

EFEKTIVITAS KARBON AKTIF KULIT BUAH KELAPA MUDA
PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK TAHU



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan Diploma Tiga (D-3) Program Studi Analisis Kimia
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

AYULIKSIA MAEGA PATULAK 33219004
DAMAYANTI 33219005

PROGRAM STUDI D-3 ANALISIS KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2022

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir ini dengan judul "Efektivitas Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda Pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu" oleh Ayuliksia Maega Patulak NIM 332 19 004 dinyatakan layak untuk diujikan.

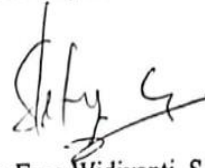
Makassar, 11 Agustus 2022

Pembimbing I,



Drs. Abdul Azis, M.T.
NIP. 196307271990031002

Pembimbing II



Setyo Erna Widiyanti, S.ST., M.Eng
NIP. 198708232015042002

Mengetahui

Koordinator Program Studi



M. Yasser, S.Si., M.Si
NIP. 198807102015041006

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir ini dengan judul "Efektivitas Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda Pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu" oleh Damayanti NIM 332 19 005 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, 11 Agustus 2022

Pembimbing I,



Drs. Abdul Azis, M.T.
NIP. 196307271990031002


Pembimbing II



M. Ilham Nurdin, ST., MT
NIP. 199303112019031018

Mengetahui
Koordinator Program Studi




M. Yasser, S.Si., M.Si
NIP. 198807102015041006

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Tanggal 22 Agustus 2022, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang tugas akhir oleh mahasiswa Ayuliksia Maega Patulak NIM 332 19 004 dengan judul "Efektivitas Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu".

Makassar, 22 Agustus 2022

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir:

1. Dra. Abigael Todingbua', M.Si

Ketua

()

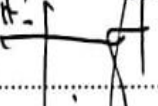
2. Yuliani HR., S.T., M.Eng

Sekretaris

()

3. Fajar, S.T., M.Eng

Anggota

()

4. Dr. Nurbaeti, S.Ag., M.PdI

Anggota

()

5. Drs. Abdul Azis, M.T.

Anggota

()

6. Setyo Erna Widiyanti, S.ST., M.Eng

Anggota







()

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Tanggal 22 Agustus 2022, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang tugas akhir oleh mahasiswa Damayanti NIM 332 19 005 dengan judul "Efektivitas Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu".

Makassar, 22 Agustus 2022

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir:

1. Dra. Abigael Todingbua', M.Si	Ketua	(..... )
2. Yuliani HR., S.T., M.Eng	Sekretaris	(..... )
3. Fajar, S.T., M.Eng	Anggota	(..... )
4. Dr. Nurbaeti, S.Ag., M.PdI	Anggota	(..... )
5. Drs. Abdul Azis, M.T.	Anggota	(..... )
6. M. Ilham Nurdin, ST., MT	Anggota	(..... )

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Karena berkat rahmat dan karunia-Nya, serta dukungan dan doa dari kedua orang tua sehingga penulisan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Efektivitas Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda Pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu” dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya pada program studi Analisis Kimia, Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang. Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Drs. Herman Banggalino, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Muhammad Yasser, S.Si, M.Si., selaku Ketua Program Studi D3 Analisis Kimia Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Drs. Abdul Azis, M.T. sebagai pembimbing I dan Ibu Setyo Erna Widiyanti, S.ST., M.Eng sebagai pembimbing II (Ayuliksia) dan Bapak M. Ilham Nurdin, ST., MT. sebagai pembimbing II (Damayanti) yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatannya untuk mengarahkan kami dalam menyusun laporan tugas akhir ini.

5. Dosen dan tenaga kependidikan atas segala pelayanan yang diberikan selama menempuh pendidikan di PNUP khususnya dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan guna melengkapi segala kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, 22 Agustus 2022

Penulis



DAFTAR ISI

	hlm.
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
SURAT PERNYATAAN.....	xi
PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK TAHU	xii
RINGKASAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan.....	3
1.4 Tujuan Kegiatan	3
1.5 Manfaat Kegiatan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Karbon Aktif.....	5
2.2 Adsorpsi.....	15
2.3 Metode Refluks	16
2.4 Metode Pengolahan Limbah.....	17

2.5 Limbah Cair Pabrik Tahu	21
2.6 Buah Kelapa	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	32
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan	32
3.2 Alat dan Bahan	32
3.3 Prosedur Kerja	32
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN	43
4.1 Karakteristik Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda.....	43
4.2 Analisa Limbah Cair Pabrik Tahu	52
BAB V PENUTUP.....	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN.....	67



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Arang Aktif berdasarkan SNI 06–3730-1995	6
Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha atau Kegiatan Pengolahan Kedelai.....	22
Tabel 2. 3 Komposisi kimia tempurung kelapa	30
Tabel 2. 4 Komposisi kimia sabut kelapa	31
Tabel 4. 1 Karakteristik Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda yang Diperoleh dari Variasi Waktu Refluks	44
Tabel 4. 2 Hasil Analisis Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar COD	53
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar BOD	55
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Penurunan Kadar TSS Terhadap Massa Karbon Aktif	57
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa terhadap nilai pH Limbah Cair Pabrik Tahu.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Karbon Aktif Granul	7
Gambar 2.2 Karbon Aktif Powder	8
Gambar 2.3 Karbon Aktif Molekuler Sieves	8
Gambar 2. 4 Buah Kelapa Muda.....	29
Gambar 4. 1 Kadar Air Karbon Aktif pada Variasi Waktu Refluks.....	45
Gambar 4. 2 Kadar Abu Karbon Aktif pada Variasi Waktu Refluks.....	47
Gambar 4. 3 Kadar Volatil Karbon Aktif pada Variasi Waktu Refluks.....	48
Gambar 4. 4 Kadar Karbon Aktif Murni pada Variasi Waktu Refluks.....	50
Gambar 4. 5 Daya Serap Iod Karbon Aktif pada Variasi Waktu Refluks.....	51
Gambar 4. 6 Efektivitas Penurunan Kadar COD Terhadap Massa Karbon Aktif	53
Gambar 4. 7 Efektivitas Penurunan Kadar BOD Terhadap Massa Karbon Aktif	55
Gambar 4. 8 Efektivitas Penurunan Kadar TSS Terhadap Massa Karbon Aktif	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Diagram Alir Pembuatan Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda.....	67
Lampiran II	Diagram Alir Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu.....	68
Lampiran III	Dokumentasi.....	69
Lampiran IV	Perhitungan Pembuatan Larutan.....	73
Lampiran V	Perhitungan Karakteristik Karbon Aktif.....	76
Lampiran VI	Perhitungan Parameter Limbah Cair Pabrik Tahu.....	81
Lampiran VII	Perhitungan % Efektivitas.....	84



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ayuliksia Maega Patulak

NIM : 332 19 004

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “ Efektifitas Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu” merupakan gagasan, hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 22 Agustus 2022



Ayuliksia Maega Patulak
NIM 33219004

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Damayanti

NIM : 332 19 005

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “ Efektifitas Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu” merupakan gagasan, hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulisa lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 22 Agustus 2022



Damayanti
NIM 33219005

EFEKTIVITAS KARBON AKTIF KULIT BUAH KELAPA MUDA PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK TAHU

RINGKASAN

Limbah cair pabrik tahu dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan jika langsung dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu. Salah satu cara pengolahan limbah cair tersebut adalah dengan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan umum menurunkan parameter pencemar dalam limbah pabrik tahu memanfaatkan karbon aktif yang dibuat dari kulit buah kelapa muda melalui metode adsorpsi secara batch.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yakni: 1) pembuatan karbon aktif kulit buah kelapa muda melalui proses karbonisasi dan aktivasi secara refluks dalam larutan H_3PO_4 10% dengan variasi waktu refluks (60, 90, 120, 150 dan 180 menit), 2) karakterisasi karbon aktif kulit buah kelapa muda berdasarkan SNI 06-3730-1995, dan 3) aplikasi karbon aktif kulit buah kelapa muda untuk menentukan kadar COD, BOD, TSS dan pH limbah cair pabrik tahu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas karbon aktif kulit buah kelapa muda hasil proses aktivasi refluks dalam larutan asam fosfat telah memenuhi baku mutu SNI 06-3730-1995 untuk parameter kadar air, kadar abu, kadar volatil, dan karbon murni. Akan tetapi belum memenuhi baku mutu untuk parameter daya serap iod. Kualitas karbon aktif terbaik diperoleh pada proses refluks dengan waktu 120 menit dalam larutan asam H_3PO_4 10%. Hasil penelitian tentang aplikasi arang aktif terbaik menunjukkan efektivitas penurunan kadar COD, BOD, TSS limbah cair pabrik tahu berbanding lurus dengan massa karbon aktif yang digunakan, sedangkan pH tidak mengalami perubahan.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa telah lama dikenal di Indonesia dan kepulauan di lautan Pasifik. Indonesia merupakan penghasil kelapa terbesar di dunia yang memproduksi 17,13 juta ton kelapa pada tahun 2019 yang diikuti oleh Filipina sebesar 14,77 juta ton. Mengacu pada data Badan Pusat Statistik (BPS), Provinsi Sulawesi Selatan memproduksi kelapa sebanyak 54,80 ton pada tahun 2020 dan 68,734 ton pada tahun 2021. Buah kelapa muda terdiri dari beberapa komponen yaitu sabut kelapa, tempurung kelapa, daging buah kelapa dan air kelapa (Lay & Pasang, 2012). Selama ini pemanfaatan buah kelapa sebagian besar adalah daging buahnya, sedangkan bagian kulit sebagai hasil samping yang relatif tidak digunakan dan dibuang begitu saja. Bagian kulit kelapa muda yang kurang dimanfaatkan dan dengan ketersediannya yang cukup banyak menjadi faktor pengambilan bahan alam untuk disintesis sebagai bahan baku arang aktif.

Kebutuhan karbon aktif semakin meningkat seiring dengan bertambahnya proses industri di dalam dan di luar negeri. Karbon aktif sangat diperlukan karena dapat mengadsorpsi bau, warna, gas, logam dan senyawa- senyawa kimia tertentu. Umumnya karbon aktif digunakan sebagai bahan penyerap dan penjernih. Indonesia sesungguhnya berpotensi menjadi negara pengekspor arang aktif terbesar di dunia dengan keanekaragaman hayati yang dimilikinya. Akan tetapi menurut Direktorat Perdagangan Departemen Perdagangan RI saat ini Indonesia masih mengimport karbon aktif sebesar 12.250 ton/th (Salamah, 2008).

Penelitian ini dilakukan pembuatan arang aktif dari kulit buah kelapa muda dengan metode aktivasi perendaman dalam larutan H_3PO_4 10% yang dikombinasikan dengan proses pemanasan secara refluks agar aktivator asam yang teruapkan terkondensasi kembali sehingga volumenya relatif tetap. Karbon aktif yang dihasilkan dari penelitian ini dikarakterisasi sesuai dengan SNI 06-3730-1995. Karbon aktif tersebut selanjutnya diaplikasikan untuk mengolah limbah cair pabrik tahu. Pengolahan limbah dilakukan dengan berbagai metode, yaitu adsorpsi dengan menggunakan adsorben arang aktif yang dilakukan pada sistem batch.

Limbah cair pabrik tahu merupakan salah satu limbah industri makanan yang menghasilkan polutan organik tinggi. Berdasarkan penelitian Pujiastuti (2009) konsentrasi COD (*Chemical Oxygen Demand*) di dalam limbah cair industri tahu berkisar antara 4000- 12000 ppm, BOD₅ (*Biochemical Oxygen Demand*) antara 2000–10000 ppm, dan keasaman yang rendah yakni pH 4-5. Berdasarkan KEP-51/MENLH/10/2014, tentang baku mutu limbah cair tersebut, maka industri tahu memerlukan pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran pembuangan di lingkungan sekitarnya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kualitas karbon aktif kulit buah kelapa muda yang dihasilkan dari proses aktivasi secara refluks dalam larutan H_3PO_4 10% dengan variasi waktu refluks?
2. Bagaimana kemampuan karbon aktif kulit buah kelapa muda dalam proses adsorpsi parameter limbah cair pabrik tahu dengan metode batch?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Ruang Lingkup dari kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Aktivasi kimia karbon dari kulit buah kelapa muda menggunakan larutan H_3PO_4 10% dengan variasi waktu refluks 60, 90, 120, 150, dan 180 menit. Analisis kualitas karbon aktif kulit buah kelapa muda dilakukan sesuai karakteristik karbon aktif berdasarkan SNI 06-3730-1995 dengan parameter uji meliputi kadar air (gravimetri), kadar volatile (gravimetri), kadar abu (gravimetri), kadar karbon (gravimetri), dan daya serap terhadap I_2 (titrimetri, iodometri).
2. Jumlah karbon aktif kulit buah kelapa muda dalam pengolahan limbah cair pabrik tahu dengan metode adsorpsi secara batch divariasikan 2,5; 5; 7,5; 10 dan 12,5 gram dalam 150 ml limbah cair. Adapun parameter kualitas limbah cair yang uji meliputi BOD (titrimetri), COD (titrimetri), TSS (gravimetri), dan pH (pH universal).

1.4 Tujuan Kegiatan

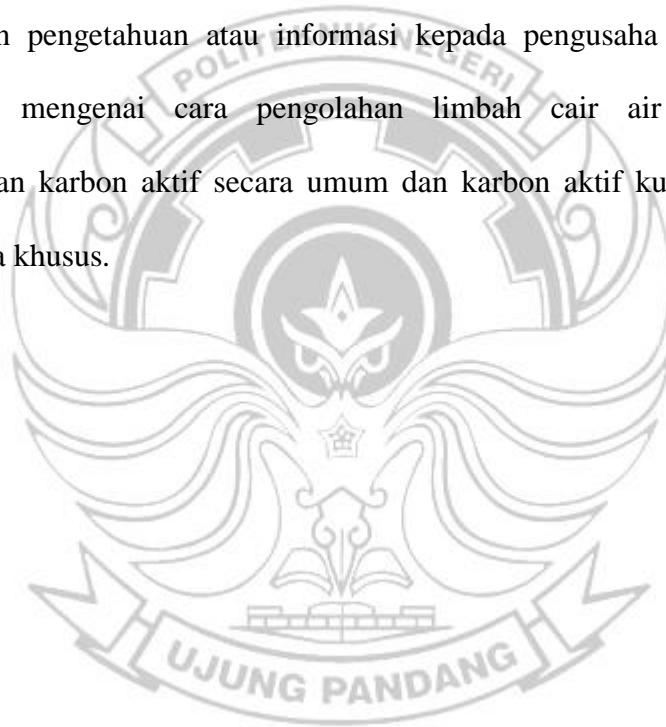
Adapun tujuan dari penelitian ini, adalah:

1. Menentukan kualitas karbon aktif yang dihasilkan dari kulit buah kelapa muda setelah di aktivasi dengan metode refluks berdasarkan SNI 063730-1995 dengan parameter uji meliputi kadar air, kadar volatil, kadar abu, kadar karbon, dan daya serap terhadap I_2 .
2. Menentukan % penurunan BOD, COD, TSS dan pH limbah cair pabrik tahu setelah proses adsorpsi dengan metode batch menggunakan karbon aktif kulit buah kelapa muda.

1.5 Manfaat Kegiatan

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat diantaranya:

1. Menjadi sumber informasi tentang pembuatan karbon aktif dengan metode refluks dan perendaman dalam larutan H_3PO_4 10%.
2. Memberikan informasi dalam pemanfaatan limbah kulit buah kelapa muda menjadi sesuatu yang lebih berguna bagi masyarakat luas sehingga memiliki nilai ekonomis.
3. Memberikan pengetahuan atau informasi kepada pengusaha tahu atau pun masyarakat mengenai cara pengolahan limbah cair air tahu dengan menggunakan karbon aktif secara umum dan karbon aktif kulit buah kelapa muda secara khusus.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karbon Aktif

2.1.1 Definisi karbon aktif

Karbon aktif merupakan padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon yang konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain, serta pori dibersihkan dari senyawa lain sehingga permukaan dan pusat aktif menjadi luas akibatnya daya adsorpsi terhadap cairan atau gas akan meningkat.

Karbon aktif memiliki kandungan air 5-15%, abu 2-35% dan sisanya terdiri atas karbon sekitar 87-97%. Karbon aktif disusun oleh atom karbon yang terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal di mana molekulnya berbentuk amorf yaitu merupakan pelat-pelat dasar. Pelat ini bertumpuk satu dengan yang lain, serta menghilangkan hidrogen dan bahan aktif, maka permukaan dan pusat aktif akan menjadi luas yaitu berkisar antara 300–2000 m³/gram (Sudradjat, 2011).

Karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon baik yang berasal dari tumbuhan, binatang maupun barang tambang seperti berbagai jenis kayu, sekam padi, tulang binatang, batu-bara, tempurung kelapa, kulit biji kopi (Pambayun et al., 2013) dan hasil samping pertanian dimana bahan ini dipreparasi dengan cara dikarbonisasi dan aktivasi sehingga menghasilkan arang aktif. Arang aktif yang baik mutunya adalah arang yang memiliki kadar arang yang tinggi dan kadar abu serta air rendah (Othmer, 1978).

Karbon aktif adalah adsorben yang paling efektif digunakan dalam pengolahan air industri karena itu area permukaan besar yang membuatnya menjadi adsorben

kuat. Hal ini biasanya diproduksi dalam bentuk bubuk atau biji-bijian, tergantung pada jenis polutan yang akan diserap (Maguie et al., 2017).

