, sedangkan pH, BOD, dan COD berada diluar kadar maksimum yang ditetapkan sehingga memerlukan pengolahan lanjutan.

Tabel 3. Karakteristik Limbah Cair PMKP Gelaran Hasil Analisis Laboratorium dan Kadar Maksimum Menurut Permen LH No. 03 Tahun 2010

No.	Limbah Cair		
	Karakteristik	PMKP Gelaran	Kadar Maksimum (Permen LH 03/2010)
1.	pH	4,0	6 – 9
2.	TSS (mg/L)	3	150
3.	BOD (mg/L)	1.522,20	50
4.	COD (mg/L)	3.251,25	100
5.	Minyak & Lemak (mg/L)	0	15

Analisis Proses Pengolahan

Limbah cair pabrik minyak kayu putih termasuk golongan limbah organik yang memiliki karakteristik parameter pH asam, TSS dan Minyak & Lemak rendah, serta BOD dan COD tinggi. Strategi pengolahan limbah cair dengan karakteristik demikian akan efisien dan ekonomis apabila digunakan proses pengolahan secara biologik. Penggunaan proses biologik memerlukan syarat pH relatif netral, yaitu antara 6,5 – 8, agar mikroorganisme dapat berkembang biak.

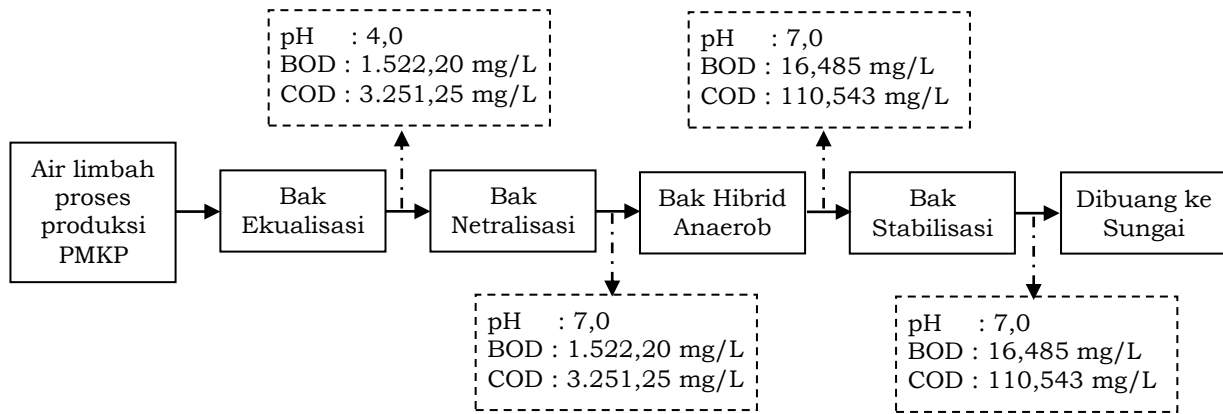
Penetapan Sistem Pengolahan

Instalasi pengolahan limbah cair secara biologik dirancang agar seluruh limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi minyak kayu putih dialirkan ke bak ekualisasi yang berfungsi sebagai bak penampung limbah, meratakan pasokan *influent* dan bak kontrol aliran limbah. Air limbah selanjutnya dialirkan kedalam bak netralisasi dimana derajat keasaman air limbah mengalami netralisasi sehingga tidak membahayakan pertumbuhan bakteri anaerobik pengurai didalam bak hibrid.

Air limbah kemudian dialirkan kedalam bak hibrid anaerob sehingga terjadi kontak dengan media khusus dari bahan plastik tempat pertumbuhan bakteri anaerobik pengurai. Media plastik digunakan untuk menghindari terjadinya proses kerusakan media baik akibat korosi maupun perubahan bentuk. Penguraian akan menurunkan kandungan pencemar BOD dan COD secara signifikan.

Air limbah selanjutnya dialirkan ke bak stabilisasi yang berfungsi sebagai

bak desinfektan yang diberi Khlorin (Cl) untuk membunuh mikroorganisme patogen. Penambahan khlor bisa dilakukan dengan menggunakan khlor tablet atau dengan larutan kaporit. Air olahan, yakni air yang keluar setelah proses khlorinasi, dapat langsung dibuang ke sungai.



