

**ANALISIS PERBANDINGAN EFEKTIVITAS KARBON AKTIF  
CANGKANG BUNGA PINUS DENGAN KARBON AKTIF BATOK**

**KELAPA DALAM MEREDUKSI TIMBAL**

**SKRIPSI**

**TEKNIK PENGAIRAN**

**KONSENTRASI KONSERVASI SUBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**AULIA DINNIAR PUTRI**

**NIM. 155060407111004**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**2019**



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Mayjend. Haryono no. 167, Malang, 65145, Indonesia  
Telp. : +62-341-587710, 587711; Fax : +62-341-551430  
<http://teknik.ub.ac.id> E-mail : [teknik@ub.ac.id](mailto:teknik@ub.ac.id)

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya, di dalam Naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK/Strata-1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

(Peraturan Menteri Pendidikan Nasional RI No. 17 Tahun 2010, Pasal 12 dan Pasal 13)

Malang,  
Mahasiswa,

Materai Rp. 6.000,-

Nama : Aulia Dinniar Putri  
NIM : 155060407111004  
Jurusan: TEKNIK PENGAIRAN





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Mayjend. Haryono no. 167, Malang, 65145, Indonesia

Telp. : +62-341-587710, 587711; Fax : +62-341-551430

<http://teknik.ub.ac.id>

E-mail : [teknik@ub.ac.id](mailto:teknik@ub.ac.id)

## UNDANG – UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 20 TAHUN 2003 SISTEM PENDIDIKAN NASIONAL

### Pasal 25 Ayat 3 :

Lulusan Perguruan Tinggi Yang Karya Ilmiahnya Digunakan Untuk Memperoleh Gelar Akademik, Profesi, Atau Vokasi Terbukti Merupakan Jiplakan Dicabut Gelarnya.

### Pasal 70 :

Lulusan Yang Karya Ilmiah Yang Digunakan Untuk Mendapatkan Gelar Akademik, Profesi, Atau Vokasi Sebagaimana Dimaksud Dalam Pasal 25 Ayat (2) Terbukti Merupakan Jiplakan Dipidana Penjara Paling Lama Dua Tahun Dan/Atau Pidana Denda Paling Banyak Rp. 200.000.000,00 ( Dua Ratus Juta Rupiah ).





I'm thanking myself  
and wishing myself good life ahead.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Serta sholawat dan salam penyusun tujukan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan syafaatnya. Tujuan dari pembuatan Skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan yang harus ditempuh mahasiswa Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, dan juga sebagai wadah untuk mengaplikasikan ilmu yang telah didapat di bangku perkuliahan.

Untuk itu, dengan kesungguhan serta rasa rendah hati, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orangtua, kakak, dan seluruh keluarga yang selalu memberikan doa serta dukungan penuh.
2. Emma Yuliani, ST., MT., Ph.D., dan Dr. Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT., selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan banyak masukan, kritik, saran, serta pandangan mengenai pembahasan skripsi ini.
3. Ir. Moh. Sholichin, MT., Ph.D., dan Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D., selaku dosen penguji yang berkenan menguji serta memberikan saran dan masukan dalam skripsi ini.
4. Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Dr. Ery Suhartanto, ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Dr. Very Dermawan, ST., MT., selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
7. Staf administrasi Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Teman-teman Teknik Pengairan 2015, yang telah membantu dan memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
9. Keluarga Besar Mahasiswa Pengairan, yang telah memberikan bantuan dan dukungan terhadap penyusun.
10. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan ini yang mungkin penyusun luput sebutkan.

Laporan yang penyusun buat ini mungkin masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penyusun berharap para pembaca untuk memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk dapat penyusun jadikan evaluasi. Selamat membaca.

Malang, Oktober 2019

Penyusun



**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Tujuan .....	4
1.6 Manfaat .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Karbon Aktif .....	7
2.1.1 Jenis Karbon Aktif .....	8
2.1.2 Sifat Karbon Aktif .....	9
2.2 Proses Pembuatan Karbon Aktif .....	10
2.2.1 Karbonisasi .....	10
2.2.2 Aktivasi .....	11
2.2.2.1 Poses Pengaktifan Kimiawi .....	11
2.2.2.2 Poses Pengaktifan Fisik atau Pemanasan .....	12
2.3 Pengujian Mutu Karbon Aktif .....	12
2.3.1 Rendemen .....	13
2.3.2 Kadar Air .....	13
2.3.3 Kadar Abu .....	14
2.4 Filtrasi .....	14
2.5 Adsorpsi .....	14
2.5.1 Jenis Adsorpsi .....	15
2.5.2 Proses Adsorpsi .....	15



2.5.3	Faktor Yang Mempengaruhi Adsorpsi.....	16
2.5.4	Efektivitas Adsorpsi.....	16
2.6	Cangkang Bunga Pinus.....	17
2.7	Tempurung Kelapa.....	18
2.8	Ijuk.....	18
2.9	Standar Kualitas Air.....	19
2.10	Limbah Cair Industri.....	20
2.11	Timbal.....	20
2.12	Spektrofotometri.....	22
2.13	<i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX)</i> .....	22
2.14	Perbedaan Studi Ini dengan Studi Terdahulu.....	25
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>		<b>27</b>
3.1	Lokasi Penelitian.....	27
3.2	Variabel Penelitian.....	27
3.3	Alat dan Bahan.....	28
3.3.1	Alat.....	28
3.3.2	Bahan.....	29
3.4	Prosedur Penelitian.....	29
3.4.1	Pengambilan Sampel.....	29
3.4.2	Persiapan Sampel Cangkang Bunga Pinus.....	29
3.4.3	Proses Karbonisasi Cangkang Bunga Pinus.....	29
3.4.4	Aktivasi Karbon Cangkang Bunga Pinus.....	29
3.4.5	Uji Kualitas Karbon.....	30
3.4.5.1	Menghitung Rendemen.....	30
3.4.5.2	Menghitung Kadar Air.....	30
3.4.5.3	Menghitung Kadar Abu Total.....	31
3.4.6	Pembuatan Alat Filter.....	31
3.4.7	Pembuatan Limbah Timbal Buatan.....	32
3.4.8	Proses Filtrasi.....	33
3.4.9	Uji Spektrofotometri.....	33
3.4.10	Penentuan Efektivitas.....	34
3.4.11	Uji Menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX)</i> .....	34
3.5	Diagram Alir Studi.....	34



3.6	Garis Waktu Pengerjaan Skripsi.....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>39</b>
4.1	Pembuatan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus .....	39
4.1.1	Pengambilan Material.....	39
4.1.2	Persiapan Material .....	39
4.1.3	Karbonisasi Cangkang Bunga Pinus .....	40
4.1.4	Aktivasi Karbon Cangkang Bunga Pinus .....	41
4.2	Analisis Mutu Karbon Aktif.....	42
4.2.1	Menghitung Rendemen .....	42
4.2.2	Menghitung Kadar Air .....	42
4.2.3	Menghitung Kadar Abu Total.....	44
4.2.4	Rekapitulasi Mutu Karbon Aktif.....	45
4.3	Pembuatan dan Kondisi Awal Sampel Air Limbah .....	46
4.4	Pembuatan Alat Filter.....	46
4.5	Analisis Hasil Proses Filtrasi.....	48
4.5.1	Perbandingan Karbon Aktif Variasi Konsentrasi KOH pada Penurunan Kadar Timbal.....	49
4.5.1.1	Perbandingan Lama waktu Aktivasi dalam Konsentrasi KOH 30% .....	49
4.5.1.2	Perbandingan Lama Waktu Aktivasi dalam Konsentrasi 50% .....	50
4.5.1.3	Perbandingan Konsentrasi 30% dengan Konsentrasi 50%.....	51
4.5.2	Perbandingan dengan Karbon Tanpa Aktivasi .....	51
4.5.3	Perbandingan dengan Karbon Aktif Batok Kelapa .....	53
4.5.4	Kesimpulan dan Hasil Pembahasan.....	55
4.6	Efektivitas.....	56
4.6.1	Perbandingan Karbon Aktif Variasi Konsentrasi KOH pada Nilai Efektivitas.....	57
4.6.1.1	Perbandingan Lama waktu Aktivasi dalam Konsentrasi KOH 30% .....	57
4.6.1.2	Perbandingan Lama waktu Aktivasi dalam Konsentrasi 50% ....	58
4.6.1.3	Perbandingan Konsentrasi 30% dengan Konsentrasi 50%.....	58
4.6.2	Perbandingan dengan Karbon Tanpa Aktivasi.....	58
4.6.3	Perbandingan dengan Karbon Aktif Batok Kelapa .....	60
4.6.4	Kesimpulan dan Hasil Pembahasan.....	62

4.7	Uji SEM-EDX.....	62
4.7.1	Hasil Uji SEM-EDX.....	63
4.7.1.1	Uji SEM-EDX Variasi Material 3 (Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 .....	63
4.7.1.2	Uji SEM-EDX Variasi Material 6 (Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 .....	64
4.7.1.3	Uji SEM-EDX Karbon Aktif Batok Kelapa.....	66
4.7.1.4	Uji SEM-EDX Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi .....	68
4.7.2	Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX.....	69
4.7.2.1	Perbandingan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit dengan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 Menit .....	69
4.7.2.2	Perbandingan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit dengan Karbon Aktif Batok Kelapa .....	71
4.7.2.3	Perbandingan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit dengan Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi .....	72
4.7.2.4	Perbandingan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 Menit dengan Karbon Aktif Batok Kelapa .....	73
4.7.2.5	Perbandingan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 Menit dengan Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi..	74
4.7.2.6	Perbandingan Karbon Aktif Batok Kelapa dengan Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi.....	76
4.7.3	Rekapitulasi Hasil Uji SEM-EDX.....	77
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>79</b>
5.1	Kesimpulan .....	79
5.2	Saran.....	80