Secara umum, kapasitas adsorpsi karbon aktif yang tinggi tergantung pada karakteristik karbon aktif seperti luas permukaan, volume pori dan distribusi ukuran pori serta adanya gugus fungsi pada permukaan pori yang memainkan peran penting dalam kapasitas adsorpsi karbon aktif. Luas permukaan adalah karakteristik yang signifikan dari karbon yang telah diaktifkan yaitu memiliki kisaran antara 500-1000 m²/g (Luka et al., 2018).

Kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan persyaratan (SNI) 06–3730-1995 (BSN, 1995).

Tabel 2. 1 Baku Mutu Arang Aktif berdasarkan SNI 06–3730-1995

No	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1	Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	°C	Maks. 15	Maks. 25
2	Air	%	Maks. 4,4	Maks. 15
3	Abu	%	Maks. 2,5	Maks. 10
4	Daya serap terhadap I ₂	mg/g	Min. 750	Min. 750
5	Karbon aktif murni, %	%	Min. 80	Min. 65

2.1.2 Klasifikasi karbon aktif

Menurut Swara 2015, berdasarkan bentuk karbon aktif dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis sebagai berikut (Swara, 2015):

a. Karbon aktif granul

Jenis karbon ini berbentuk butiran atau pelet. Biasanya digunakan dalam proses fluida gas yang berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, pemisahan, dan pemurnian gas. Karbon aktif granul ini diperoleh dari bahan baku yang memiliki struktur keras seperti tempurung kelapa, tulang dan batubara. Ukuran partikel dari granul karbon aktif berbeda-beda tergantung pada aplikasinya. Untuk aplikasi adsorpsi fase gas ukuran granul yang sering digunakan adalah 4×8 mesh sampai 10×20 mesh dan bentuk pelet memiliki ukuran partikel 4-6 mm.



Gambar 2.1 Karbon Aktif Granul
(Sumber: Deltapuro, 2019)

b. Karbon aktif powder

Karbon aktif powder umumnya diproduksi dari bahan kayu dalam bentuk serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan struktur yang lemah. Jenis ini memiliki ukuran rata-rata 15-25 μm . Pada industri besar karbon aktif powder digunakan untuk menghilangkan warna pada proses pembuatan makanan. Belakangan ini karbon aktif powder digunakan pada water treatment untuk air minum dan limbah. Biasanya karbon aktif

powder digunakan dalam fase cair yang berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan.



Gambar 2.2 Karbon Aktif Powder
(Sumber: Deltapuro, 2019)

c. Karbon aktif molekular sieves

Aplikasi utama dari karbon aktif molecular sieve adalah pemisahan nitrogen dan oksigen dalam udara. Karbon aktif molecular sieve merupakan suatu material yang menarik sebagai model karbon aktif sejak memiliki ukuran mikropori yang seragam dan kecil.



Gambar 2.3 Karbon Aktif Molekuler Sieves
(Sumber : Ksourceep, n.d.)

2.1.3 Kegunaan karbon aktif

Kegunaan karbon aktif antara lain sebagai berikut:

- a. Pemurnian gas, karbon aktif digunakan untuk desulfurisasi yaitu menghilangkan gas beracun, pencegahan racun, asap dan bau busuk.

- b. Penghilang rasa, warna dan bau yang tidak dikehendaki pada minyak dan makanan.
- c. Sebagai pemercepat reaksi dalam berbagai reaksi kimia misalnya untuk mengkatalisa pembentukan sulfur klorida dan sulfur dioksida dan klorin, selain sebagai katalis dalam reaksi karbon aktif juga bisa sebagai parameter yang mempercepat laju reaksi.
- d. Industri obat-obatan, karbon aktif juga digunakan sebagai bahan penyaring dan penghilang warna, bau serta rasa yang tidak dikehendaki.
- e. Industri minuman keras dan ringan, karbon aktif juga sebagai penghilang bau dan warna.
- f. Bidang perikanan, budi daya udang dan benur berguna untuk pemurnian air, menghilangkan logam berat, nitrit, ammonia, serta fenol.
- g. Bidang kimia perminyakan digunakan dalam penyaringan bahan mentah atau zat antara.
- h. Sistem pengolahan air dan pengolahan air limbah, karbon aktif bermanfaat untuk menghilangkan atau menyaring zat warna, zat bau dan bahan pencemar.
- i. Proses pengolahan pulp dan paper digunakan sebagai pemurni dan penghilang bau.
- j. Beberapa manfaat lainnya sebagai bahan penyerap, berbagai pelarut, *crude oil*, karet, larutan asam dan penghilang bau dalam kamar pendingin dan mobil.

2.1.4 Proses pembuatan karbon aktif

Proses yang berlangsung selama pembuatan karbon aktif pada dasarnya adalah penghilangan air (*dehidrasi*), pemecahan senyawa-senyawa organik dan

dekomposisi tar yang sekaligus memperluas pori-pori. Proses pembuatan karbon aktif dapat dibagi dua sebagai berikut:

a. Proses kimia

Bahan baku dicampur dengan bahan-bahan kimia tertentu, kemudian dibuat padatan. Selanjutnya padatan tersebut dibentuk menjadi batangan dan dikeringkan serta dipotong-potong. Aktivasi dilakukan pada temperatur 100°C. Karbon aktif yang dihasilkan, dicuci dengan air selanjutnya dikeringkan pada temperatur 100°C. Dengan proses kimia, bahan baku dapat dikarbonisasi terlebih dahulu kemudian dicampur dengan bahan-bahan kimia.

b. Proses fisika

Bahan baku terlebih dahulu dibuat karbon. Selanjutnya karbon tersebut digiling, diayak untuk selanjutnya diaktivasi dengan cara pemanasan pada temperatur 100°C yang disertai pengalir uap.

Pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap, yaitu:

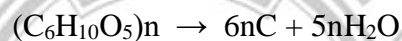
1) Dehidrasi

Dehidrasi yaitu tahap pengurangan kadar air pada bahan yang akan digunakan dengan menggunakan metode pemanasan hingga suhu 170°C. Tahap ini bertujuan untuk mengurangi kadar air pada bahan sehingga proses selanjutnya menjadi lebih mudah.

2) Karbonisasi

Karbonisasi yaitu pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon yang dilakukan dengan pembakaran dari material yang mengandung karbon dan dilakukan tanpa adanya kontak langsung dengan udara. Proses karbonisasi juga dikenal dengan pirolisis yang didefinisikan sebagai suatu tahapan dimana material

organik awal ditransformasikan menjadi sebuah material yang semulanya berbentuk karbon (Pierson, 2012). Pirolisis adalah penguraian bahan-bahan organik pada temperatur tinggi di bawah kondisi non oksidatif. Pendekatan utama dari pirolisis adalah pendaurulangan bahan-bahan yang dapat diuraikan secara termal untuk menghasilkan produk-produk yang bernilai. Pada prosesnya tidak memungkinkan memperoleh oksigen yang benar-benar bebas dari campuran udara lain, karena sejumlah oksigen terdapat dalam beberapa sistem pirolisis, menyebabkan terjadinya peristiwa oksidasi. Reaksi pirolisis dari selulosa ditampilkan berikut ini (Husni & Cut, 2008).

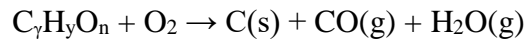


Tahap karbonisasi merupakan tahap-tahan pemecahan karbon. Pada tahap ini terjadi tiga pembentukan menurut suhu pemanasan yaitu pada suhu 170°C menghasilkan CO, CO₂, dan asam asetat. Suhu 275°C terjadi dekomposisi tar, methanol dan hasil samping lainnya dan pada suhu 400–600°C terjadi pembentukan karbon (Husni & Cut, 2008).

3) Aktivasi

Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk membentuk pori baru yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang permukaanya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Sembiring & Sinaga, 2003).

Karbon dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna. Secara umum reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:



Tahap aktivasi merupakan tahap proses perlakuan terhadap karbon untuk membuka pori karbon. Proses aktivasi dapat dilakukan melalui aktivasi secara fisika dan aktivasi secara kimia.

a) Aktivasi secara fisika

Kebanyakan karbon diaktifkan dengan cara fisik. Perbedaan bahan baku akan menyebabkan variasi pada metode termal ini, namun pada prinsipnya sama. Pengkarbonan biasanya dilakukan pada suhu 500-900°C. Dalam proses yang menggunakan sistem ini aktivasi berlangsung secara berkesinambungan karena reaksi karbon menjadi CO₂ adalah eksotermis.

b) Aktivasi secara kimia

Secara umum, sintesis karbon aktif dari biomassa dengan menggunakan aktivasi kimia terdiri dari beberapa tahap, yaitu pencucian dan pengeringan, pengecilan ukuran, perendaman dengan agen aktivasi (impregnasi) yang diikuti pengeringan, karbonisasi (Kristianto, 2017).

Aktivasi cara kimia pada prinsipnya adalah perendaman arang dengan senyawa kimia (Mody Lempang & Pari, n.d.). Bahan kimia yang sering digunakan untuk mengaktifkan arang ialah seperti NaOH, KOH, H₃PO₄, H₂SO₄, HCl, HNO₃, Na₂CO₃ dan K₂CO₃. Penggunaan bahan kimia sering menghasilkan perubahan warna pada karbon (Haji et al., 2013). Unsur-unsur mineral aktivator masuk diantara plat heksagon dari kristalit dan memisahkan permukaan yang mula-mula tertutup. Dengan demikian, saat pemanasan dilakukan, senyawa kontaminan yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terlepas. Hal ini menyebabkan luas

permukaan yang aktif bertambah besar dan meningkatkan daya serap karbon aktif (Ramdja et al., 2008).

2.1.5 Penggunaan Asam Posfat (H_3PO_4) sebagai salah satu aktivator

Aktivasi menggunakan asam fosfat telah diterapkan pada berbagai bahan yang mengandung lignosellulosa seperti bahan-bahan kayu, kulit buah, dan limbah pertanian (Yorgun & Yıldız, 2015). Aktivator H_3PO_4 dapat menghasilkan karbon aktif yang memiliki mikropori maksimum pada kondisi operasi suhu $<450^\circ C$ (Esterlita & Herlina, 2015). Asam Posfat (H_3PO_4) di pilih sebagai aktivator karena tidak mencemari lingkungan dan proses penetralan produk karbon aktif yang mudah yaitu hanya dengan pencucian menggunakan air (Foo & Lee, 2010). Asam Posfat (H_3PO_4) memiliki sifat-sifat seperti titik didih $158^\circ C$, densitas $1,71 \text{ g/cm}^3$, $pH < 0,5$, titik lebur $21^\circ C$, tekanan uap 2 hPa , viskositas kinematik $30,5 \text{ mm}^2/\text{s}$, dapat korosi dengan logam, serta menyebabkan kulit terbakar dan kerusakan mata (Esterlita & Herlina, 2015).

2.1.6 Karakteristik karbon aktif

a. Kadar air

Kadar air merupakan salah satu sifat kimia arang aktif yang akan mempengaruhi kemampuan adsorpsi arang aktif sebagai suatu adsorben. Penurunan kadar air menyebabkan pori-pori pada arang aktif semakin terbuka, sehingga luas permukaan arang aktif semakin meningkat (Yulianti et al., 2009).

b. Kadar abu

Kadar abu menunjukkan jumlah substituent anorganik yang ada di dalam karbon (Baseri et al., 2012). Kadar abu yang dihasilkan merupakan pengotor arang

aktif, sehingga semakin rendah kadar abu maka kualitas arang aktif semakin baik (Yulianti et al., 2009).

c. Kadar zat terbang

Kadar zat terbang merupakan suatu cara untuk mengetahui seberapa besar permukaan arang aktif mengandung zat lain selain karbon sehingga mempengaruhi daya serapnya. Semakin tinggi suhu aktivasi cenderung menurunkan kadar zat terbangnya dan pengaruhnya sangat nyata. Kadar zat terbang berdasarkan SNI adalah <25% (Darmawan et al., 2009).

d. Kadar karbon

Kadar karbon berdasarkan SNI adalah >65% (Darmawan et al., 2009). Besar kecilnya kadar karbon terikat yang dihasilkan, selain dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar zat menguap dan kadar abu juga dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin bahan yang dapat dikonversi menjadi atom karbon (Kusdarini et al., 2017).

e. Bilangan iodin

Adsorpsi bilangan iodin merupakan suatu landasan penting yang digunakan terhadap karakterisasi karbon aktif (Itodo et al., 2010). Bilangan iodin digunakan untuk mengukur isi pada karbon aktif yang berbentuk mikropori. Secara signifikan, semakin tinggi bilangan iodin maka mikropori pada karbon aktif juga akan tinggi (Das, 2014).

f. Zat mudah menguap (Volatil Matter)

Penetapan volatil matter bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa yang belum menguap pada proses karbonisasi dan aktivasi, tetapi menguap pada

suhu 950°C sehingga mempengaruhi daya serapnya. Volatil matter yang tinggi akan mengurangi kemampuan arang aktif dalam menyerap gas dan larutan. Sehingga peningkatan suhu aktivasi cenderung menurunkan kadar volatil matter mudah menguap (Yulianti et al., 2009).

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa yang terjadi pada permukaan padatan, karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat. Adanya gaya ini menyebabkan padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaannya. Gaya-gaya molekul pada permukaan cairan atau padatan berada dalam keadaan tidak seimbang atau tidak jenuh. Sebagai hasil ketidakjenuhan ini, permukaan padatan atau cairan cenderung untuk menarik dan menahan gas-gas atau substansi-substansi yang terlarut pada saat mengalami kontak (Swastha, 2010).

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (soluble) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapannya. Adsorpsi menggunakan istilah adsorben dan adsorbat, dimana adsorben merupakan suatu penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon, sedangkan adsorbat merupakan suatu media yang diserap (Miranti, 2012).

Adsorpsi dalam air limbah sering mengikuti proses biologis untuk menyisihkan bahan-bahan yang tidak tersisihkan oleh proses biologis, misalnya bahan organik non-biodegradabel. Oleh karena itu adsorpsi sering dikelompokkan

sebagai pengolahan tersier (Sawyer et al., 1994). Proses adsorpsi umumnya menggunakan metode *batch* dan metode kolom.

2.2.1 Metode *batch*

Adsorpsi metode *batch* dilakukan dengan mengontakkan adsorben dengan cairan yang akan diserap adsorbatnya dengan suatu media dalam waktu tertentu. Selama berlangsungnya proses, konsentrasi larutan akan turun karena terjadi reaksi fisika dan kimia dengan adsorben. Setelah jangka waktu tertentu penurunan konsentrasi dan solute akan mencapai harga maksimum dimana pada saat itu terjadi kejenuhan dari adsorben untuk melakukan penyerapan, dengan kata lain telah terjadi kesetimbangan antara desorpsi dan adsorpsi (Caroline, n.d.)

Waktu yang diperlukan selama kontak tergantung dari konsentrasi solute, jumlah ukuran solid, ukuran partikel adsorben dan tingkat agitasi. Waktu kontakya mendekati antara 10-60 menit, dan pengadukan akan memperluas kontak partikel dengan cairan. Pengadukan juga menaikkan kecepatan reaksi dengan menurunkan ketebalan dari lapisan pelarut yang mengelilingi adsorbat (Caroline, n.d.)

2.3 Metode Refluks

Ekstraksi dengan cara ini pada dasarnya adalah ekstraksi berkesinambungan. Bahan yang akan diekstraksi direndam dengan cairan penyari dalam labu alas bulat yang dilengkapi dengan alat pendingin tegak, lalu dipanaskan sampai mendidih. Cairan penyari akan menguap, uap tersebut akan diembunkan dengan pendingin tegak dan akan kembali menyari zat aktif dalam simplisia tersebut, demikian seterusnya. Ekstraksi ini biasanya dilakukan 3 kali dan setiap kali diekstraksi selama 4 jam.

Prinsip kerja pada metode refluks yaitu penarikan komponen kimia yang dilakukan dengan cara sampel dimasukkan ke dalam labu alas bulat bersama-sama dengan cairan penyari lalu dipanaskan, uap-uap cairan penyari terkondensasi pada kondensor bola menjadi molekul-molekul cairan penyari yang akan turun kembali menuju labu alas bulat, akan menyari kembali sampel yang berada pada labu alas bulat, demikian seterusnya berlangsung secara berkesinambungan sampai penyarian sempurna. Keuntungan menggunakan teknik ini adalah membutuhkan alat yang sederhana dengan biaya murah dan waktu ekstraksi yang diperlukan lebih cepat dibandingkan dengan ekstraksi menggunakan maserasi. Sedangkan kerugiannya adalah sulitnya mencapai ekstraksi yang sempurna meskipun penggunaan pelarut yang cukup banyak dan seringkali melarutkan oligomer yang lebih rendah. Metode refluks ini juga hanya dapat dilakukan pada senyawa yang tahan terhadap pemanasan (Mohan et al., 2013).

2.4 Metode Pengolahan Limbah

Metode dan tahapan proses pengolahan limbah cair yang telah dikembangkan sangat beragam. Limbah cair dengan kandungan polutan yang berbeda kemungkinan akan membutuhkan proses pengolahan yang berbeda pula. Proses-proses pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara keseluruhan, berupa kombinasi beberapa proses atau hanya salah satu.

1. Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

Tahap pengolahan primer limbah cair sebagian besar adalah berupa proses pengolahan secara fisika.