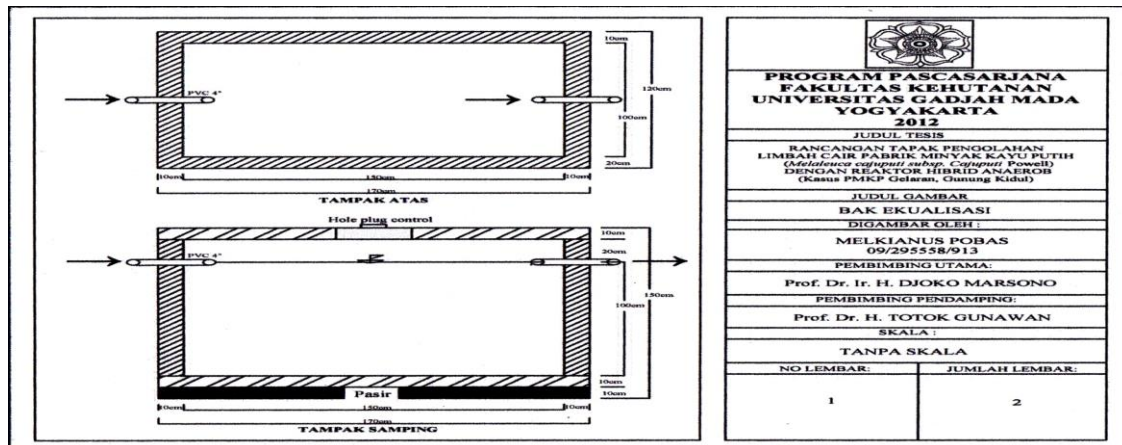
Gambar 6. Diagram Proses Pengolahan Limbah Cair PMKP Gelaran dengan Reaktor Anaerob

Rangkaian dan dimensi unit-unit sistem proses pengolahan limbah cair PMKP Gelaran adalah sebagai berikut :

1. Bak Ekualisasi (pengolahan awal)

Bak ekualisasi berfungsi membagi dan meratakan volume pasokan (*influent*) untuk masuk pada proses pengolahan selanjutnya, meratakan variabel dan fluktuasi dari beban organik untuk menghindari *shock loading* pada sistem pengolahan biologi serta meratakan pH untuk meminimalkan kebutuhan bahan kimia pada proses netralisasi. Sebagai pengolahan pendahuluan (*pre treatment*), ekualisasi merupakan penyeragaman kondisi air limbah yang meliputi debit dan keasaman.

Debit limbah hasil pengukuran menunjukkan akumulasi volume total sebesar 4,70 m³ dalam 1 (satu) hari produksi. Untuk keamanan ditambah 10% dari total volume sehingga menjadi 4,70 m³ + 0,47 m³ = 5,17 m³. Bak ekualisasi terbuat dari semen dengan kriteria waktu tinggal limbah di dalam bak (HRT) = 4 - 8 jam, dan waktu tinggal yang ditetapkan adalah 4 jam, sehingga volume bak yang diperlukan adalah 0,86 m³. Dimensi bak ditetapkan kedalaman 1,0 m, lebar 1,0 m, panjang 1,5 m, tinggi ruang bebas 20 cm, dan tebal dinding 10 cm.