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Persyaratan Arang Aktif Menurut SNI 06-3730-1995 tentang Arang Aktif Teknis .....	12
Tabel 2.2.	Perbedaan Studi Ini dengan Studi Terdahulu .....	25
Tabel 3.1.	Garis Waktu Penyelesaian Skripsi.....	38
Tabel 4.1.	Kadar Air .....	42
Tabel 4.2.	Kadar Abu.....	44
Tabel 4.3.	Rekapitulasi Mutu Karbon Aktif .....	45
Tabel 4.4.	Hasil Uji Laboratorium Kandungan Awal Sampel.....	46
Tabel 4.5.	Hasil Pengujian Laboratorium Kadar Timbal pada Limbah Sintetis.....	48
Tabel 4.6.	Rekapitulasi Kesesuaian Kadar Timbal dengan Baku Mutu Air pada Sampel Limbah setelah Filtrasi .....	55
Tabel 4.7.	Efektivitas Penurunan Kadar Pb pada Sampel Limbah Sintetis.....	56
Tabel 4.8.	Rekapitulasi Efektivitas Adsorpsi Timbal .....	62
Tabel 4.9.	Hasil Analisis SEM-EDX Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit .....	64
Tabel 4.10.	Hasil Analisis SEM-EDX Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 Menit .....	66
Tabel 4.11.	Hasil Analisis SEM-EDX Karbon Aktif Batok Kelapa.....	67
Tabel 4.12.	Hasil Analisis SEM-EDX Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi.....	69
Tabel 4.13.	Tabel Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX Kandungan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit dengan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 Menit.....	70
Tabel 4.14.	Tabel Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX Kandungan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit dengan Karbon Aktif Batok Kelapa .....	71
Tabel 4.15.	Tabel Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX Kandungan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit dengan Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi.....	72

Tabel 4.16. Tabel Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX Kandungan Karbon Aktif Cangkang

Bunga Pinus 50% 120 Menit dengan Karbon Aktif Batok Kelapa..... 74

Tabel 4.17. Tabel Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX Kandungan Karbon Aktif Cangkang

Bunga Pinus 50% 120 Menit dengan Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi ..... 75

Tabel 4.18. Tabel Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX Kandungan Karbon Aktif Batok

Kelapa dengan Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi ..... 76

Tabel 4.19. Rekapitulasi Kandungan Unsur Variasi Material..... 77



DAFTAR GAMBAR

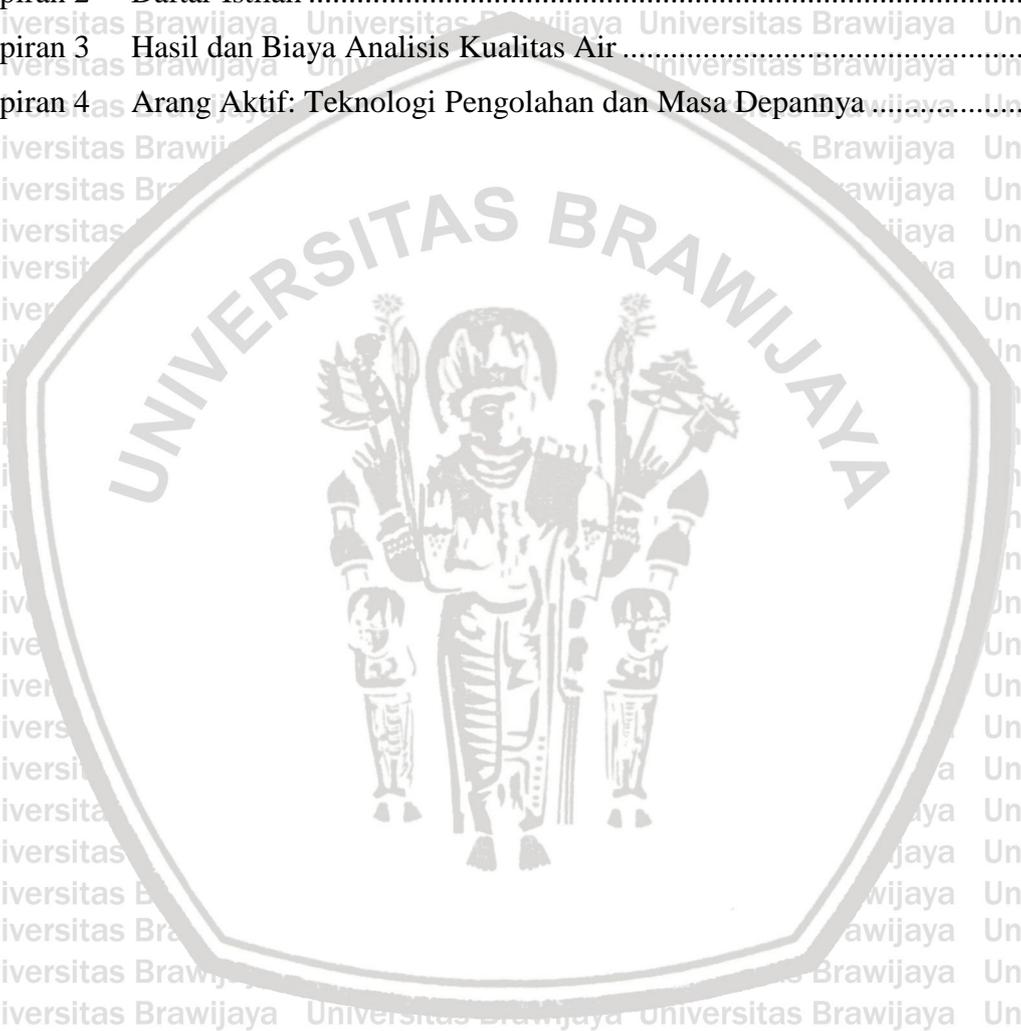
No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Ilustrasi skema struktur karbon aktif.....	7
Gambar 2.2.	<i>Powdered acitvated carbon</i> .....	8
Gambar 2.3.	<i>Granular activated carbon</i> .....	9
Gambar 2.4.	<i>Extruded activated carbon</i> .....	9
Gambar 2.5.	Skema pembuatan karbon aktif secara umum.....	10
Gambar 2.6.	Cangkang bunga pinus.....	18
Gambar 2.7.	Prinsip kerja <i>Scanning Elektron Microscopy</i> (SEM).....	23
Gambar 2.8.	Contoh hasil SEM dari permukaan batu zaitun.....	24
Gambar 2.9.	Contoh hasil uji EDX.....	24
Gambar 3.1	Alat yang digunakan untuk menghitung rendemen.....	30
Gambar 3.1	Alat yang digunakan untuk menghitung kadar air.....	31
Gambar 3.2	Alat yang digunakan untuk menghitung kadar abu.....	31
Gambar 3.4	Konsep desain untuk alat filter karbon.....	32
Gambar 3.5	Diagram alir pengerjaan skripsi.....	35
Gambar 3.6	Diagram alir pembuatan arang aktif cangkang bunga pinus.....	36
Gambar 3.7	Diagram alir pengujian alat filter.....	37
Gambar 4.1	Material cangkang bunga pinus.....	39
Gambar 4.2	Penjemuran material cangkang bunga pinus.....	39
Gambar 4.3	Proses memasukkan cangkang bunga pinus ke dalam alat <i>slow pyrolysis</i> ... ..	40
Gambar 4.4	Proses karbonisasi.....	40
Gambar 4.5	Perendaman karbon dengan larutan KOH.....	41
Gambar 4.6	Pencucian karbon aktif untuk mencapai pH normal.....	41
Gambar 4.7	Diagram batang kadar air variasi material.....	43
Gambar 4.8	Diagram batang kadar abu variasi material.....	45
Gambar 4.9	Semua variasi material.....	47
Gambar 4.10	Diagram batang kadar timbal pada limbah sintetis.....	49
Gambar 4.11	Diagram batang efisiensi variasi material dalam mereduksi timbal dalam limbah sintetis.....	57



Gambar 4.12 Hasil analisis SEM-EDX karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit dengan perbesaran 1000 kali .....	63
Gambar 4.13 Hasil analisis SEM-EDX karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit dengan perbesaran 2500 kali .....	63
Gambar 4.14 Hasil analisis SEM-EDX karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit dengan perbesaran 1000 Kali .....	65
Gambar 4.15 Hasil analisis SEM-EDX karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit dengan perbesaran 2500 kali .....	65
Gambar 4.16 Hasil analisis SEM-EDX karbon aktif batok kelapa dengan perbesaran 1000 kali .....	66
Gambar 4.17 Hasil analisis SEM-EDX karbon aktif batok kelapa dengan perbesaran 2500 Kali .....	67
Gambar 4.18 Hasil analisis SEM-EDX karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi dengan perbesaran 1000 kali .....	68
Gambar 4.19 Hasil analisis SEM-EDX karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi dengan perbesaran 2500 kali .....	68
Gambar 4.20 Hasil uji SEM-EDX perbesaran 2500x (a) karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit (b) karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit ....	69
Gambar 4.21 Hasil uji SEM-EDX perbesaran 2500x (a) karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit (b) karbon aktif batok kelapa .....	71
Gambar 4.22 Hasil uji SEM-EDX perbesaran 2500x (a) karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit (b) karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi .....	72
Gambar 4.23 Hasil uji SEM-EDX perbesaran 2500x (a) karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit (b) karbon aktif batok kelapa .....	73
Gambar 4.24 Hasil uji SEM-EDX perbesaran 2500x (a) karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 Menit (b) karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi.....	74
Gambar 4.25 Hasil uji SEM-EDX perbesaran 2500x (a) karbon aktif batok kelapa (b) karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi .....	76

**DAFTAR LAMPIRAN**

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Perhitungan Pembuatan Limbah Timbal Buatan dengan Konsentrasi 0,75 ppm .....	83
Lampiran 2	Daftar Istilah .....	87
Lampiran 3	Hasil dan Biaya Analisis Kualitas Air .....	91
Lampiran 4	Arang Aktif: Teknologi Pengolahan dan Masa Depan nya .....	97





(halaman ini sengaja dikosongkan)



## RINGKASAN

**Aulia Dinniar Putri**, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Oktober 2019, *Analisis Perbandingan Efektivitas Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus dengan Karbon Aktif Batok Kelapa dalam Mereduksi Timbal*, Dosen Pembimbing: Emma Yuliani dan Riyanto Haribowo.

Pembuangan limbah cair seharusnya melalui proses pengolahan terlebih dahulu agar tidak mencemari sungai. Akan tetapi, saat ini banyak sungai yang kondisinya sudah tercemar, menunjukkan bahwa belum dilakukan proses pengolahan yang tepat dan sesuai dalam pembuangan limbah cair ke dalam sungai. Oleh karena itu, diperlukan upaya-upaya yang tepat dalam pengolahan limbah cair. Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam mengolah limbah cair adalah dengan melakukan proses filtrasi. Salah satu bahan yang sering digunakan dalam proses filtrasi adalah arang aktif, karena arang aktif memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat mengadsorpsi warna, bau, rasa, maupun logam yang terkandung dalam limbah dengan baik.