A. Penyaringan (Screening)

Pertama, limbah yang mengalir melalui saluran pembuangan disaring menggunakan jeruji saring. Metode ini disebut penyaringan. Metode penyaringan merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisahkan bahan-bahan padat berukuran besar dari air limbah.

B. Pengolahan Awal (*Pretreatment*)

Kedua, limbah yang telah disaring kemudian disalurkan kesuatu tangki atau bak yang berfungsi untuk memisahkan pasir dan partikel padat teruspensi lain yang berukuran relatif besar. Tangki ini dalam bahasa inggris disebut grit chamber dan cara kerjanya adalah dengan memperlambat aliran limbah sehingga partikel – partikel pasir jatuh ke dasar tangki sementara air limbah terus dialirkan untuk proses selanjutnya.

C. Pengendapan

Setelah melalui tahap pengolahan awal, limbah cair akan dialirkan ke tangki atau bak pengendapan. Metode pengendapan adalah metode pengolahan utama dan yang paling banyak digunakan pada proses pengolahan primer limbah cair.

Limbah cair didiamkan agar partikel – partikel padat yang tersuspensi dalam air limbah dapat mengendap ke dasar tangki. Endapan partikel tersebut akan membentuk lumpur yang kemudian akan dipisahkan dari air limbah ke saluran lain untuk diolah lebih lanjut. Selain metode pengendapan, dikenal juga metode pengapungan (*Floation*).

D. Pengapungan (Floation)

Metode ini efektif digunakan untuk menyingkirkan polutan berupa minyak atau lemak. Proses pengapungan dilakukan dengan menggunakan alat yang dapat menghasilkan gelembung- gelembung udara berukuran kecil ($\pm 30 - 120$ mikron). Gelembung udara tersebut akan membawa partikel-partikel minyak dan lemak ke permukaan air limbah sehingga kemudian dapat disingkirkan.

Bila limbah cair hanya mengandung polutan yang telah dapat disingkirkan melalui proses pengolahan primer, maka limbah cair yang telah mengalami proses pengolahan primer tersebut dapat langsung dibuang ke lingkungan (perairan). Namun, bila limbah tersebut juga mengandung polutan yang lain yang sulit dihilangkan melalui proses tersebut, misalnya agen penyebab penyakit atau senyawa organik dan anorganik terlarut, maka limbah tersebut perlu disalurkan ke proses pengolahan selanjutnya.

2. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Tahap pengolahan sekunder merupakan proses pengolahan secara biologis, yaitu dengan melibatkan mikroorganisme yang dapat mengurai/ mendegradasi bahan organik. Mikroorganisme yang digunakan umumnya adalah bakteri aerob.

Terdapat tiga metode pengolahan secara biologis yang umum digunakan yaitu metode penyaringan dengan tetesan (*trickling filter*), metode lumpur aktif (*activated sludge*), dan metode kolom perlakuan (*treatment ponds / lagoons*).

a. *Metode trickling filter*

Bakteri aerob yang digunakan untuk mendegradasi bahan organik melekat dan tumbuh pada suatu lapisan media kasar, biasanya berupa serpihan batu atau

plastik, dengan dengan ketebalan $\pm 1 - 3$ m. limbah cair kemudian disemprotkan ke permukaan media dan dibiarkan merembes melewati media tersebut. Selama proses perembesan, bahan organik yang terkandung dalam limbah akan didegradasi oleh bakteri aerob. Setelah merembes sampai ke dasar lapisan media, limbah akan menetes ke suatu wadah penampung dan kemudian disalurkan ke tangki pengendapan. Endapan yang terbentuk akan mengalami proses pengolahan limbah lebih lanjut, sedangkan air limbah akan dibuang ke lingkungan atau disalurkan ke proses pengolahan selanjutnya jika masih diperlukan

b. *Metode activated sludge*

Metode activated sludge atau lumpur aktif, limbah cair disalurkan ke sebuah tangki dan didalamnya limbah dicampur dengan lumpur yang kaya akan bakteri aerob. Aerasi dapat mempercepat kerja bakteri dalam mendegradasi limbah. Selanjutnya, limbah disalurkan ke tangki pengendapan untuk mengalami proses pengendapan, sementara lumpur yang mengandung bakteri disalurkan kembali ke tangki aerasi. Seperti pada metode trickling filter, limbah yang telah melalui proses ini dapat dibuang ke lingkungan atau diproses lebih lanjut jika masih diperlukan.

c. *Metode treatment ponds/ lagoons metode*

Treatment ponds/lagoons atau kolam perlakuan merupakan metode yang murah namun prosesnya berlangsung relatif lambat. Pada metode ini, limbah cair ditempatkan dalam kolam-kolam terbuka. Algae yang tumbuh dipermukaan kolam akan berfotosintesis menghasilkan oksigen.

Oksigen tersebut kemudian digunakan oleh bakteri aero untuk proses penguraian/degradasi bahan organik dalam limbah. Pada metode ini, terkadang

kolam juga diaerasi. Selama proses degradasi di kolam, limbah juga akan mengalami proses pengendapan. Setelah limbah terdegradasi dan terbentuk endapan didasar kolam, air limbah dapat disalurkan untuk dibuang ke lingkungan atau diolah lebih lanjut.

3. Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)

Pengolahan tersier dilakukan jika setelah pengolahan primer dan sekunder masih terdapat zat tertentu dalam limbah cair yang dapat berbahaya bagi lingkungan atau masyarakat. Pengolahan tersier bersifat khusus, artinya pengolahan ini disesuaikan dengan kandungan zat yang tersisa dalam limbah cair / air limbah. Umumnya zat yang tidak dapat dihilangkan sepenuhnya melalui proses pengolahan primer maupun sekunder adalah zat-zat anorganik terlarut, seperti nitrat, fosfat, dan garam-garaman.

Pengolahan tersier sering disebut juga pengolahan lanjutan (*advanced treatment*). Pengolahan ini meliputi berbagai rangkaian proses kimia dan fisika. Contoh metode pengolahan tersier yang dapat digunakan adalah metode saringan pasir, saringan multimedia, precoal filter, microstaining, vacum filter, penyerapan dengan karbon aktif, pengurangan besi dan mangan, dan osmosis bolak-balik.

2.5 Limbah Cair Pabrik Tahu

2.5.1 Limbah tahu

Tahu merupakan salah satu produk olahan kedelai yang telah lama dikenal dan banyak disukai oleh masyarakat, karena harganya murah dan mudah didapat. Menurut Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah adalah sisa suatu usaha atau kegiatan.

Menurut Marliani (2015), Limbah merupakan buangan atau sisa yang dihasilkan dari suatu proses atau kegiatan dari industri maupun domestik (rumah tangga) (Marliani, 2015).

Proses pembuatan tahu akan menghasilkan air limbah yang berasal dari air bekas perendaman kedelai air hasil penirisan kedelai setelah direndam, busa yang terjadi pada waktu pemasakan bubuk kedelai, dan air sisa penggumpalan susu kedelai.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha atau Kegiatan Pengolahan Kedelai

Parameter	Pengolahan kedelai					
	Kecap		Tahu		Tempe	
	Kadar *) (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar *) (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar *) (mg/L)	Beban (kg/ton)
BOD	150	1,5	150	3	150	1,5
COD	300	3	300	6	300	3
TSS	100	1	200	4	100	1
PH				6-9		
Kuantitas air limbah paling tinggi (m ³ /ton)	10		20		10	

(Sumber: PMLH RI No. 5 Tahun 2014)

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah menetapkan parameter penting limbah cair industri tahu dimana parameter tersebut harus memenuhi baku mutunya sebelum dibuang ke badan air atau lingkungan. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, yang dimaksud baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur

pencemar atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dari suatu usaha atau kegiatan.

Limbah cair tahu mempunyai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat, atau senyawa-senyawa organik yang cukup tinggi. Adanya bahan organik yang cukup tinggi (ditunjukkan dengan nilai BOD dan COD) menyebabkan mikroba menjadi aktif dan menguraikan bahan organik tersebut secara biologis menjadi senyawa asam-asam organik (Pranoto, 2005).

2.5.2 Parameter limbah Industri Tahu

Parameter air limbah tahu yang biasanya diukur antara lain temperatur, pH, padatan-padatan tersuspensi (TSS) dan kebutuhan oksigen (BOD dan COD).

a. pH (derajat keasaman)

Limbah cair industri tahu dan tempe bersifat asam karena dalam proses produksinya menggunakan asam asetat. Dalam keadaan asam ini akan terlepas zat-zat yang mudah menguap sehingga mengakibatkan limbah cair industri tahu dan tempe ini mengeluarkan bau busuk. Keasaman limbah cair diukur menggunakan pH meter. Baku mutu yang ditetapkan untuk parameter pH adalah 6–9. Apabila pH terlalu rendah maka terjadi penurunan oksigen terlarut dan dapat mempengaruhi kehidupan mikroorganisme dan makhluk hidup lainnya. Air yang mempunyai pH rendah membuat air tersebut bersifat korosif terhadap bahan-bahan konstruksi besi yang kontak dengan air (Effendi, 2003).

b. TSS (*Total Suspended Solid*)

Padatan-padatan Tersuspensi/TSS (*Total Suspended Solid*) digunakan untuk menentukan kepekatan air limbah, efisiensi proses dan beban unit proses. Adanya padatan-padatan ini menyebabkan kekeruhan air, padatan ini tidak terlarut dan tidak dapat mengendap secara langsung. TSS yang sangat tinggi menghalangi masuknya sinar matahari didalam air (Effendi, 2003).

Limbah cair industri mengandung jumlah padatan tersuspensi dalam jumlah yang bervariasi tergantung dari jenis industrinya. Limbah cair dari industri makanan, terutama industri fermentasi dan industri tekstil sering mengandung padatan tersuspensi dalam jumlah yang relative tinggi. Jumlah padatan tersuspensi di dalam air dapat diukur dengan menggunakan alat turbidimeter. Padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi cahaya/ masuknya cahaya kedalam air sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis (Fardiaz, 1992).

c. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Fadli (2011) menyatakan bahwa Biological Oxygen Demand (BOD) adalah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganismenya untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimia (Fadli, 2011). BOD merupakan parameter untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktivitas mikroorganismenya dalam menguraikan zat organik secara biologis di dalam limbah cair. Limbah cair industri tahu dan tempe mengandung bahan-bahan organik terlarut yang tinggi (Wa, 2004).

Menurut Effendi (2003), BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh organismenya untuk memecah bahan buangan organik di dalam suatu perairan.

Konsentrasi BOD yang semakin tinggi menunjukkan semakin banyak oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik. BOD₅ adalah banyaknya oksigen (mg) yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan organik dalam satu liter air limbah selama (5×24 jam pada suhu 20°C) (Fadli, 2011). Jadi, BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan pencemar yang terdapat di dalam suatu perairan. Pemeriksaan BOD₅ diperlukan untuk menentukan beban pencemaran terhadap limbah cair domestik atau industri juga untuk mendesain sistem pengolahan limbah biologis bagi air tercemar.

d. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan buangan yang ada dalam air yang teroksidasi melalui reaksi kimia. Pengukuran COD diperlukan untuk mengukur kebutuhan oksigen terhadap zat organik yang sukar dihancurkan secara oksidasi. Oleh karena itu dibutuhkan pereaksi oksidator yang kuat dalam suasana asam (Fachrurozi et al., 2010).

2.5.3 Karakteristik limbah tahu

Karakteristik buangan industri tahu meliputi dua hal, yaitu karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi *total solid*, bau, temperatur, warna, dan *turbidity*. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, anorganik dan gas (Metcalf et al., 1991).

a. Karakteristik fisika

1) Temperatur

Temperatur air mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Semakin tinggi temperatur air kandungan oksigen dalam air berkurang atau sebaliknya.

2) Total solid

Total solid adalah semua materi yang tersisa setelah proses evaporasi pada suhu 103–105°C. Karakteristik yang bersumber dari saluran air domestik, industri, erosi tanah, dan *infiltrasi/inflow* ini dapat menyebabkan bangunan pengolahan penuh dengan *sludge* dan kondisi anaerob dapat tercipta sehingga mengganggu proses pengolahan.

3) Warna

Air limbah yang berwarna, banyak menyerap oksigen dalam air, sehingga dalam waktu lama membuat air berwarna hitam dan berbau. Pada kenyataannya pencemaran oleh zat warna juga dapat menyebabkan gangguan estetika lingkungan.

4) Bau

Karakteristik ini bersumber dari gas-gas yang dihasilkan selama dekomposisi bahan organik dari air limbah atau karena penambahan suatu substrat ke air limbah

5) Kekeruhan

Kekeruhan ini disebabkan karena adanya padatan yang terlarut dan tersuspensi, berasal dari zat organik atau zat tersuspensi dari kedelai atau tahu yang tercecceer atau zat organik yang terurai hingga limbah cair berubah seperti emulsi keruh.

6) pH

Keasaman atau pH sangat dipengaruhi bahan penggumpal pada proses penggumpalan tahu, yaitu menggunakan larutan yang bersifat asam serta adanya aktivasi penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dengan menghasilkan asam-asam organik.

b. Karakteristik kimia

Terdapat tiga karakteristik kimia air limbah yang perlu diidentifikasi yaitu, bahan organik, anorganik, dan gas (Metcalf et al., 1991).

1) Bahan organik

Bahan organik pada air limbah bersumber dari hewan, tumbuhan, dan aktivitas manusia. Bahan organik itu sendiri terdiri dari C, H, O, N dan walaupun banyak sekali jenis bahan organik, yang menjadi karakteristik kimia adalah protein, karbohidrat, lemak dan minyak, surfaktan, *Volatile Organic Compound* (VOC), pestisida dan fenol, dimana sumbernya adalah limbah 3 domestik, komersil, industri kecuali pestisida yang bersumber dari pertanian dan fenol dari industri.

2) Bahan anorganik

Jumlah bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh asal air limbah. Umumnya berupa senyawa-senyawa yang mengandung logam berat, senyawa-senyawa anorganik yang bersifat asam kuat dan basa kuat, senyawa fosfat, senyawa-senyawa nitrogen (amonia, nitrit, dan nitrat), dan juga senyawa-senyawa belerang (sulfat dan hidrogen sulfida).

3) Gas

Gas yang umumnya ditemukan dalam limbah cair yang tidak diolah adalah nitrogen (N_2), oksigen (O_2), metana (CH_4), hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), dan karbon dioksida (CO_2).

2.6 Buah Kelapa

2.6.1 Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) adalah anggota tunggal dalam marga Cocos dari suku Arenan atau Areceae. Batang pohon kelapa umumnya berdiri tegak dan tidak bercabang, dapat mencapai 10–14 meter lebih. Daunnya berpelelah, panjangnya dapat mencapai 3–4 meter lebih dengan sirip–sirip lidi yang menopang tiap helaian. Buahnya terbungkus dengan serabut dan batok yang cukup kuat sehingga untuk memperoleh buah kelapa harus dikuliti terlebih dahulu.

Tanaman kelapa merupakan tanaman serbaguna karena seluruh bagian tanaman ini bermanfaat bagi kehidupan manusia. Tanaman kelapa juga memiliki nilai budaya dan ekonomi yang cukup tinggi dalam kehidupan masyarakat (Luntungan, 2008).

Bagi masyarakat Indonesia kelapa merupakan bagian dari kehidupan karena kelapa memiliki manfaat dan nilai ekonomi yang cukup tinggi dalam memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Arti penting tanaman kelapa bagi masyarakat juga tercermin dari luasnya area perkebunan rakyat yang mencapai 98 % dari 3,74 juta Ha dan melibatkan lebih dari tiga juta rumah tangga petani (Novariant, 2008).

2.6.2 Kelapa muda

Kelapa muda (*cocos nucifera*), merupakan buah dari pohon kelapa yang sengaja dipetik lebih cepat (sebelum buah kelapa itu tua atau jatuh sendiri dari pohonnya) dengan tujuan untuk dikonsumsi secara langsung air dan daging buah kelapanya (*water and meat*). Umumnya pada bagian kulit luar memiliki tekstur yang keras, tetapi pada bagian tekstur daging buahnya lunak sehingga buah ini banyak dikonsumsi oleh banyak masyarakat terutama didaerah pesisir pantai.



Gambar 2. 4 Buah Kelapa Muda
(Sumber: Alodokter, 2022)

2.6.3 Komponen buah kelapa muda

Tanaman kelapa disebut juga tanaman serbaguna, karena dari akar sampai ke daun kelapa bermanfaat, demikian juga dengan buahnya. Buah adalah bagian utama dari tanaman kelapa yang berperan sebagai bahan baku industri. Buah kelapa terdiri dari beberapa komponen yaitu:

a. Tempurung Kelapa

Berat dan tebal tempurung sangat ditentukan oleh jenis tanaman kelapa. Kelapa Dalam mempunyai tempurung yang lebih berat dan tebal daripada kelapa Hibrida dan kelapa Genjah. Tempurung beratnya sekitar 15-19% bobot buah kelapa dengan ketebalan 3-5 mm. Komposisi kimia tempurung terdiri atas; Selulosa 26,60%,

Pentosan 27,70%, Lignin 29,40%, Abu 0,60%, Solvent ekstraktif 4,20%, Uronat anhidrat 3,50%, Nitrogen 0,11%, dan air 8,00% (Ibnusantoso, 2001).

Tempurung kelapa yang dulu hanya digunakan sebagai bahan bakar, sekarang sudah merupakan bahan baku industri cukup penting. Produk yang dihasilkan dari pengolahan tempurung adalah arang, arang aktif, tepung tempurung dan barang kerajinan. Arang aktif dari tempurung kelapa memiliki daya saing yang kuat karena mutunya tinggi dan tergolong sumber daya yang terbarukan.