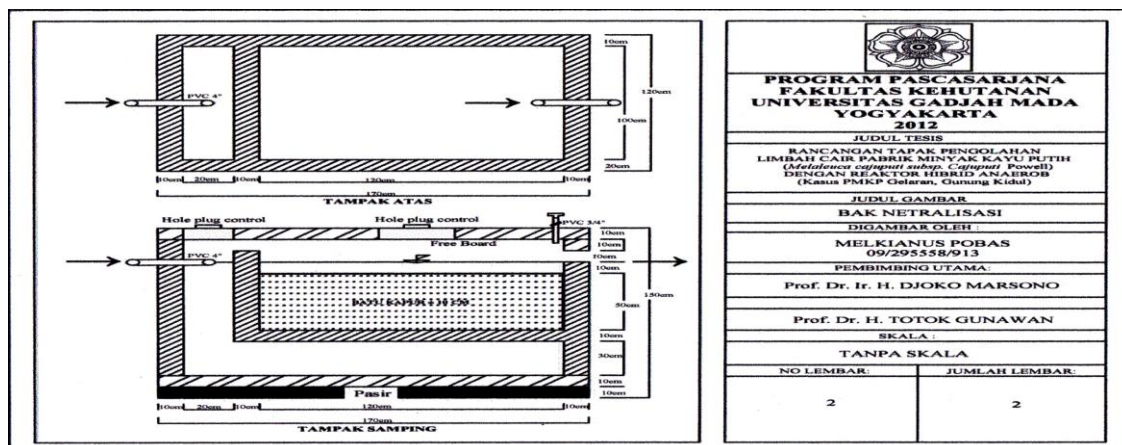
Gambar 7. Rancangan Bak Ekualisasi Tampak Atas dan Samping serta Ukurannya

Tabel 4. Prakiraan Neraca Massa Bak Ekualisasi

No.	Parameter Limbah Cair	Input 1 (mg/L)	Output 1 (mg/L)
1.	pH	4,0	4,0
2.	BOD	1.522,20	1.522,20
3.	COD	3.251,25	3.251,25

2. Bak Netralisasi

Limbah cair industri minyak kayu putih mempunyai pH 4,0 sehingga perlu dilakukan netralisasi. Netralisasi menggunakan batuan kapur (CaCO_3) yang diletakkan didalam bak. Kriteria rancangan bak netralisasi adalah *retention time* \pm 30 menit, diameter batu kapur \pm 10 cm, dan perubahan pH dari 4,0 menjadi 7,0.



Gambar 8. Rancangan Bak Netralisasi Tampak Atas dan Samping serta Ukurannya

Tabel 5. Prakiraan Neraca Massa Bak Netralisasi

No.	Parameter Limbah Cair	Input 2 (mg/L)	Output 2 (mg/L)
1.	pH	4,0	7,0
2.	BOD	1.522,20	1.522,20
3.	COD	3.251,25	3.251,25

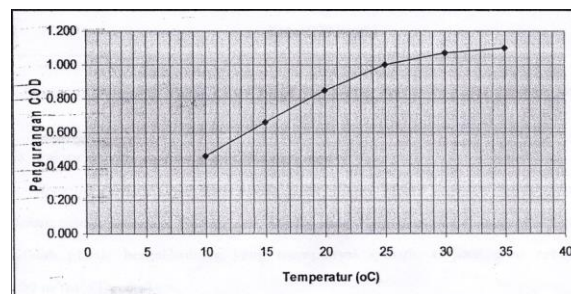
3. Reaktor Hibrid Anaerob

Sebagai bentuk pengolahan sekunder (*secondary treatment*) dengan proses secara biologi, reaktor hibrid anaerob dirancang menggunakan media plastik dengan *specific surface area* adalah $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$, *void ratio* 35%. HRT pada hibrid anaerob = 1 – 2 hari (24 – 48 jam). Pada reaktor hibrid anaerob yang dirancang HRT ditetapkan 30 jam.

Beberapa faktor empiris yang digunakan untuk memperhitungkan penguraian pada sistem anaerobik filter adalah :

a. Faktor temperatur

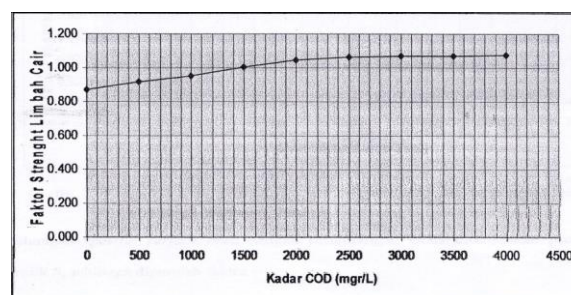
Temperatur rata-rata di Indonesia berada di atas 25°C sehingga menurut grafik berikut diperoleh faktor pengali pengurangan COD sebesar 1,00.