Oleh karena itu, dalam studi kali ini dilakukan penelitian tentang mutu dan efektivitas karbon aktif yang berasal dari cangkang bunga pinus dalam mereduksi timbal melalui proses filtrasi. Cangkang bunga pinus digunakan karena cangkang bunga pinus merupakan bahan alam yang ketersediaannya melimpah namun masih belum dimanfaatkan dengan optimal. Cangkang bunga pinus dikarbonisasi kemudian diaktivasi menggunakan larutan KOH dengan variasi konsentrasi 30% dan 50% serta variasi lama waktu aktivasi 60, 90, dan 120 menit. Kemudian akan dibandingkan mutu dan efektivitasnya dengan efektivitas karbon aktif batok kelapa yang umum ada di pasaran. Juga akan dilakukan uji SEM-EDX untuk melihat kondisi fisik serta kandungan kimiawi dari material-material tersebut.

Hasil yang didapatkan adalah semua variasi material yang digunakan sudah memenuhi baku mutu pada SNI 06-3730-1995 dengan nilai rendemen sebesar 78,886%, kadar air terendah adalah karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit sebesar 0,599% serta kadar abu terendah adalah karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit sebesar 6,175%. Hasil dari proses filtrasi menggunakan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi, karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit, 50% 60 menit, 50% 90 menit, serta 50% 120 menit sudah memenuhi baku mutu air yang ada untuk semua kelas. Serta dari hasil uji SEM-EDX didapatkan bahwa secara kasat mata luas permukaan untuk karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit lebih besar dibandingkan dengan variasi lainnya.

**Kata kunci:** karbon aktif, cangkang bunga pinus, batok kelapa, kalium hidroksida, timbal.



## SUMMARY

**Aulia Dinniar Putri**, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, October 2019, Comparative Analysis of Pine Cone Activated Carbon Effectiveness with Coconut Shell Activated Carbon in Reducing Lead, Academic Supervisor: Emma Yuliani and Riyanto Haribowo.

*Wastewater disposal ideally should be pre-processed to avoid contaminating the river. However, there are already many heavily polluted rivers nowadays, indicating that has not been proper action in disposing the wastewater into the stream yet. Therefore, proper efforts are needed in wastewater treatment. One of the ways is doing the filtration process before disposing the wastewater into the river.*

*One of the most frequently used materials in the filtration process is activated carbon, because this material has a large surface area that can adsorb colors, odors, tastes, and metals contained in waste water properly. Therefore, in this study we conducted a research on the quality and effectiveness of activated carbon derived from pine cones in reducing lead through filtration process. Pine cones were used because this material are still not optimally utilized although their availability is abundant. The pine cones were carbonized then activated using KOH solution with variations in the concentration of 30% and 50% as well as variations in the time of activation of 60, 90, and 120 minutes. Then, its quality effectiveness would be compared with the effectiveness of coconut shell activated carbon which is already common in the market. SEM-EDX tests will also be conducted to see the physical condition and chemical content of these materials.*

*The results obtained are that all material variations used already meet the quality standards in SNI 06-3730-1995 with a rendemen rate of 17,5%, lowest moisture content is pine cone activated carbon 30% 120 minutes by 0,599%, and lowest ash content is pine cone activated carbon 30% 60 minutes by 6,175%. The results of the filtration process using unactivated pine cone carbon, pine cone activated carbon 30% 120 minutes, 50% 60 minutes, 50% 90 minutes, and 50% 120 minutes are already meet the water quality standard for all classes. And the result of SEM-EDX test is that in plain view, pine cone activated carbon 50% 120 minutes has the largest surface area than other variations.*

**Keywords:** *activated carbon, pine cone, coconut shell, potassium hydroxide, lead.*



(halaman ini sengaja dikosongkan)



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sungai merupakan salah satu sumber daya alam yang telah digunakan oleh manusia sejak berabad-abad lalu untuk berbagai kegiatan, seperti sumber air untuk kegiatan sehari-hari, sumber air untuk pertanian, hingga sarana transportasi. Akan tetapi, dengan berkembangnya zaman, fungsi serta pendayagunaan sungai juga semakin meluas. Salah satu fungsi sungai yang merupakan bagian dari perkembangan zaman adalah sebagai tempat pembuangan limbah cair, baik limbah cair domestik (limbah rumah tangga) maupun limbah cair nondomestik (seperti limbah industri, pertanian, medis, dan lain sebagainya). Namun, fungsi ini bisa berdampak negatif pada kondisi sungai apabila dalam proses pembuangan limbah cair tidak dilakukan proses pengolahan terlebih dahulu, yang menyebabkan tercemarnya sungai dan menurunkan kualitas air di sungai tersebut.

Untuk mencegah terjadinya pencemaran lebih lanjut, maka Pemerintah Indonesia membuat peraturan yang mengatur tentang pengendalian pencemaran air yaitu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Metode yang dapat digunakan dalam proses pengolahan limbah, terutama limbah nondomestik yang akan dibahas dalam pembahasan kali ini, yaitu dengan cara memfiltrasi limbah menggunakan suatu alat filter sederhana. Alat filter ini berisi bahan-bahan yang mampu menyaring zat-zat yang terkandung dalam air limbah.

Salah satu bahan yang sering digunakan dalam alat filter adalah karbon aktif. Fungsi dari karbon aktif dalam alat filter adalah untuk mengadsorpsi, baik warna, bau, gas, maupun logam yang terkandung di dalam air. Oleh karena itu, karbon aktif dapat dikatakan sebagai salah satu media yang optimal dalam mengendalikan pencemaran air. Selain itu, karbon aktif juga dapat digunakan untuk berbagai hal lainnya seperti industri obat-obatan, makanan, minuman, dan lain-lain.

Pinus merupakan salah satu jenis pohon yang cukup banyak tumbuh di Indonesia. Salah satu jenisnya adalah *Pinus merkusii* yang merupakan varietas asli Indonesia. Bagian dari pohon pinus salah satunya adalah cangkang bunga pinus. Walaupun keberadaan cangkang bunga pinus melimpah di alam namun pendayagunaannya masih kurang luas dan optimal.

Akan tetapi, beberapa tahun terakhir peneliti mulai mencoba memanfaatkan cangkang bunga pinus, salah satunya adalah menjadikan cangkang bunga pinus ini menjadi karbon. Karbon cangkang bunga pinus ini diharapkan dapat menjadi alternatif yang murah dan mudah didapatkan selain karbon yang sudah dikenal sebelumnya, terutama batu bara yang suatu saat akan habis.

Penelitian ini merujuk pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu sebagai berikut:

1. Erlina, Umiatin, Budi, U. (2015). Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa untuk adsorpsi Logam Cu.
2. Manullang, S. A., Bali, S., Itnawita. (2013). Potensi Arang Aktif Cangkang Bunga Pinus sebagai Adsorben Ion Kadmium (II) dan Timbal (II) dengan Aktivator  $H_2SO_4$  dalam Larutan.
3. Rohmah, P. M., & Redjeki, A. S. (2014). Pengaruh Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Sekam Padi dengan Aktivator KOH.
4. Rosalina, Tedja, T., Riani, E., & Sugiarti, S. (2016) Pengaruh Aktivasi Fisika dan Kimia Arang Aktif Buah Bintaro terhadap Daya Serap Logam Berat Krom.
5. Shofa (2012). Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran air di sungai merupakan salah satu isu yang terus-menerus dicari jalan keluarnya oleh pemerintah, karena Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak sungai sehingga kehidupan masyarakatnya banyak tergantung pada sungai yang ada. Akan tetapi, pencemaran yang terjadi menyebabkan kebanyakan sungai di Indonesia memiliki kondisi fisik yang buruk, seperti warnanya yang keruh, baunya yang tidak sedap, banyaknya sampah, dan lain sebagainya. Selain itu juga masih ada industri-industri yang tidak menjaga lingkungan dengan membuang limbah industri yang mengandung bahan kimia ataupun logam berat yang mungkin saja berbahaya bagi kehidupan ke dalam sungai.

Salah satu logam berat yang sering digunakan dalam bidang industri, seperti industri pipa tahan korosi, cat, baterai, dan kabel adalah timbal. Timbal banyak digunakan di berbagai bidang industri karena pengaplikasiannya cukup luas dan bervariasi. Akan tetapi walaupun kegunaannya yang cukup banyak, timbal merupakan zat yang bersifat toksik atau beracun. Jika timbal terkonsumsi oleh manusia, akan menyebabkan turunnya kecepatan

konduksi syaraf, menurunnya kemampuan belajar, postur tubuh tidak berkembang dengan baik pada anak-anak, pendengaran menurun, kecerdasan menurun, tekanan darah tinggi, sistem reproduksi terganggu, dan merusak ginjal. Dengan tingkat bahaya timbal yang cukup tinggi tersebut, maka diperlukan upaya yang tepat untuk mengelola limbah logam berat timbal agar konsentrasinya di lingkungan menurun.

Pengelolaan air limbah yang dapat dilakukan adalah dengan proses filtrasi, flokulasi, penghilangan warna (*decoloring*), dan adsorpsi. Filtrasi merupakan salah satu cara terbaik yang dapat dilakukan karena dapat mencakup beberapa proses lainnya seperti penghilangan warna dan adsorpsi, karena selain menyaring bahan-bahan besar yang terbawa oleh air, juga dapat menghilangkan warna dan menyerap zat-zat yang terkandung dalam air.

Salah satu bahan yang dapat digunakan dalam proses filtrasi adalah karbon aktif. Bahan karbon aktif yang biasa digunakan adalah batu bara, akan tetapi, batu bara merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui sehingga suatu saat akan habis. Oleh karena itu, dewasa ini banyak dikembangkan karbon aktif yang berasal dari bahan-bahan alami. Bahan-bahan alami tersebut mula-mula harus dikarbonisasi terlebih dahulu untuk menghasilkan karbonnya, kemudian baru dilakukan proses aktivasi yang dapat dilakukan secara fisik maupun secara kimiawi. Pada penelitian kali ini, akan dilakukan proses aktivasi secara kimiawi menggunakan aktivator KOH. Senyawa KOH dipilih karena merupakan salah satu bahan pengaktivasi yang paling umum digunakan dalam industri karbon aktif (Marsh & Reinoso, 2006, p.323). Salah satu contoh bahan alami yang biasa dijadikan karbon aktif adalah batok kelapa, dimana karbon batok kelapa ini sudah banyak digunakan dalam berbagai bidang dan diperjualbelikan secara luas. Ketika diaktivasi, karbon batok kelapa bisa menjadi adsorben dan bisa menjadi salah satu media dalam alat filter yang secara efektif dapat menyerap dengan baik.