Tabel 2. 3 Komposisi kimia tempurung kelapa

Komposisi	Persen (%)
Sellulosa	26,60
Pentosan	27,7
Lignin	29,4
Abu	0,6
Solvent ekstraktif	4,2
Uranot anhidrat	3,55
Nitrogen	0,11
Air	8,0
Total	100,0

(Sumber : Suhadiyono, 2007 dalam Suryani dkk 2012)

Berdasarkan data ekspor tahun 2003, Indonesia ternyata lebih banyak mengekspor dalam bentuk arang tempurung (56%), sedangkan negara lain dalam bentuk arang aktif (APCC, 2000; APCC, 2001; APCC, 2003). Peningkatan ekspor arang tempurung dan arang aktif dalam kurun waktu 10 tahun terakhir masing-masing 13,86% untuk arang tempurung dan 6,1% untuk arang aktif. Jumlah ekspor saat ini untuk arang tempurung dan arang aktif masing-masing 29.493 ton dan 11.553 ton.

2.6.4 Sabut kelapa

Sabut kelapa merupakan bagian terluar buah kelapa yang membungkus tempurung kelapa. Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, pyroligneous acid, gas, arang, ter, tannin, dan potassium (Rindengan et al., 1995).

Berikut ini diperlihatkan tabel komposisi kimia daripada sabut kelapa (Gustinenda & Margo, 2017)

Tabel 2. 4 Komposisi kimia sabut kelapa

Komposisi	Persen %
Air	8
Abu	0,5
Nitrogen	0,1
Lignin	29,4
Selulosa	26,6

(Sumber : Gustinenda & Margo, 2017)

Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (*exocarpium*) dan lapisan dalam (*endocarpium*). *Endocarpium* mengandung serat-serat halus yang dapat digunakan sebagai bahan pembuat tali, karung, pulp, karpet, sikat, keset, isolator panas dan suara, filter. Satu butir buah kelapa menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang mulai bulan Maret sampai dengan bulan Juli 2022.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Reaktor pirolisis, oven, hot plate, neraca analitik, ayakan, termometer, *furnace*, desikator, cawan porselin, erlenmeyer, buret 50 ml, gelas kimia, pH meter, pipet volume, pipet ukur, pecahan porselin, rangkaian alat refluks, labu takar, *magnetic stirrer*, corong kaca, pompa vakum.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: kulit buah kelapa muda, H_3PO_4 10%, limbah cair pabrik tahu, I_2 0,1N, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N, amilum 1%, MnSO_4 , CaCl_2 , FeCl_3 , H_2SO_4 98%, MnSO_4 , Alkali Iodida azida, Kertas saring 0,45 μm aquades, indicator feroin, kertas pH universal.

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Karbonisasi kulit buah kelapa muda

- 1) Membersihkan dan mengeringkan kulit buah kelapa.
- 2) Mengarangkan kulit buah kelapa dalam alat.
- 3) Menghaluskan arang hingga berbentuk serbuk dengan ukuran 80 mesh.

- 4) Merendam arang hasil karbonisasi larutan H_3PO_4 10% sebagai aktivator dengan variasi waktu aktivasi 60, 90, 120, 150, dan 180 menit.
- 5) Setelah dilakukan perendaman sesuai variabel sampel kemudian mencuci karbon aktif dengan aquades hingga mencapai pH netral.
- 6) Karbon aktif siap dikarakterisasi.

3.3.2 Uji kualitas karbon aktif buah kelapa muda

- 1) Penentuan daya serap (adsorpsi) terhadap I_2
 - a) Standarisasi natrium Tiosulfat 0,1N
 - (1) Menyiapkan buret dan mengisi dengan larutan Natrium Tio Sulfat yang akan distandarisasikan normalitasnya.
 - (2) Menimbang dengan teliti standar $K_2Cr_2O_7$ sebanyak 0,22 g dan masukkan ke dalam erlenmeyer.
 - (3) Menambahkan 80 ml air suling yang telah dididihkan sebelumnya dan didinginkan, menambahkan 2 gram KI, goyangkan erlenmeyer hingga melarut semua.
 - (4) Menambahkan 20 ml HCl 1N kedalam erlenmyer dan digoyangkan hingga melarut semua.
 - (5) Menitrasi dengan larutan natrium tio sulfat dan menambahkan 2 ml indikator kanji menjelang titik akhir, titik akhir adalah larutan berwarna hijau kebiru-biruan.
 - (6) N larutan natrium tio sulfat:

$$\frac{mg K_2Cr_2O_7}{ml natrium tio sulfat \times 49,032}$$

b) Analisa Daya Serap Iod I₂

- (1) Menimbang 05 g sampel karbon aktif lalu memasukkan ke dalam erlenmeyer.
- (2) Menambahkan 25 ml larutan Iodin standar 0,1N.
- (3) Campuran diaduk selama 15 menit menggunakan *magnetic stirrer* lalu ditutup dan menyimpan ditempat yang gelap selama 2 jam.
- (4) Menyaring sampel untuk mendapatkan filtratnya.
- (5) Memipet 5 ml ke dalam erlenmeyer kemudian filtrat dititrasasi dengan Natrium Tiosulfat 0,1N hingga menjadi berwarna kuning muda.
- (6) Menambahkan indikator larutan amilum 1% kedalamnya dan teruskan titrasi hingga filtrat menjadi bening.
- (7) Mencatat larutan peniter yang terpakai.
- (8) Melakukan titrasi blanko dengan memasukkan I₂ ke dalam erlenmeyer sebanyak 10 ml kemudian menitrasi menggunakan Natrium Tiosulfat 0,1 N yang sama.
- (9) Data yang diperoleh dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Daya serap iod} = \frac{(\text{vol.blanko} - \text{vol.hasil titrasi}) \times N \text{ Na}_2\text{SO}_4 \times \text{Be Iod} \times Fp}{\text{Berat Sampel}} \dots\dots\dots(2)$$

2) Analisis kadar air

- (1) Memasukkan cawan porselin ke dalam oven selama 1 jam kemudian mendinginkan dalam desikator selama 15 menit dan melakukan penimbangan sampai mendapatkan berat konstan.
- (2) Karbon aktif ditimbang seberat 1 g dan dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah dikonstankan.

- (3) Memasukkan cawan porselin ke dalam oven selama 3 jam kemudian dimasukkan kedalam desikator dan ditimbang sampai mendapatkan berat konstan.
- (4) Kadar air dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$kadar\ air = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

a : berat karbon aktif mula-mula (gram)

b : berat karbon aktif setelah dikeringkan (gram)

3) Analisis kadar abu

- (1) Memasukkan cawan porselin ke dalam oven selama 3 jam kemudian mendinginkan dalam desikator selama 15 menit dan melakukan penimbangan sampai mendapatkan berat konstan cawan kosong.
- (2) Menimbang 2 g karbon aktif ke dalam cawan porselin yang telah diketahui bobotnya.
- (3) Memasukkan karbon aktif ke dalam tanur pada suhu 900°C selama 2 jam.
- (4) Mendinginkan karbon aktif dalam desikator selama 15 menit.
- (5) Menimbang karbon aktif hingga diperoleh bobot konstantnya.

$$kadar\ abu = \frac{b}{a} \times 100\dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

a : massa awal karbon aktif (gram)

b : massa akhir karbon aktif (gram)

4) Analisis kadar zat terbang (volatil)

(1) Memasukkan cawan porselin ke dalam oven selama ± 3 jam kemudian mendinginkan dalam desikator selama 15 menit dan melakukan penimbangan sampai mendapatkan berat konstan cawan kosong.

(2) Menimbang sebanyak 1 g karbon aktif pada cawan porselin dan memasukkan ke dalam tanur dengan suhu 950°C selama 7 menit. Setelah itu mendinginkan dalam desikator kemudian melakukan penimbangan.

(3) Perhitungan kadar volatil :

$$\text{kadar zat mudah menguap} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

a : massa awal karbon aktif (gram)

b : massa akhir karbon aktif (gram)

5) Analisis kadar karbon

Penentuan kadar karbon yaitu dengan cara menentukan kadar air, kadar abu dan kadar volatil pada karbon aktif.

Perhitungan kadar karbon :

$$\text{Karbon Aktif Murni, \%} = 100\% - (\% \text{kadar abu} + \% \text{volatil}) \dots\dots (6)$$

3.3.3 Adsorpsi menggunakan metode batch

- (1) Menyiapkan erlenmeyer 250 ml.
- (2) Mengisi erlenmeyer dengan massa karbon aktif yang telah ditentukan (2,5; 5; 7,5; 10; dan 12,5 g).
- (3) Memasukkan 150 ml air limbah industri pabrik tahu ke dalam erlenmeyer.
- (4) Mengatur kecepatan pengadukan pada 1100 rpm selama 60 menit dengan menggunakan magnetik stirrer.
- (5) Setelah 60 menit, menghentikan pengadukan kemudian disaring menggunakan kertas whatman 0,45.

3.3.4 Analisis kualitas limbah cair pabrik tahu sebelum dan setelah pengolahan

1) Pengambilan sampel

Sampel diambil dari limbah cair pabrik tahu kemudian mengukur pH dan sampel diawetkan dengan melakukan pendinginan pada suhu 4°C.

2) Analisis kadar COD (SNI 6989.15:2019)

a) Standarisasi FAS₂

- (1) Memipet 25 ml larutan baku K₂Cr₂O₇ 0,25 N ke dalam erlenmeyer, menambahkan aquades hingga 100 ml.
- (2) Menambahkan 30 ml H₂SO₄ pekat sambil didinginkan, dan mendinginkan pada suhu ruang.
- (3) Menambahkan 2 sampai 3 tetes indikator ferroin dan menitrasi dengan larutan FAS.
- (4) Menghitung normalitas larutan dengan rumus :

$$NFAS = \frac{V_K \times N_K}{N_{FAS}} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana :

N_{FAS} : Normalitas larutan FAS (N)

V_k : Volume larutan baku $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N (ml)

N_k : Normalitas digestion solution (N)

V_{FAS} : Volume larutan FAS (ml)

b) Analisis COD

- (1) Memipet 10 ml sampel ke dalam erlenmeyer asah 250 ml.
- (2) Menambahkan 0,2 g serbuk $HgSO_4$ dan beberapa batu didih.
- (3) Menambahkan 15 ml pereaksi asam Sulfat perlahan-lahan sambil didinginkan dalam air pendingin.
- (4) Menambahkan 5 ml larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N.
- (5) Menghubungkan dengan pendingin liebig (refluks) dan mendidikan di atas hot plate selama 2 jam.
- (6) Mendinginkan dan mencuci bagian dalam dari pendingin dengan aquabides hingga volume sampel menjadi kurang lebih 150 ml.
- (7) Menambahkan 2 ml H_2SO_4 pekat dan 3 tetes indikator ferroin.
- (8) Titrasi dengan larutan baku FAS 0,25N sampai terjadi perubahan warna yang jelas dari hijau-biru menjadi coklat-kemerahan. Mencatat volume titrasi yang digunakan.
- (9) Menghitung nilai COD

$$COD \text{ mg } O_2/L = \frac{(Vb - Vc) \times N_{FAS} \times 8000}{V_s} \dots \dots \dots (8)$$

V_b : Volume larutan FAS untuk blanko (ml)

V_c : Volume Larutan FAS untuk sampel (ml)

V_s : Volume sampel (ml)

NFAS : Normalitas larutan FAS (N)

8000 : berat mili ekivalen oksigen \times 1000

3) Analisis kadar BOD (SNI 06-6989-14-2004 dan SNI 6989-72-2009)

a) Bibit Mikroba

(1) Menyiapkan tanah gembur atau tanah basah yang lembab kurang lebih 10 gram.

(2) Mencampurkan dengan sampel limbah cair pabrik tahu sebanyak kurang lebih 100 mL. Dan mendinginkan semalaman hingga siap untuk digunakan.

b) Larutan air pengencer

(1) Menyiapkan bahan untuk membuat cairan pengencer yang terdiri dari larutan buffer fosfat, larutan $MgSO_4$, larutan $FeCl_2$, larutan benih dan larutan $CaCl_2$.

(2) Menambahkan ke dalam setiap 1 liter air bebas mineral jenuh oksigen tersebut masing-masing 1 ml sampai 3 ml, dan diaduk sampai homogen.

c) Larutan contoh uji

(1) Mengkondisikan sampel limbah cair pabrik tahu pada suhu $20 \pm 3^\circ C$.

(2) Dalam labu ukur, lakukan pengenceran sangat tergantung pada karakteristik contoh uji, dan dipilih pengenceran yang diperkirakan

2 mg/L dan sisa oksigen terlarut minimal 1 mg/L setelah inkubasi 5 hari.

d) Pengujian

- (1) Memasukkan limbah cair pabrik tahu yang telah diaerasi ke dalam masing-masing botol DO A₁ Dan A₂ sampai meluap, kemudian menutup masing-masing botol secara berhati-hati untuk menghindari terbentuknya gelembung udara.
- (2) Melakukan pengocokan beberapa kali, kemudian menambahkan air bebas mineral pada sekitar mulut botol DO yang telah ditutup.
- (3) Menyimpan botol A₂ yang sudah disiapkan.
- (4) Menambahkan 1 ml MnSO₄ dan 1 ml alkali Iodida Azida pada botol A₁ dengan pipet tepat di atas permukaan larutan.
- (5) Menutup segera dan menghomogenkan hingga terbentuk gumpalan sempurna.
- (6) Membiarkan gumpalan mengendap 5 menit sampai dengan 10 menit.
- (7) Menambahkan 1 ml H₂SO₄ pekat, menutup dan menghomogenkan hingga endapan larut sempurna.
- (8) Memipet 50 ml, memasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml.
- (9) Menitrasi dengan Na₂S₂O₃ 0,25 N dengan indikator kanji/amilum sampai warna biru tepat hilang.
- (10) Membuat blanko dengan menggunakan larutan pengencer tanpa limbah cair pabrik tahu.

(11) Menghitung oksigen terlarut menggunakan rumus :

$$\text{Oksigen terlarut } \frac{mg}{L} = \frac{V \times N \times 8000 \times f}{50} \dots \dots \dots (9)$$

Dimana :

V : Volume titrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mL)

N : Normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N)

F : Faktor (volume botol dibagi volume botol dikurangi volume pereksi MnSO_4 dan alkali Iodida azida)

50 : Volume sampel yang dititrasi

(12) Menghitung BOD menggunakan rumus :

$$BOD_5 = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{B}\right)V_c}{P} \dots \dots \dots (10)$$

Dimana :

BOD_5 : Nilai BOD_5 contoh uji (mg/L)

A_1 : Kadar oksigen terlarut contoh uji sebelum inkubasi (mg/L)

A_2 : Kadar oksigen terlarut contoh uji setelah inkubasi (mg/L)

B_1 : Kadar oksigen terlarut blanko sebelum inkubasi (mg/L)

B_2 : Kadar oksigen terlarut blanko setelah inkubasi (mg/L)

VB : Volume suspensi mikroba (ml) dalam botol blanko

Vc : Volume suspensi mikroba dalam botol contoh uji (ml)

P : Perbandingan volume contoh uji

4) Analisis kadar TSS menggunakan metode gravimetric (SNI 06-6989.3:2004)

(1) Menimbang kertas saring kosong.

- (2) Memasang kertas saring ke dalam corong lalu membasahi dengan aquades sebanyak 50 ml.
- (3) Disaring lalu dibilas sebanyak 3 kali dengan 10 ml aquades.
- (4) Memipet limbah cair pabrik tahu sebanyak 25 ml
- (5) Memasukkan kertas saring ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam.
- (6) Mendinginkan kertas saring yang berisi residu didesikator selama 30 menit lalu ditimbang.
- (7) Mengulangi hingga diperoleh bobot konstan.

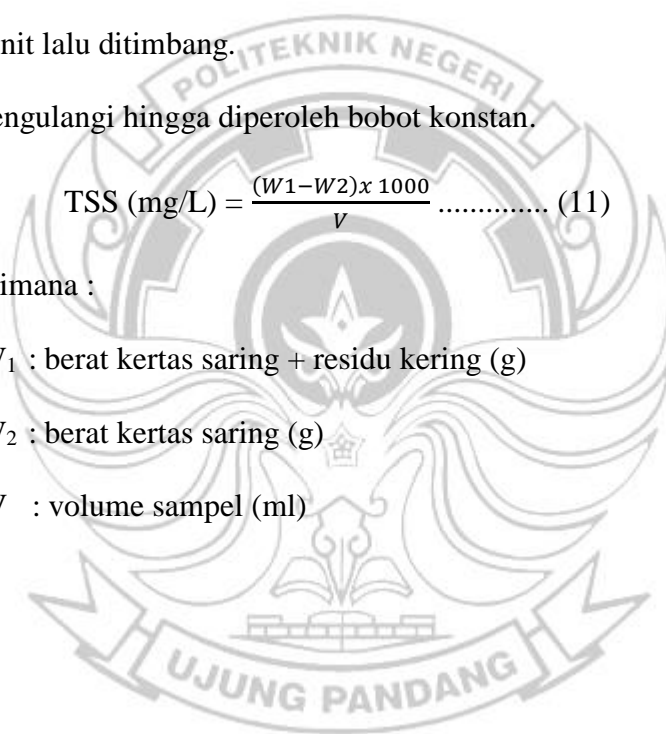
$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_2) \times 1000}{V} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :

W_1 : berat kertas saring + residu kering (g)

W_2 : berat kertas saring (g)

V : volume sampel (ml)



BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Karakteristik Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda

Proses pembuatan karbon aktif dilakukan sebagaimana prosedur yang telah dijelaskan pada BAB III Metode Penelitian. Kulit buah kelapa muda yang kering dikarbonisasi pada suhu 400°C selama 4 jam dengan alat karbonisasi. Arang hasil karbonisasi di haluskan dan diayak pada ayakan 80 *mesh*. Kemudian arang diaktifkan dengan proses refluks menggunakan asam posfat (H₃PO₄) 10% dengan variasi waktu refluks 60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Arang yang telah diaktivasi dinetralkan dengan pencucian menggunakan air (H₂O) dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama ± 3 jam.