Gambar 9. Grafik Pengaruh Temperatur ($^\circ\text{C}$) Terhadap Pengurangan COD (Tanaka, 2002)

b. Faktor *strength* limbah cair

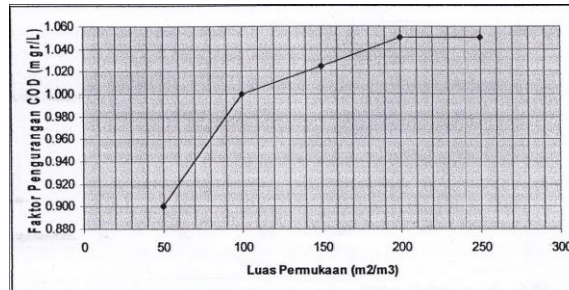
Strength limbah cair (*waste water strength*) merupakan perbandingan antara BOD dan COD. Diketahui bahwa COD yang akan masuk ke hibrid anaerob adalah $3.251,25 \text{ mg/L}$ sehingga menurut grafik berikut diperoleh faktor = 1,05.



Gambar 10. Grafik Pengaruh Kadar COD (mg/L) terhadap Faktor *Strength* Limbah Cair (Tanaka, 2002)

c. Faktor *specific surface area* (SSA) dari media

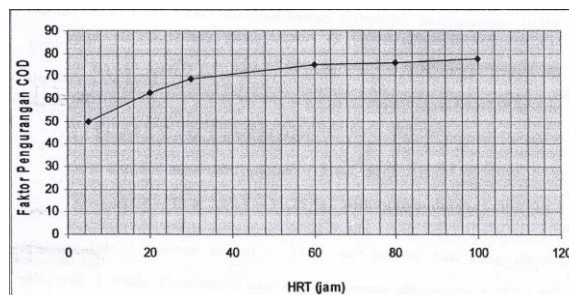
Specific surface area media yang digunakan adalah sebesar $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Berdasarkan grafik berikut diperoleh faktor hubungan *specific surface area* dengan pengurangan COD adalah sebesar 1,00.



Gambar 11. Grafik Pengaruh Luas Permukaan (m^2/m^3) terhadap Faktor Pengurangan COD (mg/L) (Tanaka, 2002)

d. Faktor HRT didalam sistem hibrid anaerob

HRT limbah cair dalam bak hibrid anaerob ditetapkan 30 jam sehingga menurut grafik berikut diperoleh faktor 69%.

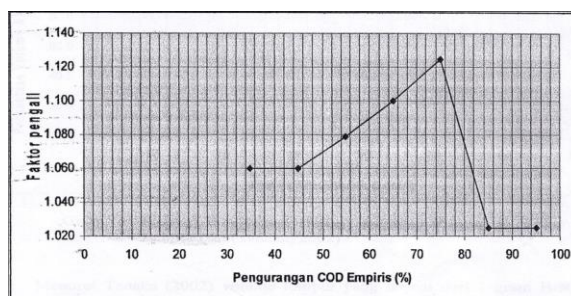


Gambar 12. Grafik Pengaruh HRT (jam) terhadap Faktor Pengurangan COD (mg/L) (Tanaka, 2002)

e. Faktor jumlah bak pada hibrid anaerob

Semakin banyak jumlah bak pada reaktor hibrid anaerob akan semakin baik karena dengan membagi reaktor anaerob dalam beberapa bak akan memberikan efisiensi sebesar 4% (Tanaka, 2002). Jumlah bak yang direncanakan pada reaktor adalah 3 buah. Pengurangan COD dicapai melalui perkalian seluruh faktor empiris yang mempengaruhinya sehingga diperoleh pengurangan sebesar 0,966 atau 96,6%. Prakiraan kadar COD setelah melalui reaktor hibrid anaerob adalah 110,543 mg/L.

Perkiraan hubungan pengurangan BOD dengan pengurangan COD dapat dilihat pada grafik berikut.