Bahan alami lainnya adalah cangkang bunga pinus, dikarenakan cangkang bunga pinus ketersediaannya di alam masih cukup banyak sedangkan pemanfaatannya masih minim. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini akan diteliti potensi dari karbon aktif cangkang bunga pinus dalam mereduksi konsentrasi logam berat timbal yang terdapat pada limbah cair dibandingkan dengan karbon aktif batok kelapa dalam mereduksi konsentrasi timbal pada limbah cair, dimana untuk material cangkang bunga pinus dikarbonisasi kemudian diaktivasi secara kimiawi menggunakan aktivator KOH dan karbon aktif batok kelapa didapatkan dari pasaran. Hasil proses filtrasi dari kedua jenis karbon aktif tersebut akan dianalisis menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX) yang merupakan salah satu jenis uji yang tidak merusak bahan atau sampel yang diuji.

### 1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mutu karbon aktif cangkang bunga pinus dengan menggunakan aktivator KOH dengan variabel lama waktu aktivasi dan konsentrasi KOH dibandingkan dengan karbon aktif batok kelapa?
2. Bagaimana efektivitas karbon aktif cangkang bunga pinus dengan menggunakan aktivator KOH dengan variabel lama waktu aktivasi dan konsentrasi KOH dibandingkan karbon aktif batok kelapa dalam mereduksi timbal?
3. Bagaimana hasil analisis karbon aktif cangkang bunga pinus dan karbon aktif batok kelapa dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX)?

### 1.4 Batasan Masalah

1. Adsorben 1 menggunakan karbon aktif cangkang bunga pinus yang berasal dari Bumi Perkemahan Bedengan Kabupaten Malang.
2. Adsorben 2 menggunakan karbon aktif batok kelapa yang beredar di pasaran, didapatkan dari Panadia Laboratory, Malang.
3. Aktivator menggunakan KOH.
4. Adsorbat menggunakan timbal.
5. Pengujian mutu karbon aktif menggunakan pedoman SNI 06-3730-1995.
6. Hasil uji dianalisis secara fisik dan kimia dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX).

### 1.5 Tujuan

1. Untuk mengetahui mutu karbon aktif cangkang bunga pinus dengan menggunakan aktivator KOH dengan variabel lama waktu aktivasi dan konsentrasi KOH dibandingkan dengan karbon aktif batok kelapa.
2. Untuk mengetahui efektivitas karbon aktif cangkang bunga pinus dengan menggunakan aktivator KOH dengan variabel lama waktu aktivasi dan konsentrasi KOH dibandingkan karbon aktif batok kelapa dalam mereduksi timbal.
3. Untuk mengetahui hasil analisis karbon aktif cangkang bunga pinus dan karbon aktif batok kelapa dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX).

### 1.6 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan terperoleh dari pengerjaan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memanfaatkan cangkang bunga pinus secara lebih luas.
2. Untuk mengetahui potensi karbon aktif yang terbuat dari bahan alami.
3. Untuk mengembangkan karbon aktif diluar dari karbon aktif yang umum digunakan.
4. Untuk mengetahui potensi karbon aktif cangkang bunga pinus dalam mereduksi logam berat timbal yang terkandung pada air limbah.



(halaman ini sengaja dikosongkan)

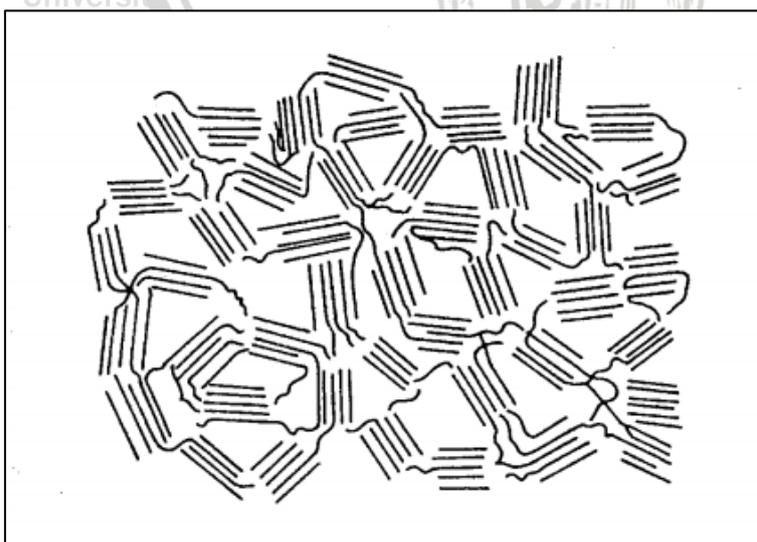


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karbon Aktif

Karbon aktif atau juga sering disebut dengan arang aktif merupakan suatu bahan yang biasa digunakan dalam pemurnian air maupun udara karena memiliki sifat porositas yang sangat tinggi. Material berpori ini mengandung karbon sebesar 87-97% dan sisanya berupa oksigen, hidrogen, dan material-material lainnya. Karbon didapatkan dari hasil karbonisasi (pembakaran dengan suhu tinggi). Setelah itu, dilakukan proses selanjutnya yakni proses aktivasi untuk mengubah karbon menjadi karbon aktif yang memiliki luas permukaan yang lebih besar dan daya serap yang lebih baik daripada karbon biasa. Pada umumnya, karbon aktif memiliki luas permukaan yang berkisar antara 300-3000 m<sup>2</sup>/g, tergantung pada struktur porinya. Struktur pori ini akan berbeda-beda, tergantung pada metode aktivasi yang dilakukan.

Struktur dasar karbon aktif berupa struktur kristalin yang sangat kecil (mikrokristalin). Karbon aktif memiliki bentuk amorf yang tersusun atas lapisan bidang datar dimana atom-atom karbon tersebut tersusun dan terikat secara kovalen dalam tatanan atom-atom heksagonal. Gambar 2.1 menunjukkan skema struktur karbon aktif. Setiap garis pada Gambar 2.1 menunjukkan lapisan atom-atom karbon yang terbentuk heksagonal dan adanya mikrokristalin dengan struktur grafit pada karbon aktif (Sudibandriyo, 2003, p. 26).



Gambar 2.1. Ilustrasi skema struktur karbon aktif  
Sumber: Sudibandriyo (2003, p.26)

### 2.1.1 Jenis Karbon Aktif

Berdasarkan pengaplikasiannya, karbon aktif dibagi menjadi 2 jenis, yaitu sebagai berikut:

#### 1. Karbon aktif untuk fasa cair

Pada umumnya, kondisi butiran yang digunakan untuk fasa cair adalah serbuk (halus) dengan diameter pori mencapai  $1000 \text{ \AA}$ . Biasanya, digunakan bahan yang memiliki berat jenis rendah dalam pembuatannya, seperti kayu dan batubara lignit. Karbon ini digunakan untuk pemurnian zat cair dari bau dan rasa juga untuk menyerap gas amonia dan logam berat yang terkandung dalam air, sehingga karbon aktif jenis ini sangat efektif digunakan dalam pengolahan air.

#### 2. Karbon aktif untuk fasa uap/gas

Kondisi butiran pada karbon aktif untuk fasa uap biasanya adalah granular dengan diameter pori berkisar antara  $10\text{-}200 \text{ \AA}$ . Berbeda dengan karbon aktif untuk fasa cair, untuk fasa uap lebih dibutuhkan karbon aktif yang berat jenis bahan dasarnya besar, seperti tempurung kelapa, batubara, dan residu minyak bumi. Seperti namanya, karbon aktif jenis ini digunakan untuk pengadsorpsian gas dan uap.

Berdasarkan bentuknya, karbon aktif dibagi menjadi 3 jenis, yaitu *Powdered Acitvated Carbon* (PAC), *Granular Activated Carbon* (GAC), dan *Extruded Activated Carbon* (EAC) yang akan dijelaskan sebagai berikut:

1. *Powdered Activated Carbon* (PAC) adalah jenis karbon aktif yang berbentuk serbuk dengan ukuran butiran kurang dari  $0,18 \text{ mm}$ . Seperti yang telah dijelaskan di atas, pada umumnya karbon aktif jenis ini digunakan untuk fasa cair.



Gambar 2.2 *Powdered acitvated carbon*

Sumber: Khuluk (2016, p.10)

2. *Granular Activated Carbon* (GAC) merupakan karbon aktif yang memiliki diameter butiran berkisar antara 0,2-5 mm sehingga bentuk butirannya disebut granular. Karbon aktif yang berbentuk granul dapat digunakan baik untuk fasa cair maupun fasa uap.



Gambar 2.3 *Granular activated carbon*  
Sumber: Khuluk (2016, p.10)

3. *Extruded Activated Carbon* (EAC) adalah karbon aktif yang berbentuk pelet atau seperti pakan ikan, dimana karbon aktif jenis ini berasal dari *Powdered Activated Carbon* (PAC) yang dipadatkan. Memiliki ukuran butiran berisat antara 0,8-5 mm. Karbon aktif jenis ini digunakan pada fasa uap.



Gambar 2.4 *Extruded activated carbon*  
Sumber: Khuluk (2016, p.10)

### 2.1.2 Sifat Karbon Aktif

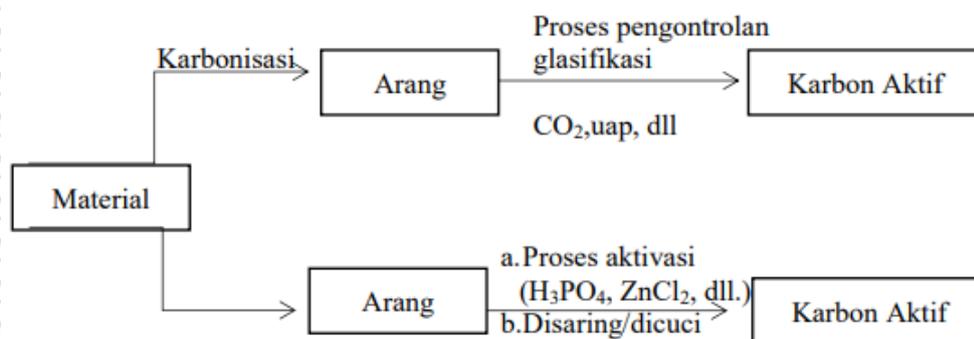
Bentuk pori yang terdapat pada karbon aktif cukup bervariasi, yaitu berupa silinder, persegi panjang, dan bentuk tidak beraturan. Aktivasi dapat membentuk gugus fungsi pada karbon aktif. Hal ini disebabkan terjadinya interaksi radikal bebas di permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen serta nitrogen yang berasal dari proses pengolahan ataupun lingkungan sekitar. Gugus fungsi yang terbentuk ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi sehingga juga dapat mempengaruhi sifat adsorpsinya. Oksidasi permukaan dalam proses produksi karbon aktif akan menghasilkan

gugus karbonil, hidroksil, dan karboksilat. Gugus-gugus tersebut memberikan sifat amfoter pada karbon aktif, sehingga karbon aktif dapat bersifat asam ataupun basa.