Karbon aktif yang baik adalah karbon yang telah dinetralkan tanpa ada senyawa kimia lain dalam karbon. Menurut Rampe & Tiwow (2018) selama proses aktivasi, aktivator bereaksi dengan arang mengoksidasi dan mengikis hidrokarbon, tar, dan senyawa lain yang menempel pada permukaan arang sehingga permukaan arang menjadi halus dan terjadi pembentukan pori-pori baru. Sedangkan menurut Esterlita & Herlina (2015) bahwa aktivator H₃PO₄ bereaksi dengan arang yang sudah terbentuk akan membentuk mikropori pada permukaan arang. Oleh karena itu, maka arang aktif yang dihasilkan dari proses aktivasi arang kulit buah kelapa muda melalui proses refluks dalam larutan asam fosfat ditindak lanjuti dengan pengujian karakteristiknya berdasarkan SNI No. 6-3730-1995.

Selanjutnya, untuk mengetahui kualitas karbon aktif yang digunakan dalam pengolahan limbah cair pabrik tahu, maka arang aktif yang telah dibuat dikarakterisasi terlebih dahulu.

Karakterisasi dilakukan berdasarkan SNI No. 06-3730-1995 yang meliputi uji daya serap iod (mg/g), kadar air (%), kadar abu (%), kadar volatil (%) dan kadar karbon (%). Hasil karakterisasi karbon aktif kulit buah kelapa muda setelah diaktivasi dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4. 1 Karakteristik Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda yang Diperoleh dari Variasi Waktu Refluks

Waktu Refluks	Karakteristik				
	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Volatil (%)	Kadar Karbon (%)	Daya Serap Iod (mg/g)
60 menit	3,57 (M)	1,83 (M)	27,45 (TM)	70,70 (M)	233,64 (TM)
90 menit	3,86 (M)	2,09 (M)	16,60 (M)	81,29 (M)	248,15 (TM)
120 menit	3,62 (M)	1,82 (M)	17,13 (M)	81,04 (M)	248,77 (TM)
150 menit	4,70 (M)	1,98 (M)	16,36 (M)	81,64 (M)	248,62 (TM)
180 menit	0,74 (M)	1,19 (M)	17,64 (M)	81,15 (M)	248,46 (TM)

Keterangan :

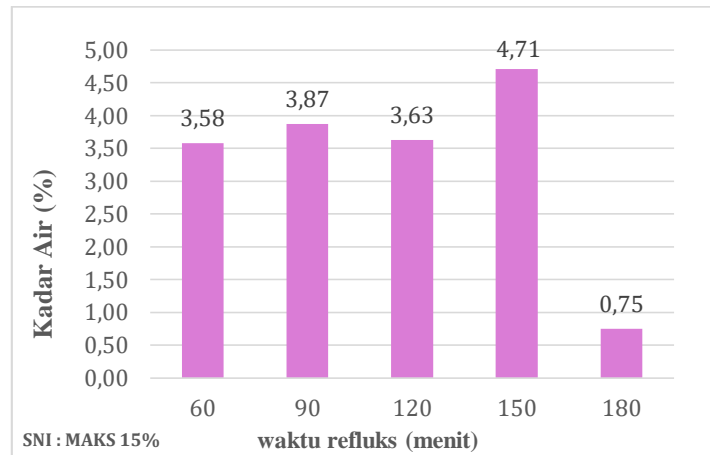
M = Memenuhi

TM = Tidak Memenuhi

4.2.1 Kadar Air

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif. Karbon aktif mempunyai sifat higroskopis sehingga mudah menyerap uap air dan udara. Kadar air dari karbon aktif diharapkan memiliki nilai yang rendah, karena kadar air yang tinggi dapat mengurangi daya serap karbon aktif

terhadap gas maupun cairan. Kadar air karbon aktif pada berbagai variasi waktu refluks dalam aktivator asam posfat (H_3PO_4) dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Kadar Air Karbon Aktif pada Variasi Waktu Refluks

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa kadar air karbon aktif kulit buah kelapa muda yang telah diaktivasi dengan larutan H_3PO_4 10% untuk berbagai macam variasi waktu refluks memenuhi syarat baku mutu karbon aktif berdasarkan SNI-06-3730-1995. Karbon aktif yang memiliki kadar air terendah yaitu pada waktu refluks 180 menit. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu (Arini, 2021) karbon aktif yang memiliki kadar air terendah pada karbon aktif dengan ukuran 80 mesh pada waktu aktivasi 10 jam. Menurut Budiman et al., (2018) mengatakan bahwa tinggi rendahnya kadar air disebabkan oleh sifat higroskopis arang, dan menurut Haji et al., (2013) kadar air karbon aktif dipengaruhi oleh jumlah uap air pada udara, penggilingan, pengayakan dan penetralan yang terkandung oleh karbon aktif.

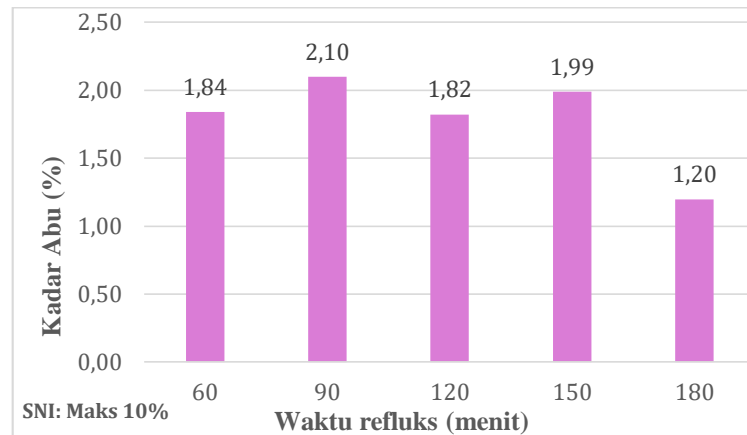
Karbon aktif dapat menyerap uap air dalam jumlah yang sangat besar, sifat yang sangat higroskopis inilah yang sering diajukan bahwa karbon aktif ini merupakan bahan yang cocok dijadikan sebagai adsorben. Aktivator H_3PO_4 bekerja

sebagai pengikat molekul air yang terkandung dalam suatu bahan baku sehingga memperbesar pori-pori karbon aktif dan memperluas permukaan penyerapan. Kadar air karbon aktif kulit buah kelapa muda yang rendah menunjukkan keberhasilan agen aktivator mengikat molekul air yang terkandung dalam bahan serta lepasnya kandungan air bebas dan air terikat yang terdapat dalam bahan baku selama proses karbonisasi (Prasetyo & Nasrudin, 2013). Kadar air yang tinggi disebabkan oleh beberapa faktor antara lain adanya air terikat baik yang berbentuk uap maupun cairan yang terperangkap dalam molekul arang yang tidak keluar pada waktu proses pemanasan.

Kadar air karbon aktif kulit buah kelapa muda yang diperoleh berkisar antara 0,7–4,7%. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 bahwa kadar air karbon aktif adalah maksimum 15%. Sehingga semua perlakuan kadar air karbon aktif kulit buah kelapa muda memenuhi standar yang ditetapkan dalam SNI. Makin rendah kadar air makin baik kualitas arang aktif, sehingga waktu refluks 180 menit merupakan waktu refluks-asam fosfat yang terbaik karena menghasilkan arang aktif dengan kadar air terendah.

4.2.2 Kadar Abu

Kadar abu merupakan sisa dari pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon dan nilai kalor. Kandungan abu dapat menyumbat pori-pori sehingga luas permukaan karbon aktif berkurang (Kusdarini et al., 2017). Kadar abu karbon aktif kulit buah kelapa muda pada berbagai variasi waktu refluks dengan aktivator H_3PO_4 dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4. 2 Kadar Abu Karbon Aktif pada Variasi Waktu Refluks

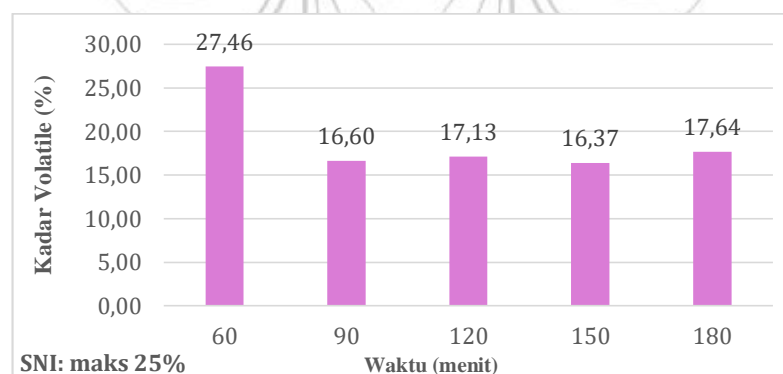
Gambar 4.2 menunjukkan bahwa kadar abu karbon aktif kulit buah kelapa muda yang telah teraktivasi H_3PO_4 untuk berbagai macam variasi waktu refluks memenuhi syarat baku mutu karbon aktif berdasarkan SNI-06-3730-1995. Gambar 4.2 menunjukkan karbon aktif yang memiliki nilai kadar abu tertinggi dihasilkan pada waktu refluks 90 menit, sedangkan yang terendah pada waktu aktivasi 180 menit. Diperoleh bahwa kadar abu karbon aktif hasil penelitian berkisar antara 1%-2%. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 bahwa kadar abu karbon aktif adalah maksimum 10%. Sehingga kadar abu karbon aktif kulit buah kelapa muda telah sesuai teori yaitu <10%.

Hal ini sesuai dengan (Setyawan et al., 2018) menyimpulkan bahwa dengan adanya aktivator seperti H_3PO_4 dapat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai kadar abu dalam melarutkan mineral-mineral anorganik yang terkandung dalam arang aktif. Kandungan abu dapat berupa kalium, magnesium dan natrium yang dapat menghalangi pori-pori karbon aktif. Keberadaan abu yang berlebih akan menyumbat pori-pori sehingga luas permukaan karbon menjadi berkurang. Tinggi rendahnya kadar air memberikan pengaruh pada kadar abu karbon aktif, semakin

tinggi kadar abu maka kandungan mineral anorganik semakin banyak yang didapatkan dari sisa pembakaran sedangkan semakin rendah kadar abu maka oksida-oksida logam dalam arang yang terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap lebih sedikit sehingga tidak ada penyumbatan yang terjadi.

4.2.3 Kadar Volatil

Kadar volatil (bagian yang hilang pada pemanasan) atau kadar zat mudah menguap merupakan hasil dekomposisi senyawa-senyawa yang terdapat di dalam arang selain air. Penetapan atau perhitungan kadar volatil bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa yang mudah menguap yang terkandung dalam karbon aktif pada suhu 950°C. Pemanasan di atas 900°C menyebabkan nitrogen dan sulfur akan menguap, dan komponen inilah yang disebut zat muda menguap. Kadar volatil karbon aktif kulit buah kelapa muda pada berbagai variasi waktu refluks dengan aktivator asam posfat (H_3PO_4) dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4. 3 Kadar Volatil Karbon Aktif pada Variasi Waktu Refluks

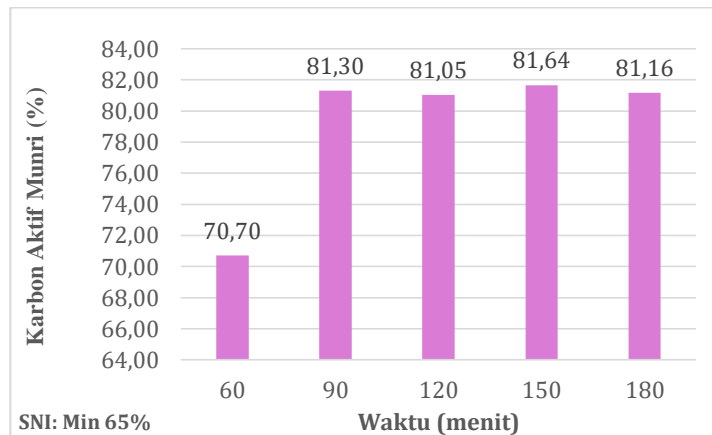
Gambar 4.3 menunjukkan bahwa kadar volatil karbon aktif kulit buah kelapa muda mengalami fluktuasi dan cenderung mengalami penurunan kadar volatil seiring bertambahnya waktu refluks. Hasil ini sesuai dengan Hasan et al., (2016) bahwa penurunan kadar zat menguap berdasarkan waktu perendaman

menunjukkan bahwa residu-residu senyawa hidrokarbon yang menempel pada permukaan karbon aktif mampu terekstraksi dengan peningkatan aktivator.

Kadar volatil karbon aktif yang dihasilkan pada berbagai variasi waktu refluks berkisar antara 16-27%. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 bahwa kadar volatil karbon aktif yaitu maksimum 25%. Kadar zat volatil terbaik diperoleh pada waktu refluks 150 menit dengan kadar volatil yang rendah. Kadar volatil terbesar diperoleh pada waktu refluks 60 menit. Perbedaan ini dikarenakan oleh perendaman dengan menggunakan H_3PO_4 10% yang mampu mengurangi senyawa non karbon yang menempel pada permukaan karbon aktif serta aktivator ini mampu masuk kedalam pori-pori karbon untuk melindungi karbon dari panas sehingga mengurangi senyawa non karbon yang mudah menguap dan terbakar pada saat aktivasi. Tinggi rendahnya kadar volatil disebabkan karena permukaan karbon masih tertutupi oleh atom H yang terikat kuat pada atom C permukaan karbon aktif dalam bentuk CO_2 , CO , CH_4 sehingga mempengaruhi daya serap.

4.2.4 Kadar Karbon Aktif Murni

Penentuan kadar karbon bertujuan untuk mengetahui kadar karbon murni yang terkandung pada arang aktif yang dihasilkan. Kadar karbon aktif murni pada berbagai variasi waktu refluks dengan aktivator asam posfat (H_3PO_4) dapat dilihat pada Gambar 4.4



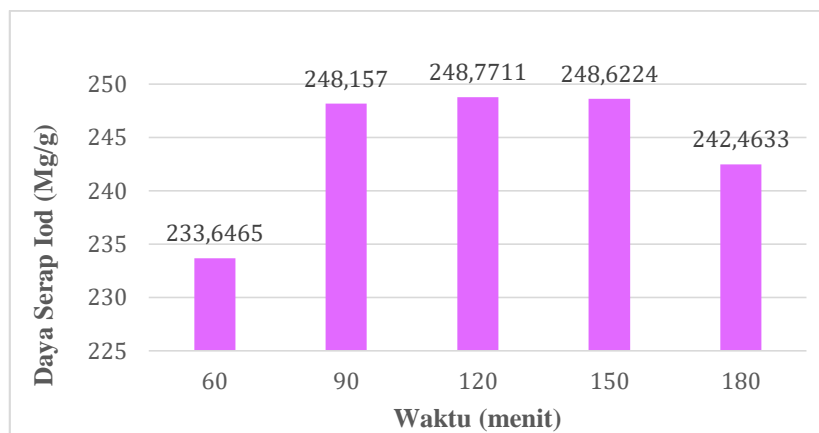
Gambar 4. 4 Kadar Karbon Aktif Murni pada Variasi Waktu Refluks

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa kadar karbon pada karbon aktif dari kulit buah kelapa muda mengalami fluktuasi dan cenderung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu refluks. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 terhadap kadar karbon, persyaratan untuk kadar karbon adalah minimal 65%. Semakin tinggi kadar karbon yang dihasilkan maka semakin baik karbon aktif tersebut. Gambar di atas menunjukkan kadar karbon tertinggi adalah pada waktu refluks 150 menit dengan kadar karbon sebesar 81,64%, sedangkan kadar karbon terendah diperoleh dari waktu refluks 60 menit dengan kadar karbon sebesar 70,70%.

Tinggi rendahnya kadar karbon aktif murni yang dihasilkan dipengaruhi oleh kandungan kadar zat terbang dan kadar abu karbon aktif. Semakin besar nilai kadar zat terbang dan kadar abu maka kadar karbon aktif murni semakin rendah, sebaliknya semakin rendah nilai zat terbang dan kadar abu karbon aktif maka nilai kadar karbon aktif murni akan semakin tinggi.

4.2.5 Daya Serap Iod

Daya serap iod merupakan salah satu parameter penting dalam karakteristik karbon aktif untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap larutan iod. Hasil analisa untuk daya serap iod pada berbagai variasi waktu refluks dengan aktivator asam posfat (H_3PO_4) dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4. 5 Daya Serap Iod Karbon Aktif pada Variasi Waktu Refluks

Daya serap terhadap iod mengindikasikan kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi komponen pengotor maupun zat warna dalam bentuk larutan. Berdasarkan Gambar 4.5 data hasil analisis terhadap kemampuan daya serap iod dengan nilai tertinggi pada waktu refluks 120 menit dengan nilai 248,77 mg/g, sedangkan kemampuan daya serap iod dengan nilai terendah yaitu pada waktu refluks 60 menit dengan nilai 233,64 mg/g. Bilangan iodin berdasarkan lama aktivasi cenderung mengalami peningkatan sesuai dengan Listyana et al.,(2019) semakin lama waktu aktivasi maka semakin banyak zat inert dipermukaan partikel karbon aktif yang terlepas sehingga pori-pori permukaan partikel karbon aktif semakin banyak menyebabkan luas permukaan semakin besar dan daya serap tinggi.