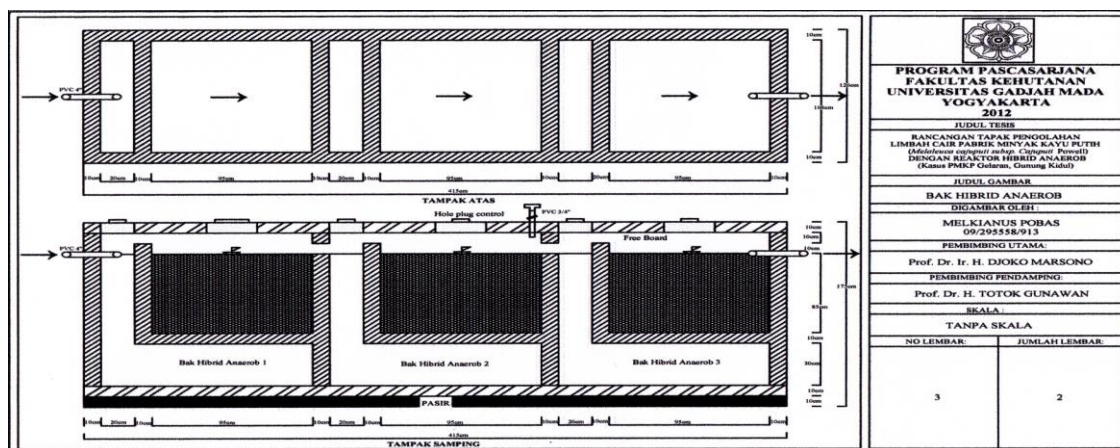
Gambar 13. Grafik Pengurangan COD Empiris (%) terhadap Faktor Pengali (Tanaka, 2002)

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa untuk pengurangan COD sebesar 96,60% diperoleh faktor pengali sebesar 1,024, sehingga dicapai pengurangan BOD sebesar 98,92%. Kandungan BOD efluen adalah sebesar 16,485 mg/L. Ukuran volume anaerobik adalah sebesar 6,462 m³ sehingga volume masing-masing bak adalah 2,154 m³.

Kedalaman hibrid anaerob ditetapkan 1,25 m, panjang dan lebar masing-masing bak adalah 1,25 m dan 1,06 m.

Tabel 6. Prakiraan Neraca Massa Bak Hibrid Anaerob

No.	Parameter Limbah Cair	Input 3 (mg/L)	Output 3 (mg/L)
1.	pH	4,0	7,0
2.	BOD	1.522,20	16,485
3.	COD	3.251,25	110,543

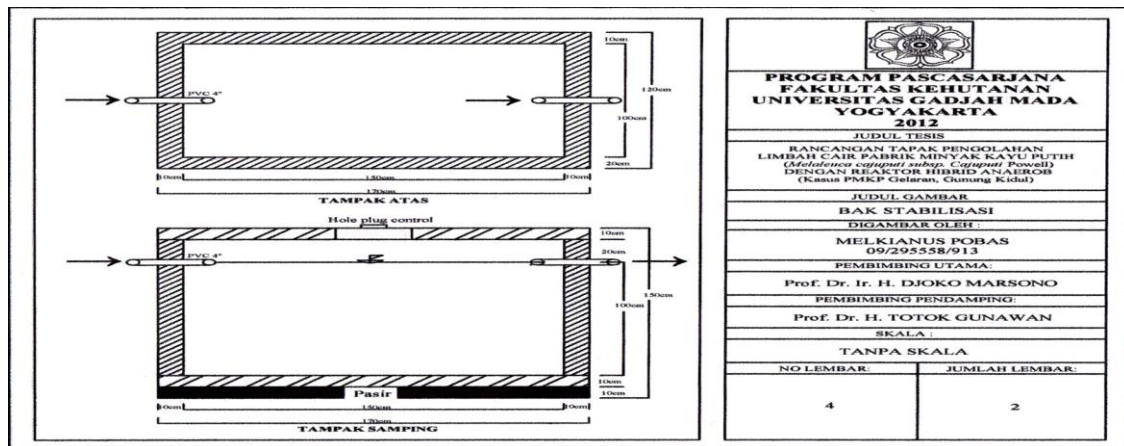


Gambar 14. Rancangan Bak Hibrid Anaerob Tampak Atas dan Samping serta Ukurannya

4. Bak Stabilisasi (pengolahan akhir)

Bak stabilisasi berfungsi menampung hasil akhir pengolahan sekaligus menstabilkan air limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Dimensi bak ditetapkan sama dengan bak ekualisasi agar dapat menampung seluruh volume

air limbah, yakni HRT 4 jam, kedalaman 1,0 m, lebar 1,0 m, tinggi ruang bebas 20 cm, dan tebal dinding 10 cm.