Karbon aktif memiliki sejumlah pori-pori di dalam partikelnya sehingga luas permukaan pada karbon aktif terdiri dari luas permukaan luar dan luas permukaan pori-pori. Luas permukaan pori jauh lebih besar dibandingkan dengan luas permukaan partikel, selain itu pada umumnya adsorpsi terjadi pada permukaan pori. Untuk karbon aktif, perbandingan antara luas permukaan total dengan massa karbon aktif sangat besar.

## 2.2 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Porositas dari sebuah karbon didapatkan dari proses karbonisasi, yaitu proses pembakaran bahan organik dalam suhu tinggi. Akan tetapi, hasil porositas dari karbonisasi tersebut tidak cukup untuk kebanyakan aplikasi di bidang industri, sehingga harus ada langkah-langkah lebih lanjut untuk memenuhi persyaratan angka porositas yang harus dipenuhi. Oleh karena itu, dibutuhkan proses pengaktifan karbon yang bertujuan untuk memaksimalkan potensi porositas dari karbon tersebut dengan melalui dua proses, proses pengaktifan fisik atau pemanasan dan proses kimiawi. Sehingga, proses untuk mendapatkan karbon aktif adalah karbonisasi kemudian aktivasi secara fisik atau secara kimiawi.



Gambar 2.5 Skema pembuatan karbon aktif secara umum

Sumber: Marsh & Reinoso (2006) dalam Khuluk (2016, p.10)

### 2.2.1 Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangran merupakan proses pemanasan suatu material dari bahan-bahan organik pada suhu tertentu dengan oksigen yang sangat terbatas. Proses karbonisasi biasanya menggunakan alat tanur atau *slow pyrolysis*. Karbonisasi ini dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan zat-zat yang mudah menguap (*volatile matter*) yang terkandung pada material dasar. Pada proses ini terjadi penguraian senyawa organik yang menyusun struktur material kemudian membentuk air, uap asam asetat, tar, dan hidrokarbon. Setelah proses karbonisasi, terbentuklah karbon dalam bentuk arang dengan pori-pori yang masih

sempit. Tahapan-tahapan yang terjadi pada proses karbonisasi meliputi dehidrasi atau penghilangan air, kemudian terjadi penguapan selulosa dan lignin, dan yang terakhir adalah pemurnian karbon. Pada pemanasan sampai dengan suhu 400 °C terjadi penguapan air, selulosa, serta lignin, sedangkan pemurnian karbon terjadi pada suhu 500-800 °C. Hampir 80% unsur karbon yang diperoleh pada suhu 500-800 °C (Marsh & Reinoso, 2006, p.27).

## 2.2.2 Aktivasi

Setelah dilakukan proses karbonisasi, daya adsorpsi karbon tergolong masih rendah, hal ini disebabkan oleh masih terdapatnya residu di permukaan pori dan pori-pori masih belum terbentuk dengan sempurna. Proses aktivasi dilakukan untuk meningkatkan luas permukaan yang menyebabkan daya adsorpsi karbon aktif semakin meningkat pula. Pada proses ini terjadi pelepasan tar, hidrokarbon, dan senyawa organik yang terdapat pada karbon tersebut. Terdapat 2 jenis aktivasi, yaitu aktivasi kimiawi dan aktivasi fisik.

### 2.2.2.1 Proses Pengaktifan Kimiawi

Proses pengaktifan secara kimiawi dilakukan melalui penambahan bahan kimia seperti seng klorida ( $ZnCl_2$ ), asam fosfat ( $H_3PO_4$ ), kalium hidroksida (KOH), aluminium klorida ( $AlCl_3$ ), magnesium klorida ( $MgCl_2$ ), natrium hidroksida (NaOH), ataupun kalium karbonat ( $K_2CO_3$ ). Akan tetapi, yang umum digunakan dalam bidang industri hanya seng klorida ( $ZnCl_2$ ), asam fosfat ( $H_3PO_4$ ), dan kalium hidroksida (KOH). Pada umumnya, proses pengaktifan secara kimiawi ini dilakukan pada suhu antara 450 °C sampai dengan 600 °C.

Kekurangan penggunaan bahan kimia sebagai aktivator terletak pada proses pencucian bahan kimia tersebut, dimana bahan kimia terkadang sulit untuk dihilangkan kandungannya dari karbon aktif dengan proses pencucian. Sedangkan untuk kelebihan penggunaan bahan kimia dalam proses aktivasi adalah waktu yang digunakan relatif pendek, karbon aktif yang dihasilkan lebih banyak, dan daya adsorpsinya lebih baik.

Bahan-bahan kimia yang digunakan sebagai aktivator tersebut berfungsi untuk mendegradasi atau menghidrasi molekul organik selama proses berlangsung, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik, dehidrasi air yang masih terjebak di dalam rongga pori karbon, membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan pada saat proses karbonisasi, serta melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi.

Aktivasi secara kimia dengan menggunakan aktivator KOH tanpa kehadiran oksigen akan mengontrol rekasi pembakaran karbon melalui mekanisme sebagai berikut:





Pada proses tersebut, karbon bereaksi dengan agen pengoksidasi dan menghasilkan karbon dioksida yang berdifusi pada permukaan karbon. *Amorphous carbon* yang menghalangi pori bereaksi pada tahap oksidasi awal dan sebagai hasilnya *closed pore* akan terbuka. Selanjutnya reaksi akan berlanjut dengan mengikis dinding karbon untuk membentuk pori-pori baru.

### 2.2.2.2 Proses Pengaktifan Fisik atau Pemanasan

Proses ini merupakan proses yang mereaksikan bahan organik yang telah dikarbonisasikan dengan karbon dioksida dan/atau uap air. Gas pengoksidasi akan bereaksi dengan karbon dan melepaskan karbon monoksida dan hidrogen untuk gas pengoksida berupa uap air. Senyawa-senyawa produk sampingan pun akan terlepas pada proses ini sehingga pori akan makin luas dan daya adsorpsi semakin meningkat. Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik atau sifat dari karbon aktif yang dihasilkan melalui proses aktivasi fisika antara lain adalah bahan dasar, laju aliran kalor, laju aliran gas, proses karbonisasi sebelumnya, suhu pada saat proses aktivasi, agen pengaktifan yang digunakan, lama proses aktivasi, dan alat yang digunakan (Marsh & Reinoso, 2006, p.243).

Pada aktivasi fisik, terjadi pengurangan massa karbon yang cukup besar karena terjadi pembentukan struktur karbon. Namun, pada aktivasi fisik sering terjadi kelebihan oksidasi eksternal sewaktu gas pengoksidasi berdifusi pada karbon sehingga terjadi pengurangan ukuran adsorben. Kekurangan dari proses aktivasi fisik adalah reaksinya sulit untuk dikontrol.

## 2.3 Pengujian Mutu Karbon Aktif

Karbon aktif memiliki baku mutunya sendiri sehingga karbon aktif tersebut dapat dikatakan berkualitas baik dan efektif untuk digunakan. Kualitas arang aktif itu sendiri tergantung dari jenis bahan baku yang digunakan, cara pengolahan, serta ketepatan penggunaannya. Standar baku untuk arang aktif yang digunakan di Indonesia saat ini adalah SNI 06-3730-1995. Berdasarkan SNI tersebut, persyaratan yang harus dimiliki oleh arang aktif sehingga dapat dikatakan bermutu baik tercantum pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1  
Persyaratan Arang Aktif Menurut SNI 06-3730-1995 tentang Arang Aktif Teknis

Jenis	Satuan	Persyaratan	
		Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan	%	Maksimum 15	Maksimum 25



Lanjutan Tabel 2.1  
 Persyaratan Arang Aktif Menurut SNI 06-3730-1995 tentang Arang Aktif Teknis

Jenis	Satuan	Persyaratan	
		Butiran	Serbuk
Kadar air	%	Maksimum 4,5	Maksimum 15
Kadar abu	%	Maksimum 2,5	Maksimum 10
Daya serap terhadap iodin	mg/g	Minimum 750	Minimum 750
Bagian tidak mengarang	%	0	0
Karbon aktif murni	%	Minimum 80	Minimum 65
Daya serap terhadap benzena	%	Minimum 25	-
Daya serap terhadap metilen biru	mg/g	Minimum 60	Minimum 120
Berat jenis curah	g/ml	0,45-0,55	0,3-0,35
Lolos mesh 325	%	-	Minimum 90
Jarak mesh	%	90	-
Kekerasan	%	80	-

Sumber: SNI 06-3730-1995 dalam Sudrajat & Pari (2011, p.43)

### 2.3.1 Rendemen

Rendemen merupakan perbandingan antara massa arang yang dihasilkan dengan massa bahan baku yang digunakan. Nilai rendemen pada pengolahan arang aktif ini tergantung pada bahan baku yang digunakan serta faktor perlakuan aktivasi (suhu, lama waktu aktivasi, serta zat aktivator yang digunakan). Berikut rumus untuk menghitung rendemen sesuai dengan SNI 06-3730-1995 dalam Sudrajat & Pari (2011, p.47):

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{massa arang aktif}}{\text{massa bahan baku}} \times 100\% \dots\dots\dots(2-1)$$

### 2.3.2 Kadar Air

Kadar air merupakan persentase jumlah air yang terkandung dalam karbon. Semakin tinggi kadar air pada karbon, maka daya adsorpsi karbon tersebut akan menurun karena partikel-partikel air akan menutup rongga pori dari karbon tersebut sehingga zat yang seharusnya teradsorpsi tidak dapat masuk ke dalam rongga pori. Oleh karena itu, pada Tabel 2.1 ditunjukkan bahwa standar maksimal kadar air yang diperbolehkan ada pada karbon adalah 4,5% untuk karbon berbentuk butiran dan 15% untuk karbon berbentuk bubuk. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung kadar air dalam karbon sesuai SNI 06-3730-1995 dalam Sudrajat & Pari (2011, p.47):

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{penyusutan massa}}{\text{massa sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots(2-2)$$



### 2.3.3 Kadar Abu

Menurut Polii (2017, p.26) semakin tinggi suhu aktivasi, maka kadar abu juga semakin meningkat. Hal ini dapat terjadi karena pada aktivasi suhu tinggi terjadi penguraian senyawa-senyawa mineral yang mengendap sebagai padatan dalam arang aktif. Kadar abu yang tinggi dapat mengurangi daya adsorpsi dari arang itu sendiri. Dalam SNI 06-3730-1995 pada Tabel 2.1 ditunjukkan bahwa kadar abu maksimal untuk karbon berbentuk butiran adalah 2,5% dan untuk karbon berbentuk bubuk adalah 10%. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung kadar abu karbon sesuai SNI 06-3730-1995 dalam Sudrajat & Pari (2011, p.48):

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{\text{massa abu total}}{\text{massa sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-3)$$

### 2.4 Filtrasi

Filtrasi, atau yang juga disebut dengan penyaringan merupakan proses untuk memisahkan padatan-padatan yang terlarut di dalam air limbah. Media yang dapat digunakan dalam proses filtrasi adalah media yang *porous* atau memiliki pori-pori yang ukurannya sesuai dengan ukuran padatan yang akan disaring serta media yang digunakan juga harus tahan terhadap pelapukan.