Rendahnya kemampuan daya serap iod terjadi karena dalam proses aktivasi pori-pori dari karbon aktif menghasilkan dekomposisi H_3PO_4 yang berlebih. Karbon aktif dengan kemampuan menyerap iod tinggi berarti memiliki luas permukaan yang lebih besar dan juga memiliki struktur mikro dan pori yang lebih besar. Kemampuan karbon aktif kulit buah kelapa muda dalam menyerap iod menunjukkan bahwa karbon yang dihasilkan memiliki kemampuan menyerap larutan dan gas akan tetapi nilai tersebut masih rendah dari standar yang ditetapkan yakni 750 mg/g.

4.2 Analisa Limbah Cair Pabrik Tahu

Berdasarkan data hasil karakteristik karbon yang didapatkan maka dapat ditentukan variabel uji yang dilakukan untuk penerapan karbon aktif terhadap limbah cair pabrik tahu yaitu variabel tetap karbon aktif kulit buah kelapa muda dengan waktu aktivasi refluks 120 menit. Variabel bebas dari proses pengolahan limbah adalah massa adsorben, dalam hal ini massa adsorben yang digunakan 2,5; 5; 7,5; 10 dan 12,5 gram. Perbedaan massa adsorben dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui efektivitas kerja karbon terhadap jumlah adsorben yang digunakan. Sedangkan variabel terikat ini adalah analisa kadar COD, BOD, TSS dan pH. Pengaplikasian karbon aktif kulit buah kelapa muda dilakukan dengan metode batch dengan volume limbah cair pabrik tahu 150 ml.

4.2.1 Pengaruh massa adsorben terhadap penurunan COD Limbah Cair Pabrik Tahu

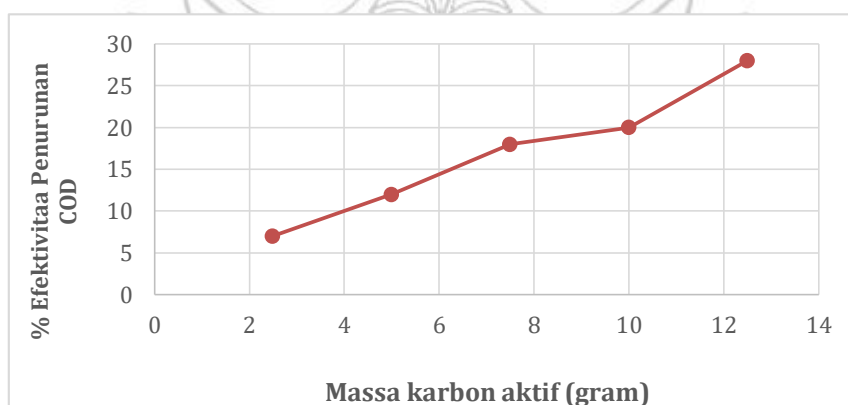
Akibat dari terjadinya adsorpsi zat-zat organik oleh arang aktif, senyawa-senyawa organik dalam limbah tahu akan berkurang sehingga banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik menjadi lebih sedikit jika

dibandingkan apabila tidak ada perlakuan pada limbah sebelum pengukuran COD. Hasil analisa untuk penurunan kadar COD dengan variasi massa arang aktif kulit buah kelapa muda disajikan pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Hasil Analisis Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar COD

Massa Karbon Aktif (gram)	Kadar COD (mg O ₂ /L)
0	20000
2,5	18600
5	17600
7,5	16400
10	16000
12,5	14400

Berdasarkan Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai COD limbah cair pabrik tahu melewati batas normal Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dengan kadar COD 300 mg/L. Setelah dilakukan pengolahan dengan karbon aktif melalui metode batch terjadi penurunan kadar COD dari limbah awalnya.



Gambar 4. 6 Efektivitas Penurunan Kadar COD Terhadap Massa Karbon Aktif

Efektivitas penurunan kadar COD yang disajikan pada gambar di atas menunjukkan bahwa karbon aktif kulit buah kelapa muda yang digunakan mampu

menurunkan kadar COD, penurunan kadar COD dari kadar COD awal yaitu 20.000 mg/L menjadi 14.400 mg/L pada massa karbon aktif 12,5 g yaitu sebesar 28%. Kemampuan karbon aktif dalam menurunkan kadar COD dalam pengolahan limbah atau efektivitas pengolahan karbon aktif dalam menurunkan kadar COD akan semakin meningkat seiring bertambahnya massa karbon aktif.

Tingginya kadar COD menunjukkan tingginya jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh bahan kimia baik organik maupun anorganik di dalam sampel air limbah. Banyaknya jumlah bahan organik dalam limbah cair maka nilai COD akan semakin meningkat dan mengindikasikan adanya pencemaran lingkungan. Besarnya perbandingan massa pada arang aktif maka semakin banyak pori-pori dari karbon aktif yang akan menyerap zat-zat organik dari limbah tahu, sehingga jumlah dari zat-zat organik dalam limbah tahu setelah pengolahan dapat berkurang. Penelitian ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Siregar et al., (2015), yang melakukan penurunan kadar COD limbah cair industri kelapa sawit menggunakan arang aktif biji kapuk, dimana terjadi penurunan nilai efisiensi adsorpsi ketika massa adsorben ditambahkan.

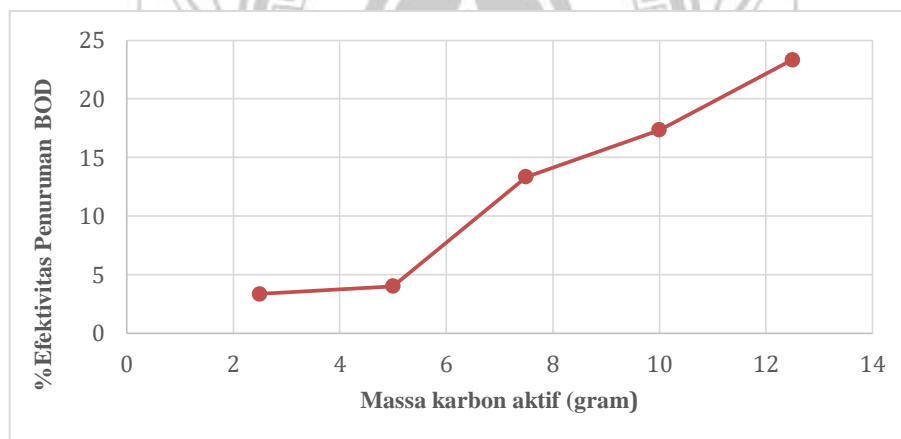
4.2.2 Pengaruh massa adsorben terhadap penurunan BOD Limbah Cair Pabrik Tahu

Pentingnya jumlah oksigen yang berada dalam air, menyebabkan perlunya disediakan ukuran kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk merombak kandungan zat organik dalam limbah. BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh organisme untuk memecah bahan buangan organik di dalam suatu perairan (Effendi, 2003). Hasil analisa untuk penurunan kadar BOD dengan variasi massa arang aktif kulit buah kelapa muda disajikan pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Hasil Analisis Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar BOD

Massa Karbon Aktif (gram)	Kadar BOD (mg/L)
0	2419
2,5	2339
5	2322
7,5	2097
10	2000
12,5	1855

Tabel 4.3 menunjukkan kadar BOD limbah cair pabrik tahu melewati batas normal Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dengan kadar BOD 150 mg/L. Setelah dilakukan pengolahan dengan karbon aktif melalui metode batch terjadi penurunan kadar BOD dari limbah awalnya.



Gambar 4. 7 Efektivitas Penurunan Kadar BOD Terhadap Massa Karbon Aktif

Gambar 4.7 menunjukkan efektivitas penurunan kadar BOD dari kadar BOD awal 2.419 mg/L menjadi 1.855 mg/L pada massa karbon aktif 12,5 gram, penurunannya sebesar 23%. Efektivitas penurunan kadar BOD mengalami peningkatan seiring bertambahnya massa karbon aktif yang digunakan. Hal ini terjadi karena semakin banyak massa karbon aktif yang digunakan maka semakin banyak pori-pori arang aktif yang terbentuk untuk menyerap zat-zat organik

sehingga akan meningkatkan kemampuan adsorpsi dari karbon aktif. Penurunan kadar BOD kemungkinan dapat terjadi karena proses adsorpsi dari karbon yang menyerap sejumlah oksigen terlarut dari protein limbah sehingga mikroorganisme pada saat proses penguraian bahan organik mengalami penurunan.

Menurut Sawyer et al., (2003) menyatakan bahwa nilai BOD suatu perairan dipengaruhi oleh jumlah bahan organik dan bahan pencemar dalam perairan tersebut. Semakin banyak jumlah bahan organik dan bahan pencemar maka nilai BOD akan semakin meningkat, sebaliknya jika bahan organik dan bahan pencemar yang terkandung dalam perairan berjumlah sedikit maka nilai BOD pun akan kecil.

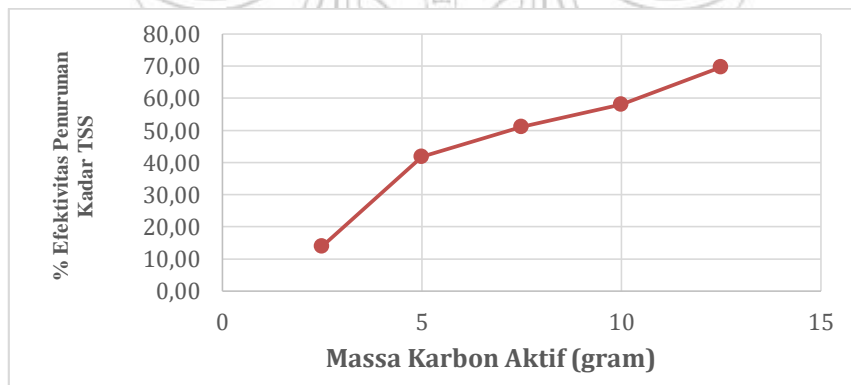
4.2.3 Pengaruh massa adsorben terhadap penurunan TSS Limbah Cair Pabrik Tahu

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel yang maksimal atau lebih besar dari ukuran koloid. Bagian yang termasuk TSS adalah bakteri, logam oksida, sulfida, dan jamur. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, maka nilai kekeruhan juga semakin tinggi. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik atau anorganik yang tersuspensi dan terlarut, maupun bahan organik atau anorganik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain. Hasil analisa untuk penurunan kadar TSS dengan variasi massa arang aktif kulit buah kelapa muda disajikan pada Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Hasil Analisis Penurunan Kadar TSS Terhadap Massa Karbon Aktif

Massa Karbon Aktif (gram)	Kadar TSS (mg/L)
0	172
2,5	148
5	100
7,5	84
10	72
12,5	52

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa kadar TSS pada limbah cair pabrik tahu berada pada batas normal Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dengan kadar TSS 200 mg/L. Setelah dilakukan pengolahan dengan karbon aktif melalui metode batch terjadi penurunan kadar TSS dari limbah awalnya. Hasil analisis % efektivitas karbon aktif terhadap penurunan kadar TSS dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 8 Efektivitas Penurunan Kadar TSS Terhadap Massa Karbon Aktif

Gambar 4.8 menunjukkan efektivitas penurunan tertinggi kadar TSS dari kadar TSS awal yaitu 172 mg/L menjadi 52 mg/L dengan efektivitas penurunan sebesar 69% pada variasi massa 12,5 gram. Seiring bertambahnya massa karbon aktif yang digunakan maka efektivitas penurunan kadar TSS pun semakin

meningkat. Penurunan kadar TSS pada Tabel 4.4 menunjukkan hasil yang cukup konsisten dengan presentasi penuruan yang tidak relatif jauh.

4.2.4 Pengaruh massa adsorben terhadap penurunan pH Limbah Cair Pabrik Tahu

Berdasarkan hasil penelitian, sampel awal dari limbah cair pabrik tahu memiliki pH 6, dan setelah dilakukan proses adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif kulit buah kelapa muda secara batch, maka tidak terjadi kenaikan pH dari limbah cair pabrik tahu yang telah diadsorpsi. Hasil analisa untuk penurunan nilai pH dari limbah cair pabrik tahu dengan variasi massa arang aktif kulit buah kelapa muda disajikan pada Tabel 4.5

Tabel 4. 5 Hasil Analisis Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa terhadap nilai pH Limbah Cair Pabrik Tahu

Massa Karbon aktif (gram)	pH limbah setelah adsorpsi
0	6
2,5	6
5	6
7,5	6
10	6
12,5	6

Berdasarkan Tabel 4.5 pH sampel awal limbah cair pabrik tahu telah memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah yaitu nilai pH berada pada 6–9. Akan tetapi karbon aktif kulit buah kelapa muda yang digunakan pada proses adsorpsi dengan metode batch tidak mengubah pH dari sampel awal limbah cair pabrik tahu. Dimana sampel awal limbah cair pabrik tahu memiliki pH 6 dan setelah limbah cair pabrik tahu diadsorpsi dengan karbon aktif kulit buah kelapa muda secara batch tidak ada penurunan nilai pH dari sampel awal. Hal tersebut

kemungkinan dapat terjadi karena tidak ada komponen larutan asam atau basah yang terdapat pada karbon aktif kulit buah kelapa muda yang digunakan dalam proses adsorpsi, karena arang aktif yang digunakan telah dinetralkan secara berulang kali dengan menggunakan aquabidest hingga pH dari karbon aktif kulit buah kelapa muda bersifat netral.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- 1) Karbon aktif kulit buah kelapa muda kualitas terbaik didapatkan dengan waktu refluks 120 menit dalam larutan-asam H_3PO_4 10% dengan kualitas kadar air 3,62%, kadar abu 1,82%, kadar volatil 17,135%, kadar karbon 81% dan daya serap iod 248,62 mg/g berdasarkan perbandingan dengan standar SNI 06-3730-1995.
- 2) Efektivitas karbon aktif kulit buah kelapa muda berbanding lurus dengan massa karbon aktif yang digunakan dibuktikan dengan semakin banyak massa karbon aktif semakin tinggi efektivitas pengolahan limbah yang dihasilkan.

5.2 Saran

- 1) Hendaknya penelitian lebih lanjut bisa menggunakan aktivator selain H_3PO_4 , baik yang bersifat asam maupun basa dalam proses aktivasi arang aktif
- 2) Aktivasi karbon aktif selain dengan proses refluks, dapat dilakukan dengan proses sonikasi.
- 3) Hendaknya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk peningkatan massa karbon aktif yang digunakan untuk pengolahan limbah > 12,5 g karena hasil yang diperoleh belum memenuhi standar baku mutu air limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

- 4) Sebaiknya air limbah tahu dilakukan pengolahan secara primer dan sekunder terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan limbah secara tersier yaitu adsorpsi menggunakan karbon aktif.
- 5) Pengaplikasian karbon aktif dapat digunakan pada limbah industri lain, seperti industri yang memiliki potensi besar dalam pencemaran lingkungan.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2009), *Undang-Undang No 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Anonim (2019), *SNI 6989.15:2019 Tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (chemical oxygen demand/COD) dengan Refluks Terbuka Secara Titrimetri*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (1995), *SNI 06-3730-1995 Arang Aktif Teknis*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2009), *SNI 6989.72:2009 Tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD)*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2004), *SNI 06-6989.3-2004 Tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) Secara Gravimetri*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2014), *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*.
- Alodokter. (2021). *Manfaat Buah Kelapa*. <https://www.alodokter.com/manfaat-buah-kelapa>
- Arini. (2021). *Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Ayam (RPA) Menggunakan Karbon Aktif Kulit Buah Mahoni (Swietenia macrophylla)*.
- Baseri, J. R., Palanisamy, P. N., & Sivakumar, P. (2012). Comparative Studies of The Adsorption of Direct Dye on Activated Carbon and Conducting Polymer Composite. *E-Journal of Chemistry*, 9(3), 1122–1134.
- Budiman, J. A. P., Yulianti, I. M., & Jati, W. N. (2018). Potensi arang aktif dari kulit buah durian (*Durio Zibethinus Murr.*) dengan aktivator NaOH sebagai penjernih air sumur. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 117–124.
- Caroline, J. (n.d.). *Penurunan COD Dengan Proses Adsorpsi Secara Batch Menggunakan Karbon Aktif pada Limbah Cair*.
- Darmawan, S., Gustan, P., & Sofyan, K. (2009). Candlenut Shell As a Lignocelullose Raw Material Is a Potential By-Product for Produce Activated Charcoal. It's Quality Are Affected by Raw Material and Activated Process is Temperature, Activation Time and Activating Agent. This paper Intends To Study th. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Hutan*, 2(2).