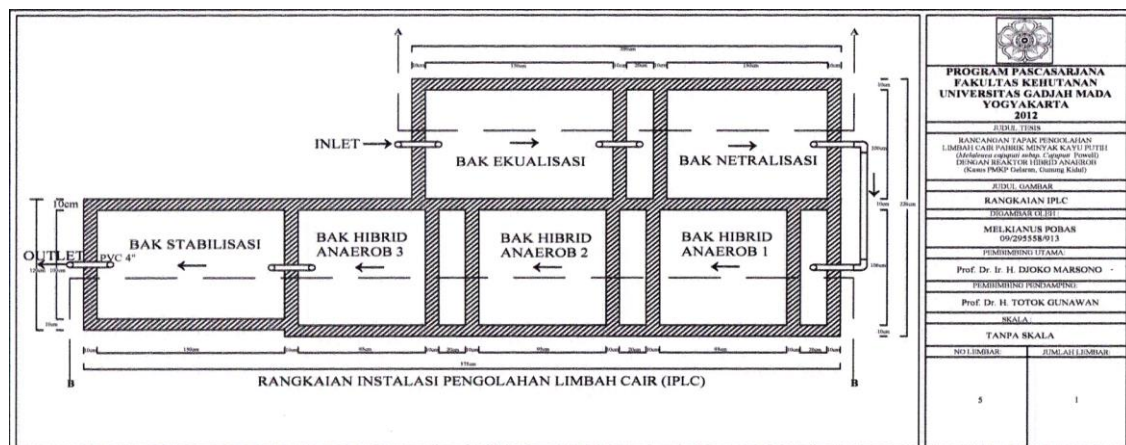


Gambar 15. Rancangan Bak Stabilisasi Tampak Atas dan Samping serta Ukurannya

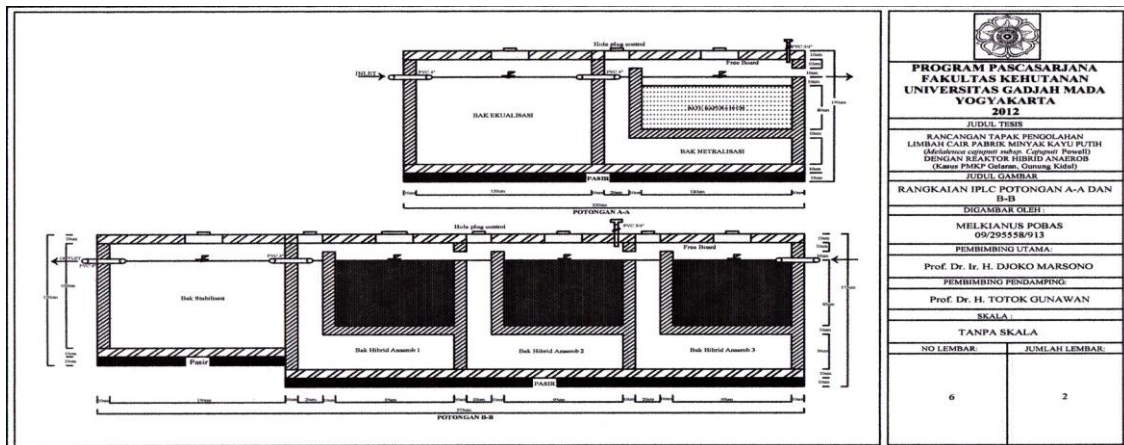
Tabel 7. Prakiraan Neraca Massa Bak Stabilisasi

No.	Parameter Limbah Cair	Input 4 (mg/L)	Output 4 (mg/L)
1.	pH	4,0	7,0
2.	BOD	1.522,20	16,485
3.	COD	3.251,25	110,543

Rangkaian Instalasi Pengolahan Limbah Cair



Gambar 16. Rancangan Rangkaian Instalasi Pengolahan Limbah Cair (IPLC)



Gambar 17. Rancangan Rangkaian Instalasi Pengolahan Limbah Cair dengan Reaktor Hibrid Anaerob