Menurut Sugiharto (1987) dalam Fahmi (2019, p.18), terdapat 2 macam proses penyaringan, yaitu:

#### 1. Saringan pasir lambar

Diameter pasir yang digunakan dalam proses penyaringan adalah sekitar 0,2-0,35 mm.

Dengan menggunakan media ini, akan dihasilkan kecepatan pengaliran sebesar 0,034-0,1 liter/m<sup>3</sup>/detik.

#### 2. Saringan pasir cepat

Diameter pasir yang digunakan dalam proses penyaringan ini adalah sekitar 0,4-0,8 mm.

Dengan menggunakan media ini, akan dihasilkan kecepatan pengaliran sebesar 1,3-2,7 liter/m<sup>3</sup>/detik.

### 2.5 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan di permukaan oleh suatu adsorben atau daya serap dari zat penyerap yang terjadi pada permukaannya. Peristiwa adsorpsi ini disebabkan oleh gaya tarik menarik molekul-molekul pada permukaan adsorben. Adsorpsi juga dijelaskan dari tegangan permukaan zat padat. Molekul-molekul yang ada dalam suatu zat padat mempunyai gaya-gaya yang sama dari segala arah sedangkan molekul-molekul pada

permukaan zat padat mendapat gaya-gaya yang tidak sama, sehingga untuk mengimbangi gaya-gaya bagian dalam tersebut maka molekul-molekul lain tertarik ke permukaan. Gaya ini relatif lemah dan disebut gaya *Van der Waals*.

Kebanyakan zat adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung pada dinding pori-pori yang sangat kecil, luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar dari permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan yang lebih erat daripada molekul-molekul lainnya. Dalam kebanyakan hal, komponen yang diadsorpsi atau adsorbat melekat sedemikian kuat sehingga memungkinkan pemisahan komponen itu secara menyeluruh dari fluida tanpa terlalu banyak adsorpsi terhadap komponen yang lain.

Sebagai adsorben, karbon aktif adalah suatu padatan yang memiliki pori-pori yang berikatan secara kovalen karena sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas, hal itu menghasilkan suatu pernyataan bahwa dengan pori-pori karbon yang semakin kecil maka luas permukaannya akan semakin besar sehingga adsorpsi nya akan bertambah semakin cepat. Maka dari itu, dianjurkan untuk menggunakan karbon aktif yang telah di haluskan untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi.

### 2.5.1 Jenis Adsorpsi

Adsorpsi dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu:

1. Adsorpsi fisika (*physisorption*), suatu proses gerakan tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya. Hal ini terjadi akibat gaya *Van Der Waals* dan terjadi secara bolak-balik (*reversible*). Adsorbat tidak terikat kuat dengan adsorbennya sehingga adsorbat dapat bergerak dan berpindah tempat dari sisi permukaan adsorben ke sisi permukaan adsorben lainnya, kemudian sisi permukaan adsorben yang ditinggalkan tersebut dapat diisi oleh adsorbat lainnya.
2. Adsorpsi kimia (*chemisorption*), terjadi akibat reaksi kimia di permukaan padatan antara molekul-molekul dari adsorben dan adsorbat. Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga menghasilkan lapisan *monolayer*. Hal ini menyebabkan adsorpsi kimia bersifat *irreversible* atau tidak bolak-balik. Oleh karena itu, dibutuhkan energi yang lebih tinggi pada proses desorpsi agar ikatan-ikatan antar molekul adsorben dan adsorbat dapat terputus.

### 2.5.2 Proses Adsorpsi

Cara kerja yang terjadi pada proses adsorpsi:

- a. Molekul-molekul adsorbat berpindah dari fase bagian terbesar ke lapisan film yang melapisi permukaan adsorben.
- b. Molekul-molekul adsorbat terdifusi melalui lapisan film yang mengelilingi adsorben (*film diffusion process*).
- c. Molekul-molekul adsorbat terdifusi dan berpindah dari permukaan luar adsorben kemudian menuju pori-pori adsorben (*pore diffusion process*).
- d. Molekul-molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori adsorben.

### 2.5.3 Faktor Yang Mempengaruhi Adsorpsi

#### 1. Sifat adsorben

- a. Kemurnian adsorben, semakin murni adsorben yang digunakan, maka kemampuan adsorpsinya juga akan semakin baik.
- b. Volume pori dan luas permukaan adsorben, semakin besar volume pori atau luas permukaan adsorben maka semakin besar adsorbat yang memungkinkan terserap.

#### 2. Jenis adsorbat

- a. Kepolaran zat, sifat kepolaran dari adsorben maupun adsorbat mempengaruhi proses adsorpsi, dimana dengan kondisi diameter pori yang sama, molekul polar memiliki daya adsorpsi yang lebih kuat dibandingkan dengan molekul nonpolar.
- b. Ukuran molekul adsorbat, molekul-molekul adsorbat yang dapat teradsorpsi adalah molekul-molekul dengan ukuran yang sama ataupun lebih kecil dibandingkan diameter pori adsorben.

#### 3. Temperatur, semakin tinggi temperatur, maka jumlah adsorbat yang teradsorpsi akan semakin berkurang, begitu pula sebaliknya. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas termal senyawa serapan.

#### 4. Tekanan adsorbat, dimana pada adsorpsi fisika, bila tekanan adsorbat meningkat maka jumlah adsorbat yang teradsorpsi juga semakin banyak. Namun pada adsorpsi kimia, kenaikan tekanan adsorbat justru mengurangi jumlah yang teradsorpsi.

#### 5. Pusat aktif, dimana hanya sebagian permukaan dari adsorben yang mempunyai daya serap. Hal ini disebabkan oleh permukaan yang heterogen sehingga hanya beberapa jenis zat yang dapat diserap oleh sebagian permukaan yang aktif, dimana permukaan yang aktif ini disebut sebagai pusat aktif.

### 2.5.4 Efektivitas Adsorpsi

Efektivitas adsorpsi merupakan kemampuan karbon ataupun karbon aktif dalam mengadsorpsi kandungan unsur yang ingin diteliti sehingga setelah dilakukan proses adsorpsi menggunakan karbon, kandungan unsur tersebut menurun. Berikut rumus yang

digunakan untuk menentukan efektivitas penyisihan pencemaran menurut Rahmani (2014) dalam Fahmi (2019, p.24):

$$\eta (\%) = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\% \dots \dots \dots (2-4)$$

Keterangan:

$\eta$  = efektivitas penyisihan

$C_o$  = konsentrasi awal limbah (mg/L)

$C_e$  = konsentrasi akhir limbah (mg/L)

Menurut Soeparman Suparmin (2002) dalam Fahmi (2019, p.24) tingkat efektivitas

IPAL dikelompokkan sebagai berikut:

Sangat efektif =  $\eta > 80\%$

Efektif =  $60\% < \eta \leq 80\%$

Cukup efektif =  $40\% < \eta \leq 60\%$

Kurang efektif =  $20\% < \eta \leq 40\%$

Tidak efektif =  $\eta \leq 20\%$

## 2.6 Cangkang Bunga Pinus

Cangkang bunga pinus berasal dari tanaman pinus atau yang juga disebut dengan tusam.

Tanaman pinus dapat tumbuh subur di berbagai kondisi dan dapat menutupi lokasi-lokasi yang terjal, jurang, maupun gunung-gunung yang tinggi, tetapi tidak dapat tumbuh dengan baik di tanah becek. Terdapat hanya satu jenis pinus di Indoensia yang penyebaran alaminya sampai di daerah khatulistiwa yaitu *Pinus merkusii Jungh et deVriese*. Jenis tanaman ini tumbuh pada lokasi dengan iklim basah sampai agak kering dengan tipe curah hujan A sampai C, pada ketinggian 200-1700 m dari permukaan laut, bahkan bisa sampai di bawah 200 m dan mendekati daerah pantai.

Tanaman pinus ini memiliki alat reproduksi jantan dan betina yang sering disebut dengan strobilus. Kebanyakan masyarakat awam mengenal strobilus dengan sebutan buah pinus, namun para ahli biologi tidak mengklasifikasikan strobilus sebagai buah karena tidak memenuhi syarat sebagai buah melainkan sifatnya yang lebih menyerupai bunga. Maka dari itu, selanjutnya akan disebut sebagai cangkang bunga pinus.



Gambar 2.6 Cangkang bunga pinus  
Sumber: Hasil dokumentasi, 2018

## 2.7 Tempurung Kelapa

Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO) dalam Suhartana (2006, p.154), Asia Pasifik mampu menghasilkan 82% produk kelapa dunia. Terdapat 12 negara yang tercatat sebagai penghasil kelapa terbesar, yaitu India (13,01%), Indonesia (33,94%), Malaysia (3,93%), Papua Nugini (2,72%), Filipina (36,25%), Pulau Solomon (0,70%), Sri Lanka (4,72%), Thailand (3,17%), Vanuatu (0,78%), Samoa Barat (0,47%), Federasi Mikronesia (0,16%), dan Palau (0,16%). Tanaman kelapa disebut juga sebagai tanaman serbaguna karena dari akar sampai pada daun kelapa bermanfaat. Buah adalah bagian utama dari tanaman kelapa yang berperan sebagai bahan baku industri. Buah kelapa terdiri dari beberapa komponen yaitu sabut kelapa, tempurung kelapa, daging buah, dan air kelapa. Sabut kelapa merupakan bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm dan merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Tempurung kelapa terletak di sebelah dalam sabut, ketebalannya sekitar 3,5 mm. Ukuran buah kelapa dipengaruhi oleh ukuran tempurung kelapa yang sangat dipengaruhi oleh usia dan perkembangan tumbuhan kelapa. Di Indonesia, limbah tempurung kelapa sudah digunakan sebagai bahan baku karbon aktif. Hal ini dikarenakan batok kelapa mengandung unsur karbon di dalamnya.