- Das, S. (2014). *Characterization of Activated Carbon of Coconut Shell, Rice Husk and Karanja Oil Cake*.
- Deltapuro, I. P. (2019). *Karbon aktif dan kegunaanya*. Karbon Aktif Dan Kegunaanya. <https://www.deltapuro.com/2019/09/tentang-karbon-a>
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*.
- Esterlita, M. O., & Herlina, N. (2015). Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl₂, KOH, dan H₃PO₄ dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepeh Aren (Arenga Pinnata). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 47–52.
- Fachrurozi, M., Utami, L. B., & Suryani, D. (2010). *Pengaruh Variasi Biomassa Pistia Stratiotes l. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta*. None.
- Fadli, M. A. (2011). *Penyisihan Kadar COD, BOD dan Warna pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Metode Elektrokoagulasi*. Universitas Diponegoro.
- Fardiaz, S. (1992). *Polusi Air dan Udara: Kanisius*. Bogor.
- Foo, P. Y. L., & Lee, L. Y. (2010). Preparation Of Activated Carbon from Parkia Speciosa Pod By Chemical Activation. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*, 2, 20–22.
- Gustinenda, B. Y., & Margo, K. C. (2017). *Sintesis Superabsorben Aerogel Selulosa Berbasis Sabut Kelapa*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Haji, A. G., Pari, G., Nazar, M., & Habibati, H. (2013). Characterization of Activated Carbon Produced from Urban Organic Waste. *International Journal of Science and Engineering*, 5(2), 89–94.
- Hasan, R., Tedja, T., Riani, E., & Sugiarti, S. (2016). Pengaruh Aktivasi Fisika dan Kimia Arang Aktif Buah Bintaro Terhadap Daya Serap Logam Berat Krom. *Biopropal Industri*, 7(1), 35–45.
- Husni, H., & Cut, M. R. (2008). *Preparasi dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batang Pisang Menggunakan gas nitrogen*. Laporan Penelitian Tidak Diterbitkan. Banda Aceh: Universitas Syiah kuala
- Ibnusantoso, G. (2001). Prospek dan Potensi Kelapa Rakyat dalam Meningkatkan Ekonomi Petani Indonesia. *Dirjen Industri Agrodan Hasil Hutan, Departemen Perindag*. Disampaikan pada Pekan Perkelapaan Rakyat, 5.

- Itodo, A. U., Abdulrahman, F. W., Hassan, L. G., Maigandi, S. A., & Itodo, H. U. (2010). Application of Methylene Blue and Iodine Adsorption in The Measurement of Specific Surface Area by Four Acid and Salt Treated Activated Carbons. *New York Science Journal*, 3(5), 25–33.
- Kristianto, H. (2017). Sintesis Karbon Aktif dengan Menggunakan Aktivasi Kimia ZnCl₂. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(3).
- Ksourceep. (n.d.). *No Title*. Carbon Molecular Sieve.
- Kusdarini, E., Budianto, A., & Ghafarunnisa, D. (2017). Produksi Karbon Aktif dari Batubara Bituminus dengan Aktivasi tunggal H₃PO₄, Kombinasi H₃PO₄-NH₄HCO₃, dan Termal. *Reaktor*, 17(2), 74–80.
- Lay, A., & Pasang, P. M. (2012). Strategi dan Implementasi Pengembangan Produk Kelapa Masa Depan. *Prospektif. Prospektif*, 11(1), 1–22.
- Listyana, I. M., Eni Budiyati, S. T., & Eng, M. (2019). *Pengaruh waktu aktivasi dan diameter partikel pada karbon aktif dari pelepah aren (Arenga pinnata) dengan aktivator H₃PO₄*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Luka, Y., Highina, B. K., & Zubairu, A. (2018). The Promising Precursors for Development of Activated Carbon: Agricultural Waste Materials-A review. *Journal Impact Factor*, 3, 46.
- Luntungan, H. T. (2008). Pelestarian Sumber Daya Genetik Kelapa Sebagai Komoditas Unggulan dalam Pengembangan Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 1(4), 243–258.
- Maguie, K. A., Nsami, N. J., Daouda, K., Randy, C. N., Mbadcam, K. J., Maguie, K., Nsami, N., Daouda, K., Randy, C., & Mbadcam, K. (2017). Adsorption Study of the Removal of Copper (II) Ions Using Activated Carbon Based *Canarium Schweinfurthii* Shells Impregnated With ZnCl₂. *IRA International Journal of Applied Science*, 8, 18.
- Marliani, N. (2015). Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga (Sampah Anorganik) Sebagai Bentuk Implementasi Dari Pendidikan Lingkungan Hidup. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 4(2).
- Metcalf, L., Eddy, H. P., & Tchobanoglous, G. (1991). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse* (Vol. 4). McGraw-Hill New York.
- Miranti, S. T. (2012). Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan Activating Agent H₃PO₄ dan KOH.

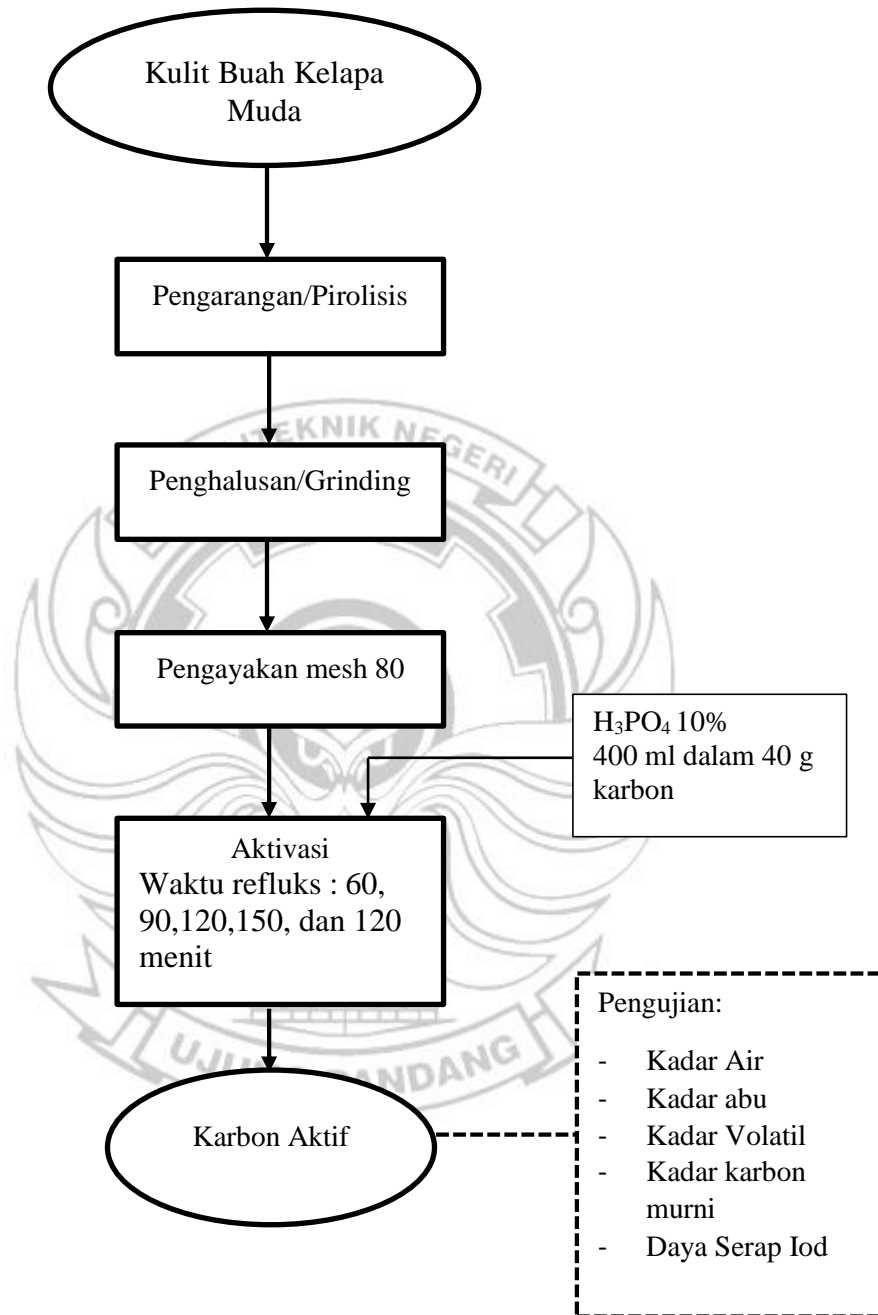
Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.

- Mody Lempang, W. S., & Pari, G. (n.d.). *Struktur dan Komponen Arang Serta Arang Aktif Tempurung Kemiri.*
- Mohan, M., Khanam, S., & Shivananda, B. G. (2013). Optimization of Microwave Assisted Extraction of Andrographolide from *Andrographis Paniculata* and its Comparison with Cefluxation Etraction Method. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(1).
- Novarianto, H. (2008). Perakitan Kelapa Unggul Melalui Teknik Molekuler dan Implikasinya Terhadap Peremajaan Kelapa di Indonesia. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 1(4), 259–273.
- Othmer, K. (1978). *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 2. *Wiley: New York.*
- Pambayun, G. S., Yulianto, R. Y. E., Rachimoellah, M., & Putri, E. M. M. (2013). Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 Sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol Dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), F116–F120.
- Pierson, H. O. (2012). *Handbook of Carbon, Graphite, Diamonds and Fullerenes: Processing, Properties and Applications.* William Andrew.
- Pranoto, M. (2005). Penggunaan Biofilter Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (mart) solm) untuk Menurunkan Kadar COD Limbah Cair dari Pabrik Tahu. *Skripsi. Semarang: UNNES.*
- Prasetyo, Y., & Nasrudin, H. (2013). Penentuan Konsentrasi $ZnCl_2$ pada Proses Pembuatan Karbon Aktif Tongkol Jagung Dan Penurunan Konsentrasi Surfaktan Linier Alkyl Benzene Sulphonate (LAS). *UNESA Journal of Chemistry*, 2(3), 231–235.
- Ramdja, A. F., Halim, M., & Handi, J. (2008). Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa (*Cocus nucifera*). *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2).
- Rampe, M. J., & Tiwow, V. A. (2018). Fabrication and characterization of activated carbon from charcoal coconut shell minahasa, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1028(1), 12033.
- Rindengan, B., Lay, A., Novarianto, H., Kembuan, H., & Mahmud, Z. (1995). Karakterisasi Daging Buah Kelapa Hibrida Untuk Bahan Baku Industri Makanan. *Laporan Hasil Penelitian. Kerjasama Proyek Pembinaan*

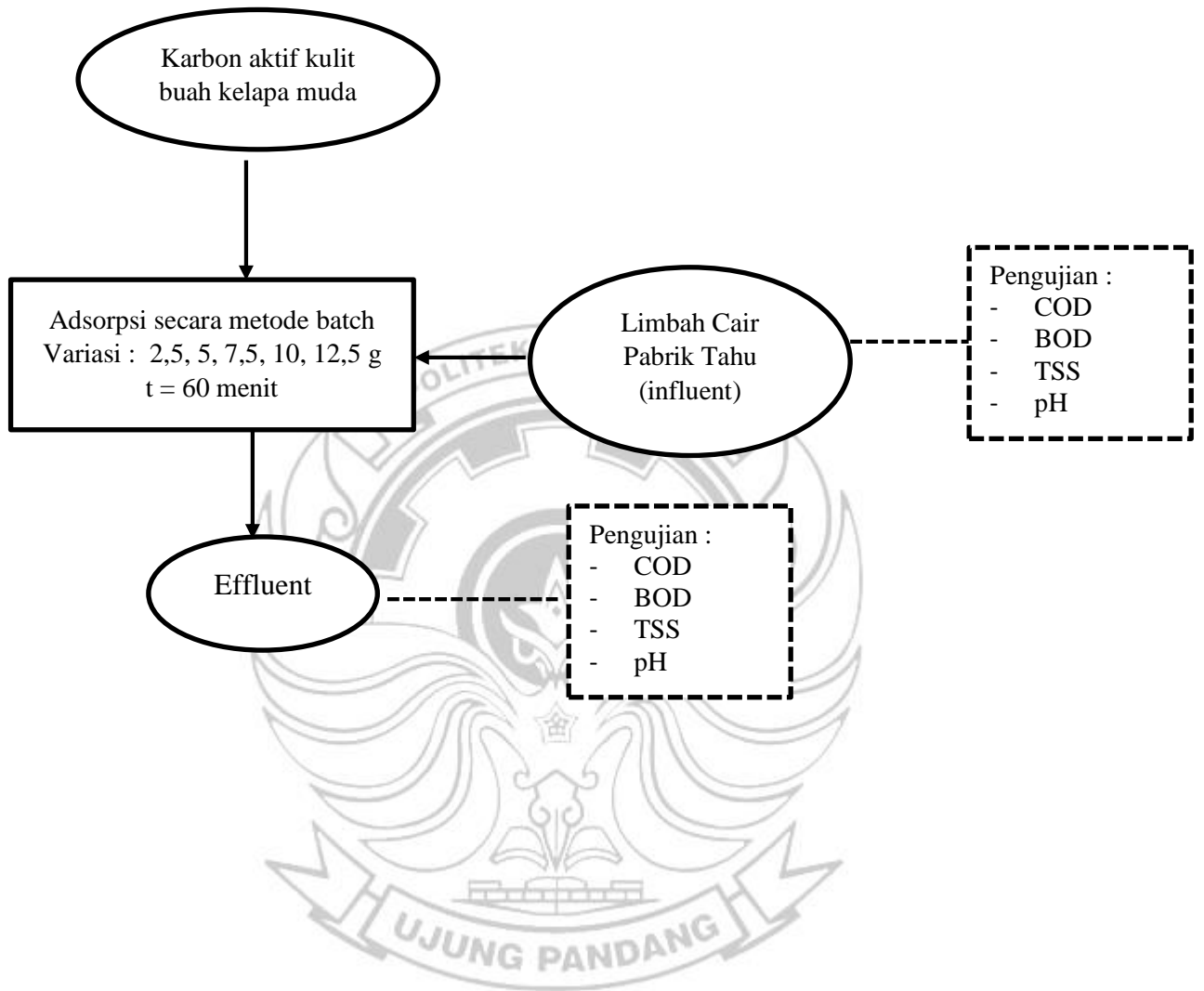
Kelembagaan Penelitian Pertanian Nasional, Badan Litbang, 49.

- Salamah, S. (2008). Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Buah Mahoni dengan Perlakuan Perendaman dalam Larutan KOH. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*.
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. (2003). *Chemistry for environmental engineering and science*. McGraw-Hill.
- Semiring, M. T., & Sinaga, T. S. (2003). Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). *Universitas Sumatera Utara, Medan*.
- Setyawan, M. N., Wardani, S., & Kusumastuti, E. (2018). Arang kulit kacang tanah teraktivasi H₃PO₄ sebagai adsorben ion logam Cu (II) dan diimobilisasi dalam bata beton. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 262–269.
- Siregar, R. D., Zaharah, T. A., & Wahyuni, N. (2015). Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Menggunakan Arang Aktif Biji Kapuk (Ceiba Petandra). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4(2).
- Sudradjat, R. (2011). *Arang Aktif: Teknologi Pengolahan dan Masa Depan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Suryani, I., & Dahlan, M. H. (2012). Pembuatan briket arang dari campuran buah bintaro dan tempurung kelapa menggunakan perekat amilum. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1).
- Swara, D. E. (2015). *Pemanfaatam Limbah Mahkota Nenas Sebagai Karbon Aktif dengan Menggunakan Aktivator HCl*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Swastha, J. T. (2010). *Kemampuan arang aktif dari kulit singkong dan dari tongkol jagung dalam penurunan kadar COD dan BOD limbah pabrik tahu*. Universitas Negeri Semarang.
- Wa, W. (2004). Dampak Pencemaran Lingkungan. *Yogyakarta: Andi*, 24–25.
- Yorgun, S., & Yıldız, D. (2015). Preparation and Characterization of Activated Carbons from Paulownia Wood by Chemical Activation with H₃PO₄. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 53, 122–131.
- Yulianti, A., Taslimah, T., & Sriatun, S. (2009). Pembuatan Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit untuk Pemucatan Minyak Goreng Sisa Pakai. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 13(2), 36–40.