Perawatan Instalasi Pengolahan Limbah Cair

Instalasi pengolahan limbah cair (IPLC) ini tidak memerlukan perawatan khusus namun terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain :

- Sedapat mungkin tidak ada sampah padat (plastik, kain, batu, dan lain-lain) yang masuk ke dalam sistem IPLC.
- Menghindari masuknya zat-zat kimia beracun, misalnya cairan logam berat, yang dapat mengganggu pertumbuhan bakteri anaerob yang ada didalam bak hibrid.
- Pembersihan dan pengurasan bak-bak pengolahan limbah cair dapat dilakukan secara rutin minimal 1 bulan sekali atau disesuaikan dengan kebutuhan, misalnya sesegera mungkin jika terjadi penyumbatan oleh sampah padat.

SIMPULAN

- Tingkat pencemaran limbah cair Pabrik Minyak Kayu Putih Gelaran terhadap badan air permukaan tampak dari karakteristiknya yang berada jauh diatas ambang baku mutu limbah cair dimana parameter pH asam (4,0), serta BOD dan COD tinggi (1.522,20 mg/L dan 3.251,25 mg/L).
- Dimensi unit-unit rancangan tapak pengolahan limbah cair PMKP Gelaran yang sesuai adalah sebagai berikut :
 - Bak ekualisasi, panjang 1,5 m, lebar 1,0 m, dan kedalaman 1,0 m. Dalam bak ekualisasi ini parameter pH, BOD, dan COD belum mengalami penurunan.
 - Bak netralisasi, panjang 1,5 m, lebar 1,0 m, dan kedalaman 1,0 m. Dalam bak netralisasi ini parameter BOD dan COD belum mengalami penurunan tetapi parameter pH mengalami kenaikan dari 4,0 menjadi 7,0.

- c. Bak hibrid anaerob, panjang 1,25 m, lebar 1,06 m, dan kedalaman 1,25 m. Dalam bak hibrid anaerob ini, penurunan COD sebesar 96,6% (menjadi 110,543 mg/L) sedangkan BOD sebesar 98,917% (menjadi 16,485 mg/L).
 - d. Bak stabilisasi, panjang 1,5 m, lebar 1,0 m, dan kedalaman 1,0 m. Pada bak ini, air limbah ditetesi larutan kaporit yang mengandung Klorin (Cl) yang berfungsi sebagai desinfeksi untuk membunuh bakteri.
 - e. Rangkaian instalasi pengolahan limbah cair tersusun atas unit-unit bak ekualisasi, netralisasi, hybrid anaerob, dan stabilisasi dengan dimensi dan spesifikasi seperti tersebut di atas.
3. Rancangan tapak (*site plan*) pengolahan limbah diletakkan pada lokasi yang rendah agar memudahkan pengaliran *effluent* dengan hanya memanfaatkan gaya gravitasi yakni di sebelah Selatan pabrik yang berada dekat dengan Sungai Oyo.

DAFTAR PUSTAKA

- Kasmudjo. 1982. Dasar-dasar Pengolahan Minyak Kayu Putih. Bagian Penerbitan Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup RI. 2010. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri. Kementerian Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Metcalf and Eddy, 2003. Waste Water Engineering: Treatment and Reuse. Third Ed. McGraw Hill Inc. New York.
- Musanif, J. dan Sulaeman, D. 2009. Pedoman Desain Teknik IPAL Agroindustri. Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian. Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian Departemen Pertanian. Jakarta.
- Sasongko, D. 2003. Teknik Sumber Daya Air. Erlangga. Jakarta.
- Sugiharto. 1987. Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah. Edisi 1. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Suriawiria. 2003. Teknologi Pengolahan Limbah. Kanisius. Yogyakarta.
- Tanaka, N. 2002. *Rotating Biological Contactor (RBC) dengan Media Lattice* Tiga Dimensi. Makalah Seminar Cakrawala Baru Pengembangan Teknologi Tepat Guna Pengolahan Limbah Cair. Pusteklim. Yogyakarta.
- Tjokrokusumo, KRT. 1999. Pengantar Engineering Lingkungan. Jilid 1. Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan YLH. Yogyakarta.
-