## 2.8 Ijuk

Ijuk merupakan serabut dari pelepah daun pohon aren. Pohon aren ini sendiri memiliki tinggi yang bisa mencapai 25 m. Serabut-serabut ijuk yang dihasilkan oleh pohon aren (*Arenga pinnata*) dapat dipanen setelah pohon tersebut berumur 5 tahun. Serabut ini memiliki

warna hitam serta bentuknya tidaklah homogen. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan dan pembentukan serabut tersebut tergantung pada lingkungan alam dan musim tempat serabut tersebut tumbuh. Ijuk memiliki sifat elastis, padat, keras, tahan air, serta sulit dicerna oleh organisme perusak.

Selain sifat-sifat tersebut, ijuk juga memiliki beberapa keistimewaan, yaitu tahan lama dimana serabut ijuk aren mampu bertahan lama dan tidak mudah terurai; tahan terhadap asam dan garam air laut dimana salah satu bentuk pengolahan dari serat ijuk adalah tali ijuk yang telah digunakan oleh nenek moyang kita untuk mengikat berbagai peralatan nelayan laut; serta dapat mencegah penembusan rayap tanah dimana serabut ijuk aren sering digunakan sebagai bahan pembungkus pangkal kayu-kayu bangunan yang ditanam dalam tanah untuk memperlambat pelapukan kayu dan mencegah serangan rayap.

Dengan berbagai sifat dan keistimewaan diatas, maka ijuk banyak dimanfaatkan menjadi berbagai benda atau alat yang memudahkan kehidupan manusia, seperti contohnya atap rumah, sapu, kuas, tali pengikat, campuran genteng, campuran beton, serta alat penyaring air. Ijuk sering digunakan dalam proses penyaringan air sederhana karena mampu menyaring partikel-partikel yang terdapat pada air, namun kepadatannya tidak membuat air sulit untuk mengalir.

## 2.9 Standar Kualitas Air

Standar kualitas air sudah ditetapkan oleh Pemerintah dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, dimana di dalamnya dijelaskan bahwa penetapan baku mutu air selain didasarkan pada peruntukan (*designated beneficial water uses*), juga didasarkan pada kondisi nyata kualitas air yang mungkin berada antara satu daerah dengan daerah lainnya. Dalam PP RI Nomor 82 Tahun 2001 tersebut juga dijelaskan bahwa mutu air diklasifikasikan menjadi 4 kelas, yaitu sebagai berikut:

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
2. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;

4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

## 2.10 Limbah Cair Industri

Jumlah aliran air limbah yang berasal dari industri sangat bervariasi tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, serta derajat pengolahan air limbah yang ada. Untuk memperkirakan jumlah air limbah yang dihasilkan oleh industri yang tidak menggunakan proses basah diperkirakan sekitar 50 m<sup>3</sup>/ha/hari. Sebagai patokan dapat dipergunakan pertimbangan bahwa 85-95% dari jumlah air yang digunakan adalah berupa air limbah apabila industri tersebut tidak menggunakan kembali air limbah. Apabila industri tersebut memanfaatkan kembali air limbahnya, maka jumlahnya akan lebih kecil lagi.

Berdasarkan karakteristiknya, air limbah industri dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian:

1. Air limbah industri yang mengandung zat organik umum, misalnya, industri kimia seperti industri pupuk anorganik, industri kimia anorganik, pencucian pada industri logam, industri keramik, dan sebagainya.
2. Air limbah industri yang mengandung konsentrasi zat organik relatif rendah misalnya industri pengemasan makanan, industri pemintalan, industri serat, industri kimia, industri minyak, industri batu bara.
3. Air limbah industri yang mengandung konsentrasi zat organik yang relatif tinggi, misalnya industri makanan, industri kimia, industri minyak nabati dan hewani, industri obat-obatan, industri lem atau perekat gelatin, industri tekstil, industri pupuk dan kertas, dan lain-lain.
4. Air limbah industri yang mengandung zat berbahaya beracun, misalnya, industri barang dengan bahan baku kulit, industri besi baja, industri kimia insektisida, herbisida, dan lain-lain.
5. Air limbah industri yang mengandung zat anorganik berbahaya beracun, misalnya industri pelapisan logam (*electroplating*), industri baterai, dan lain-lain.

## 2.11 Timbal

Timbal merupakan salah satu jenis logam berat yang cukup sering digunakan dalam berbagai bidang, terutama bidang industri. Logam ini berwarna abu-abu kebiruan yang

memiliki titik lebur rendah serta mudah dibentuk. Hal tersebut menyebabkan penggunaan dan pengaplikasian jenis logam ini bervariasi dan cukup luas. Kelebihan dari timbal yang membuat logam ini sangat berguna adalah sebagai berikut:

1. Timbal memiliki titik leleh yang rendah sehingga proses pengolahan timbal dalam bentuk cair cukup sederhana dan cenderung tidak membutuhkan biaya tinggi.
2. Timbal memiliki sifat mudah dibentuk menjadi berbagai bentuk karena sifatnya yang lunak.
3. Ketika bahan timbal terpapar oleh udara yang lembab, akan terjadi reaksi kimia yang akan membentuk lapisan pelindung.
4. Timbal dapat dicampurkan dengan berbagai jenis bahan logam untuk membentuk logam campuran. Logam campuran tersebut akan memiliki sifat yang berbeda dengan timbal murni.
5. Massa jenis timbal umumnya lebih besar daripada logam lain, kecuali emas dan air raksa.

Dari banyak kelebihan timbal yang telah disebutkan di atas, berikut adalah bidang-bidang yang menggunakan timbal sebagai bahan dalam pembuatannya:

1. Industri aki dan baterai;
2. Industri paduan logam;
3. Industri pembuatan pipa;
4. Perminyakan, dimana timbal digunakan untuk menaikkan angka oktan;
5. Bahan amunisi;
6. Industri cat;
7. Industri kabel.

Walaupun timbal memiliki fungsi yang sangat berguna, akan tetapi penggunaan timbal yang tidak mempertimbangkan dampak terhadap lingkungan dapat menyebabkan keracunan timbal yang cukup berbahaya. Paparan timbal dengan jumlah yang sangat rendah pun dikhawatirkan dapat menyebabkan janin lahir dengan kondisi keterbelakangan mental, disfungsi organ, cacat morfologi, sistem kekebalan tubuh yang terganggu, bahkan hingga meningkatkan kemungkinan mengidap kanker di masa depan. Pada anak, keracunan timbal dengan kadar rendah dapat menyebabkan penurunan perkembangan otak serta IQ, susah dalam belajar, hiperaktif, gangguan perilaku seperti agresif, gangguan pertumbuhan, menurunnya fungsi penglihatan dan pergerakan, serta gangguan pendengaran. Pada kadar tinggi, keracunan timbal pada anak dapat menyebabkan, anemia, kerusakan otak, liver, ginjal, saraf dan pencernaan, koma, kejang-kejang atau epilepsi, bahkan kematian. Dampak

keracunan yang terjadi pada anak bersifat jangka panjang dan tidak dapat pulih, diperparah oleh paparan timbal berulang-ulang sehingga akan terakumulasi di dalam tubuh.

### 2.12 Spektrofotometri

Spektrometer merupakan alat yang menghasilkan spektrum sinar dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer merupakan alat untuk mengukur cahaya yang melewati suatu sampel. Menurut Sastrohamidjojo (2001) dalam Wati (2010, p.54) spektrofotometer merupakan suatu instrumen yang digunakan untuk mempelajari serapan atau emisi radiasi elektromagnetik sebagai fungsi dari panjang gelombang. Sedangkang spektrofotometri adalah metode pengukuran nilai penyerapan sinar pada panjang gelombang tertentu.

Kelebihan dari metode spektrofotometri yaitu metode ini dilakukan dengan cara yang sederhana untuk menetapkan kuantitas atau jumlah zat yang sangat kecil. Selain itu juga hasil yang didapatkan cukup akurat.

### 2.13 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX)

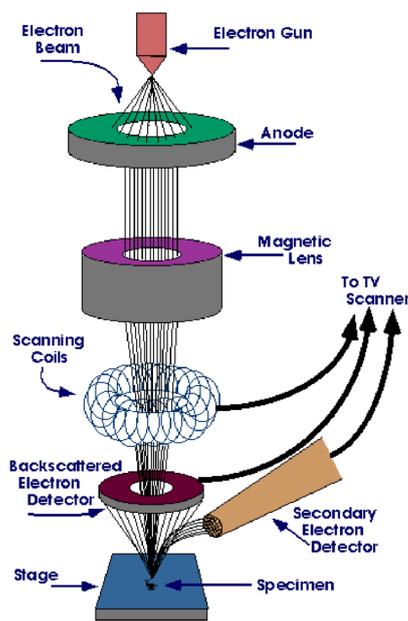
SEM (*Scanning Electron Microscopy*) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis pada sebuah mikroskop elektron. Pada alat ini terdapat beberapa komponen utama, antara lain:

1. Pistol elektron, biasanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron.
2. Lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet.
3. Sistem vakum, karena elektron sangat kecil dan ringan, maka jika ada molekul udara yang lain, elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpancar oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran, sehingga menghilangkan molekul udara menjadi sangat penting.
4. *Secondary electron detector*, berguna sebagai penangkap sinyal elektron dan memindai elektron menuju layar komputer.
5. Beberapa alat juga dilengkapi dengan *Energy Dispersive X-ray* (EDX), yang merupakan *x-ray detector*, berguna untuk menangkap sinyal energi dari dalam atom sampel sehingga kandungan unsur kimia dalam sampel dapat dideteksi.