Lampiran I Diagram Alir Pembuatan Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda



Lampiran II Diagram Alir Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu Menggunakan Metode Batch



Lampiran III Dokumentasi

1. Pembuatan Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda



Kulit buah kelapa muda



Pirolisis



Karbon Kulit Buah Kelapa Muda



Pengayakan



Penetralan



Karbon Aktif Murni

2. Karakteristik Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda



Penimbangan



Kadar Air



Kadar Abu



Desikator



Kadar Zat Terbang

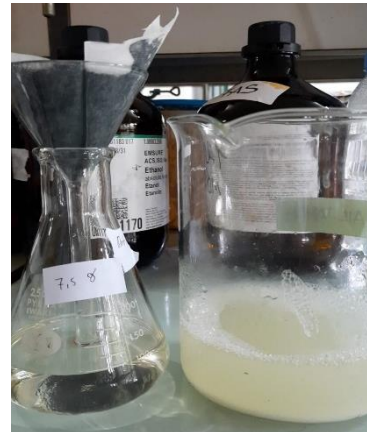


Iodin

3. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu



Metode Batch



Proses penyaringan

- Analisa Kadar COD



Refluks COD



Setelah Refluks



Titration COD



Hasil Titration COD

- Analisa Kadar BOD



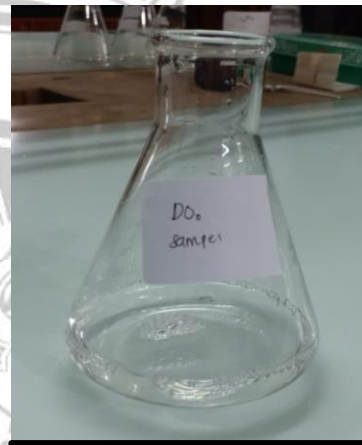
Penambahan Alkali BOD 0



Penambahan H₂SO₄ Pekat



Penambahan Indikator Amilum



Hasil Titration BOD 0



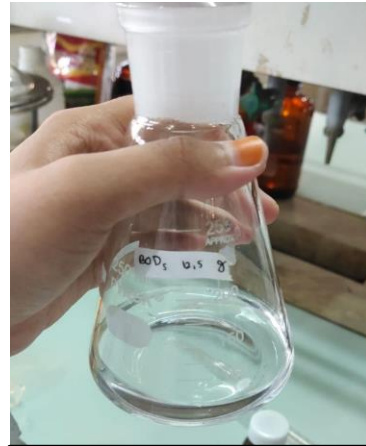
Penambahan Alkali BOD 5



Penambahan H₂SO₄ Pekat



Penambahan Indikator Amilum



Hasil Titrasi BOD 5

- Analisa Kadar TSS



TSS



TSS

- Analisa pH



pH Universal



pH Meter

Lampiran IV Perhitungan Pembuatan Larutan

1. Pembuatan Larutan Aktivasi (H_3PO_4 10%)

$$N_{H_3PO_4} \times V_{H_3PO_4} = N_{Larutan} \times V_{Larutan}$$

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$85\% \cdot V_1 = 10\% \cdot 1000 \text{ ml}$$

$$V_{H_3PO_4} = \frac{10\% \times 1000 \text{ ml}}{85\%}$$

$$V = 117,64 \text{ ml}$$

2. Pembuatan Larutan Iodium 0,1 N

$$N = \frac{gr \times n}{Mr \times V}$$

$$gr = \frac{N \times Mr \times V}{n}$$

$$gr = \frac{0,1 \frac{eq}{l} \times 253,81 \text{ g/mol} \times 1L}{2 \text{ mol}}$$

$$gr = 12,69 \text{ gram}$$

3. Pembuatan Larutan Natrium Thiosulfar 0,1N

$$N = \frac{gr \times n}{Mr \times V}$$

$$gr = \frac{N \times Mr \times V}{Valensi}$$

$$gr = \frac{0,1 \frac{eq}{l} \times 248,21 \frac{g}{mol} \times 1L}{1 \text{ eq/mol}}$$

$$gr = 24,82 \text{ gram}$$

4. Pembuatan Larutan HCl 1N

$$N = \frac{10 \times \% \times \rho}{BM} \times Valensi$$

$$N = \frac{10 \times 37\% \times 1,19 \text{ g/L}}{36,5 \text{ g/mol}} \times 1 \text{ eq/L}$$

$$N = 12,06 \text{ mol} \cdot \frac{eq}{L} = 12,06 \text{ N}$$

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

$$V_1 \times 12,06 \text{ N} = 1000 \times 1 \text{ N}$$

$$V_1 = \frac{1000 \text{ ml} \times 1 \text{ N}}{12,06 \text{ N}}$$

$$V_1 = \frac{1000 \text{ ml}}{12,06 \text{ N}}$$

$$V_1 = 82,91 \text{ ml}$$



Lampiran V Perhitungan Karakteristik Karbon Aktif

1. Kadar Iod (mg/g)

a. Standarisasi Tiosulfat

$$N_1 \times V_2 = N_2 \times V_1$$

$$N \text{ Tiosulfat} = \frac{0,09 \text{ N} \times 28 \text{ ml}}{25 \text{ ml}}$$

$$N \text{ Tiosulfat} = 0,1 \text{ N}$$

Keterangan :

N_1 = Konsentrasi standar tiosulfat (N)

V_1 = volume $K_2Cr_2O_7$

N_2 = Konsentrasi tiosulfat

V_2 = Volume tiosulfat titrasi (ml)

b. Penentuan Daya Serap Iod

Data analisis sampel karbon 80 mesh setelah aktivasi 60 menit

• Simplo

$$\text{Iod (mg/gr)} = \frac{(\text{Vol. blanko} - \text{Vol. hasil titrasi}) \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{Be Iod} \times Fp}{\text{berat sampel}} \times 100$$

$$\text{Iod (mg/gr)} = \frac{(12 \text{ ml} - 8,6 \text{ ml}) \times 0,0997 \text{ N} \times 126,9 \text{ mg/ml} \times 2,5}{0,5012 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$\text{Iod (mg/gr)} = \frac{107,5414}{0,5012} \times 100\%$$

$$\text{Iod (mg/gr)} = 214,5678 \text{ mg/gr}$$

• Duplo

$$\text{Iod (mg/gr)} = \frac{(\text{Vol. blanko} - \text{Vol. hasil titrasi}) \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{Be Iod} \times Fp}{\text{berat sampel}} \times 100$$

$$\text{Iod (mg/gr)} = \frac{(12 \text{ ml} - 8,3 \text{ ml}) \times 0,0997 \text{ N} \times 126,9 \text{ mg/ml} \times 2,5}{0,5008 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$\text{Iod (mg/gr)} = \frac{233,6868}{0,5008} \times 100\%$$

$$\text{Iod (mg/gr)} = 233,6868 \text{ mg/gr}$$

- Triplo

$$\text{Iod (mg/gr)} = \frac{(\text{Vol. blanko} - \text{Vol. hasil titrasi}) \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{Be Iod} \times F_p}{\text{berat sampel}} \times 100$$

$$\text{Iod (mg/gr)} = \frac{(12 \text{ ml} - 8) \text{ ml} \times 0,0997 \text{ N} \times 126,9 \text{ mg/ml} \times 2,5}{0,5007 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$\text{Iod (mg/gr)} = \frac{107,5414}{0,5012} \times 100\%$$

$$\text{Iod (mg/gr)} = 252,6848 \text{ mg/gr}$$

- Rata-rata

$$\text{Rata - rata \% Daya Serap Iod} = \frac{\text{simplo} + \text{duplo} + \text{triplo}}{3}$$

$$\text{Rata - rata \% Daya Serap Iod} = \frac{214,5678 + 233,6868 + 252,6848}{3}$$

$$\text{Rata - rata \% Daya Serap Iod} = 233,6465$$

2. Kadar Air

Data analisis sampel karbon 80 mesh setelah aktivasi 60 menit

- Simplo

$$\text{Kadar air} = \frac{(\text{bobot cawan} + \text{sampel}) - (\text{bobot cawan} + \text{sampel konstan})}{(\text{bobot cawan} + \text{sampel}) - \text{bobot cawan kosong}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air} = \frac{32,2765 \text{ gram} - 32,2301 \text{ gram}}{32,2765 \text{ gram} - 31,2760 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{kadar air} = \frac{0,0464 \text{ gram}}{1,0005 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air} = 4,6377 \%$$

- Duplo

$$\text{kadar air} = \frac{(\text{bobot cawan} + \text{sampel}) - (\text{bobot cawan} + \text{sampel konstan})}{(\text{bobot cawan} + \text{sampel}) - \text{bobot cawan kosong}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air} = \frac{35,9812 \text{ gram} - 35,9667 \text{ gram}}{35,9812 \text{ gram} - 34,9808 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air} = \frac{0,0145 \text{ gram}}{1,0004 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air} = 1,4494 \%$$

- Triplo

$$\text{kadar air} = \frac{(\text{bobot cawan} + \text{sampel}) - (\text{bobot cawan} + \text{sampel konstan})}{(\text{bobot cawan} + \text{sampel}) - \text{bobot cawan kosong}} \times 100\%$$

$$\text{kadar air} = \frac{35,9586 \text{ gram} - 35,9122 \text{ gram}}{35,9586 \text{ gram} - 34,9586 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{kadar air} = \frac{0,0464}{1 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air} = 4,6400 \%$$

- Rata-rata

$$\text{Rata - rata \% Kadar Air} = \frac{\text{simplo} + \text{duplo} + \text{triplo}}{3}$$

$$\text{Rata - rata \% Kadar Air} = \frac{4,6377 + 1,4494 + 4,6400}{3}$$

$$\text{Rata - rata \% Kadar Air} = 3,5757$$

3. Kadar Abu

Data analisis sampel karbon 80 mesh setelah aktivasi 60 menit

- Simplo

$$\text{Kadar abu} = \frac{(\text{berat cawan} + \text{sampel set. pemijaran}) - (\text{berat cawan kosong})}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu} = \frac{21,6272 \text{ gram} - 21,5902 \text{ gram}}{2,0067 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu} = \frac{0,0372 \text{ gram}}{2,0067 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu} = 1,843 \%$$

- Duplo

$$\text{Kadar abu} = \frac{(\text{berat cawan} + \text{sampel set. pemijaran}) - (\text{berat cawan kosong})}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\text{kadar abu} = \frac{22,5954 \text{ gram} - 22,5583 \text{ gram}}{2,0009 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{kadar abu} = \frac{0,0371 \text{ gram}}{2,0009 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu} = 1,8541\%$$

- Triplo

$$\text{Kadar abu} = \frac{(\text{berat cawan} + \text{sampel set. pemijaran}) - (\text{berat cawan kosong})}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu} = \frac{21,8555 \text{ gram} - 21,8190 \text{ gram}}{2,004 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu} = \frac{0,0365 \text{ gram}}{2,004 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu} = 1,8213\%$$

- Rata-rata

$$\text{Rata - rata \% Kadar Abu} = \frac{\text{simplo} + \text{duplo} + \text{triplo}}{3}$$

$$\text{Rata - rata \% Kadar Abu} = \frac{1,8438 + 1,8541 + 1,8213}{3}$$

$$\text{Rata - rata \% Kadar Abu} = 1,8397$$

4. Kadar Zat Terbang

Data analisis sampel karbon 80 mesh setelah aktivasi 120 menit

- Simplo

$$\text{Kadar zat terbang} = \frac{\text{bobot sampel} - \text{bobot sampel set. pemijaran}}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar zat terbang} = \frac{1,0000 \text{ gram} - 0,8219 \text{ gram}}{1,0000 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar zat terbang} = \frac{0,1781 \text{ gram}}{1,0000 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar zat terbang} = 17,8100 \%$$

- Duplo

$$\text{Kadar zat terbang} = \frac{\text{bobot sampel} - \text{bobot sampel set. pemijaran}}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar zat terbang} = \frac{1,0001 \text{ gram} - 0,8311 \text{ gram}}{1,0001} \times 100\%$$

$$\text{Kadar zat terbang} = \frac{0,169 \text{ gram}}{1,0001 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar zat terbang} = 16,8983 \%$$

- Triplo

$$\text{Kadar zat terbang} = \frac{\text{bobot sampel} - \text{bobot sampel set. pemijaran}}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar zat terbang} = \frac{1,0000 \text{ gram} - 0,8331 \text{ gram}}{1,0000 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar zat terbang} = \frac{0,1669 \text{ gram}}{1,0000 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar zat terbang} = 16,6900 \%$$

- Rata-rata

$$\text{Rata - rata \% KadarZat Terbang} = \frac{\text{simplo} + \text{duplo} + \text{triplo}}{3}$$

$$\text{Rata - rata \% Kadar Zat Terbang} = \frac{17,8100 + 16,8983 + 16,6900}{3}$$

$$\text{Rata - rata \%kadar Zat Terbang} = 17,1328$$

5. Kadar Karbon Aktif Murni

$$\text{Karbon Aktif Murni} = 100\% - (\% \text{ kadar abu} + \% \text{ kadar zat terbang}) +$$

$$\text{Karbon aktif murni} = 100\% - (1,8397\% + 27,4555\%)$$

$$\text{Karbon aktif murni} = 70,70472$$

Karakteristik karbon aktif kulit buah kelapa muda dapat dilihat pada tabel berikut berdasarkan data yang telah didapatkan dan perhitungan menggunakan rumus dan persamaan yang sama dengan karakteristiknya.

Tabel L. 1 Karakteristik Karbon Aktif Kulit Buah Kelapa Muda

Parameter	Waktu Variasi (Jam)	Hasil pengujian		
		Simplo	Duplo	Triplo
Karbon Aktif Daya Serap Iod (mg/g)	60	214,5678	233,6868	252,6848
	90	252,6848	246,1219	246,3185
	120	246,6633	252,9374	246,7126
	150	252,8363	246,5154	246,5154
	180	240,3867	246,7126	240,2906
Kadar Air (%)	60	4,6376812	1,4494202	4,6400000
	90	3,4868618	3,8100000	4,3100000
	120	3,4700000	3,7196280	3,6900000
	150	4,9970018	4,7956839	4,3287014
	180	0,5597761	0,4097541	1,2792325
Kadar Abu (%)	60	1,8438232	1,8541656	1,8213573
	90	2,3174508	2,2836298	2,1537078
	120	1,8593492	1,8394482	1,7642943
	150	1,7494752	2,3689340	1,8491679
	180	1,8697195	2,0695861	1,5195441
Kadar Volatil (%)	60	26,66667	27,92000	27,78000
	90	16,45519	17,24000	16,11000
	120	17,81000	16,89831	16,69000
	150	16,02039	16,48516	16,59502
	180	16,273491	18,059165	18,598841
Kadar Karbon (%)	60	70,70472	-	-
	90	81,2994	-	-
	120	81,04617	-	-
	150	81,6440	-	-

Lampiran VI Perhitungan Parameter Limbah Cair Pabrik Tahu

1. Kadar COD (mg O₂/L)

Data pada sampel awal

$$\begin{aligned} \text{COD (1)} &= \frac{(Vb - Vc) \times N \times FAS \times 8000}{V_s} \\ &= \frac{(10 - 5) \times 0,25 \times N \times 8000}{10 \text{ mL}} \\ &= 1000 \text{ mg O}_2/\text{l} \\ &= 1000 \times fp \\ &= 1000 \times 20 \\ &= 20000 \text{ mg O}_2/\text{l} \end{aligned}$$

2. Kadar BOD

a. Menghitung Oksigen terlarut (DO)

$$\begin{aligned} \text{DO 0 (Blanko)} &= \frac{V \times N \times 8000 \times F}{\text{Volume sampel yang dititrasi}} \\ &= \frac{3 \text{ ml} \times 0,01 \frac{\text{meq}}{\text{ml}} \times 8000 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} \text{ ml/l} \times 1,008}{50 \text{ ml}} \\ &= 4,8384 \text{ mg/l} \\ \text{DO 5 (Blanko)} &= \frac{V \times N \times 8000 \times F}{\text{Volume sampel yang dititrasi}} \\ &= \frac{2,5 \text{ ml} \times 0,01 \frac{\text{meq}}{\text{ml}} \times 8000 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} \text{ ml/l} \times 1,008}{50 \text{ ml}} \\ &= 4,032 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DO 0 (awal)} &= \frac{V \times N \times 8000 \times F}{\text{Volume sampel yang dititrasi}} \\ &= \frac{2,95 \text{ ml} \times 0,01 \frac{\text{meq}}{\text{ml}} \times 8000 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} \text{ ml/l} \times 1,008}{50 \text{ ml}} \end{aligned}$$

$$= 4,75776 \text{ mg/l}$$

$$\begin{aligned} \text{DO}_5 \text{ (awal)} &= \frac{V \times N \times 8000 \times F}{\text{Volume sampel yang dititrasi}} \\ &= \frac{0,95 \text{ ml} \times 0,01 \frac{\text{meq}}{\text{ml}} \times 8000 \frac{\text{mg}}{\text{meq}} \text{ ml/l} \times 1,008}{50 \text{ ml}} \\ &= 1,532 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

b. Menghitung BOD₅

$$\begin{aligned} \text{BOD}_5 &= \frac{(A1 - A2) - \left(\frac{B1 - B2}{Vb}\right) Vc}{P} \\ &= \frac{(4,747 - 1,532) \frac{\text{mg}}{\text{l}} - \left(\frac{(4,838 - 4,032) \text{ mg/l}}{5 \text{ ml}}\right) 5 \text{ ml}}{0,001} \\ &= \frac{3,2256 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 0,1612 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{0,001} \\ &= 2419 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

3. Kadar TSS (mg/L)

Data pada sampel awal

$$\begin{aligned} \text{TSS} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) &= \frac{(W1 - W0) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(1100,3 - 1096,000) \text{ mg} \times 1000}{25 \text{ ml}} \\ &= 172 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kadar BOD, COD, dan TSS dari limbah cair pabrik tahu digunakan untuk menentukan % efektivitas pengolahan limbah cair pabrik tahu, dapat dilihat pada Tabel 2 lampiran VI perhitungan % Efektivitas penurunan BOD, COD, dan TSS.

Lampiran VII Perhitungan % Efektivitas

Parameter Uji	Variasi Arang Aktif	Hasil Pengujian
COD (mg O ₂ /L)	Awal	20000
	2,5	18600
	5	17600
	7,5	16400
	10	16000
	12,5	14400
BOD 5 (mg/L)	Awal	2419
	2,5	2339
	5	2322
	7,5	2097
	10	2000
	12,5	1855
TSS (mg/L)	Awal	172
	2,5	148
	5	100
	7,5	84
	10	72
	12,5	52
pH	Awal	6
	2,5	6
	5	6
	7,5	6
	10	6
	12,5	6

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas penurunan COD} &= \frac{(\text{Kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awa;}} \times 100\% \\ &= \frac{(20000 - 14400)}{2000} \times 100\% \\ &= 28\%\end{aligned}$$

Untuk perhitungan % Efektivitas penurunan BOD dan TSS limbah cair pabrik tahu dapat menggunakan rumus perhitungan yang sama.