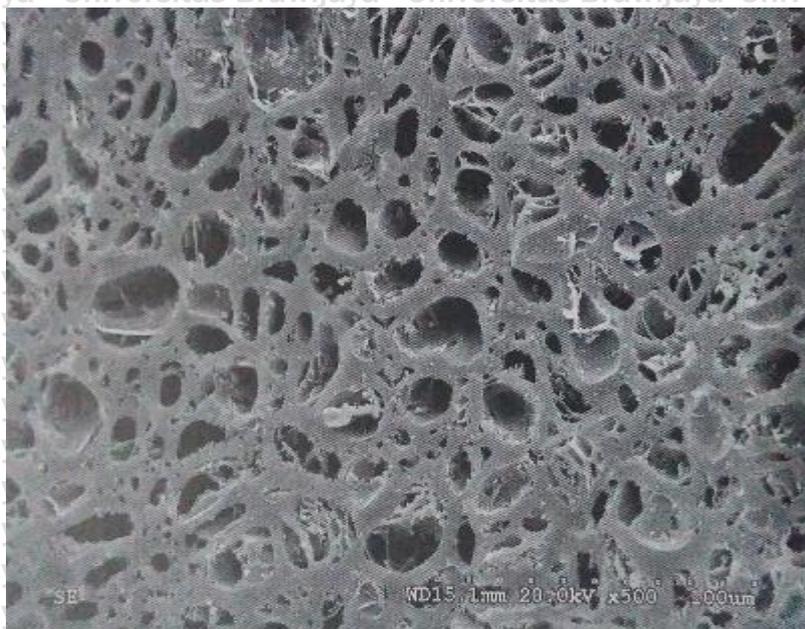
Prinsip kerja SEM-EDX adalah sebagai berikut:

1. Sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.

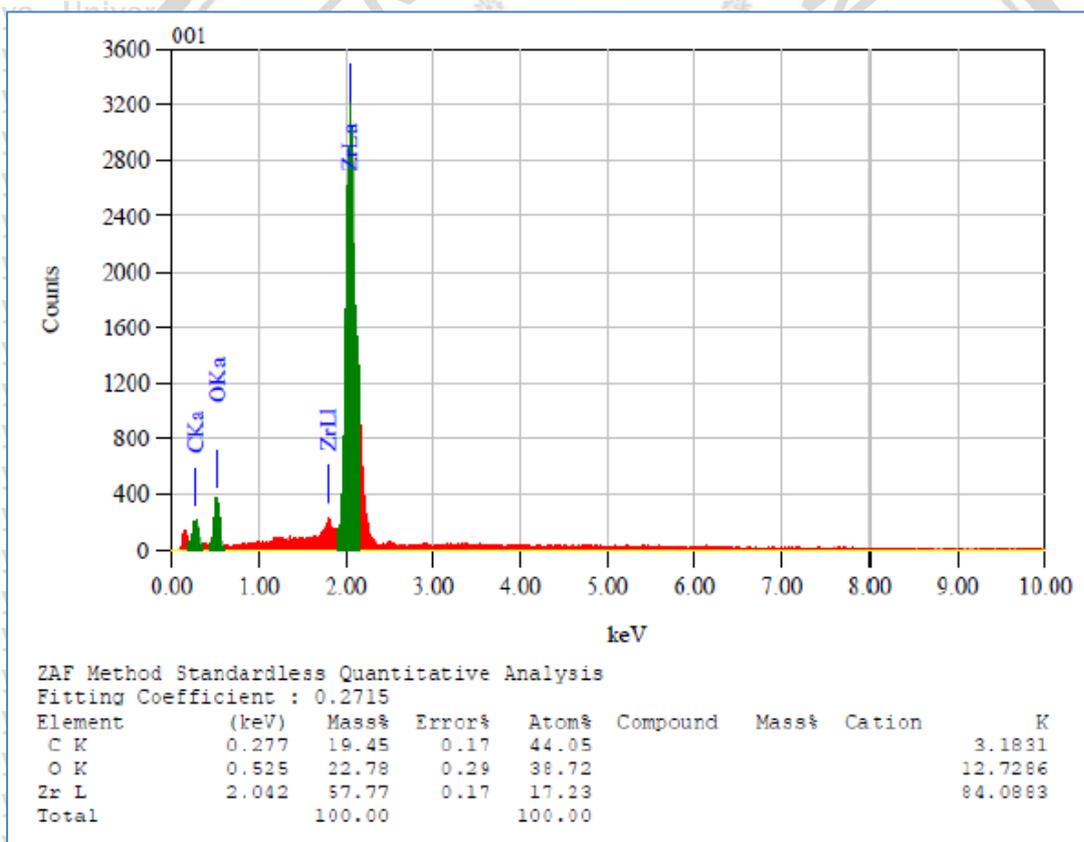
3. Sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel, maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).
5. Energi yang terjadi ketika elektron mengenai sampel dan elektron baru keluar akan dideteksi oleh *x-ray detector*.
6. *X-ray detector* akan mengirimkan hasil deteksinya menuju komputer berupa grafik yang menunjukkan kandungan unsur kimia dari sampel.



Gambar 2.7 Prinsip kerja *Scanning Electron Microscopy* (SEM)  
Sumber: Fong, D. (2009, p.5) diakses 12 Januari 2019



Gambar 2.8 Contoh hasil SEM dari permukaan batu zaitun  
 Sumber: Marsh & Reinoso (2006, p.373)



Gambar 2.9 Contoh hasil uji EDX  
 Sumber: Sujatno et al. (2015, p.50)

## 2.14 Perbedaan Studi Ini dengan Studi Terdahulu

Tabel 2.2

Perbedaan Studi Ini dengan Studi Terdahulu

No	Peneliti	Institusi	Judul	Perbedaan	Hasil
1.	Shofa	Universitas Indonesia	Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida.	Bahan baku yang digunakan adalah ampas tebu. Variabel bebas yang digunakan adalah suhu aktivasi yaitu 600 °C, 700 °C, dan 800 °C serta lama waktu aktivasi yaitu 30 menit dan 60 menit. Tidak meneliti daya serap karbon aktif tersebut.	Luas permukaan tertinggi adalah 1135 m <sup>2</sup> /gram yang diperoleh dari aktivasi menggunakan KOH selama 30 menit dengan suhu 800 °C.
2.	Erlina, Umiatin, Budi, U.	Universitas Negeri Jakarta	Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi Logam Cu.	Bahan baku yang digunakan adalah tempurung kelapa. Variabel bebas yang digunakan adalah konsentrasi KOH sebagai aktivator yaitu 30%, 40%, 50%, dan 60%. Adsorbat yang diteliti adalah logam Cu.	Efisiensi adsorpsi tertinggi adalah konsentrasi KOH 50% yaitu sebesar 83,57%. Dari penelitian didapatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi KOH maka efisiensi penyerapannya juga semakin tinggi, akan tetapi efisiensi pada konsentrasi 60% menurun dikarenakan terjadi kejenuhan pada pori-pori karbon aktif.
3.	Rosalina, Tedja, T., Riani, E., & Sugiarti, S.	Politeknik AKA Bogor, Institut Pertanian Bogor	Pengaruh Aktivasi Fisika dan Kimia Arang Aktif Buah Bintaro terhadap Daya Serap Logam Berat Krom.	Bahan baku yang digunakan adalah buah bintaro. Variabel bebas yang digunakan adalah suhu karbonisasi yaitu 400 °C, 500 °C, dan 600 °C; jenis aktivator yaitu H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> dan KOH dengan konsentrasi masing-masing 5% dan 10%. Adsorbat yang diteliti adalah krom.	Arang yang diaktivasi dengan KOH 5% selama 60 menit mampu menghilangkan kadar kromium sebesar 99,474%.

Lanjutan Tabel 2.1  
Perbedaan Studi Ini dengan Studi Terdahulu

4. Manullang, S. A., Bali, S., Itawita.	Kampus Binawidya Pekanbaru.	Potensi Arang Aktif Cangkang Bunga Pinus sebagai Adsorben Ion Kadmium (II) dan Timbal (II) dengan Aktivator H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dalam Larutan.	Jenis aktivator yang digunakan adalah H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dengan variasi konsentrasi 2,5%, 5%, dan 7,5%.	Variasi arang aktif dengan aktivator H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 7,5% memberikan kualitas karakterisasi terbaik dengan kandungan air 3,74%; kandungan abu 0,58%; adsorpsi iodium 261,67 mg/g; dan luas permukaan 18,04 m <sup>2</sup> /g. Sedangkan efisiensi adsorpsi terbaik adalah arang cangkang bunga pinus tanpa aktivasi yaitu sebesar 99,25% untuk kadmium dan 100% untuk timbal.
5. Rohmah, P. M., & Redjeki, A. S.	Universitas Muhammadiyah Jakarta	Pengaruh Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Sekam Padi dengan Aktivator KOH.	Bahan baku yang digunakan adalah sekam padi. Konsentrasi KOH sebesar 10%. Variasi waktu pembakaran adalah 30, 45, 60, 75, dan 90 menit. Tidak meneliti daya serap karbon aktif tersebut.	Kondisi optimum pembakaran adalah pada waktu 90 menit.

Sumber: Hasil Analisis, 2019

### BAB III METODOLOGI

Penelitian tentang karbon aktif ini dilakukan dengan cara menjadikan karbon aktif sebagai adsorben menggunakan hasil proses karbonisasi dan aktivasi menggunakan larutan KOH cangkang bunga pinus dan karbon aktif batok kelapa yang sudah ada di pasaran. Karbon aktif tersebut nantinya akan digunakan untuk mengadsorpsi air limbah yang mengandung logam berat timbal. Hasil *output* air limbah kemudian diuji kandungan timbalnya setelah itu variasi karbon akan diuji menggunakan SEM-EDX.

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Proses karbonisasi cangkang bunga pinus dilakukan di Laboratorium Bioenergi, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tunggadewi Malang. Kemudian proses aktivasi karbon cangkang bunga pinus dilakukan di Laboratorium Pengcoran Logam, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang. Proses penelitian menggunakan alat filter dilakukan di Laboratorium Tanah dan Air Tanah, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang. Sedangkan untuk pengujian *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX) dilakukan di Laboratorium Biosains, Universitas Brawijaya Malang.

#### 3.2 Variabel Penelitian

Variable-variabel yang terdapat di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### 1. Variabel Tetap

- a. Waktu karbonisasi: 2,5 jam
- b. Suhu karbonisasi: 500 °C
- c. Suhu aktivasi: 600 °C
- d. Zat pengaktif (aktivator): KOH
- e. Waktu perendaman dalam aktivator: 24 jam
- f. Susunan alat filter: ijuk – karbon aktif – ijuk
- g. Ketebalan lapisan karbon aktif: 20 cm
- h. Ketebalan ijuk: @10 cm
- i. Konsentrasi timbal: 0,75 ppm

j. Waktu kontak: 24 jam

2. Variabel Bebas

a. Waktu aktivasi: 60 menit, 90 menit, 120 menit

b. Konsentrasi KOH: 30%, 50%

3. Variabel Respon

a. Rendemen

b. Kadar air

c. Kadar abu

d. Konsentrasi akhir timbal (Pb)

e. Hasil analisis secara fisik maupun kimia menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX)

**3.3 Alat dan Bahan**

**3.3.1 Alat**

1. Oven listrik

2. *Slow pyrolysis*

3. Furnace

4. Neraca analitis

5. Spatula

6. Ayakan

7. Desikator

8. Alu dan lumpang

9. Cawan porselen

10. Kain saring

11. Gelas ukur 100 mL

12. Wadah plastik

13. *Beaker glass*

14. Labu ukur 1000 mL

15. Tabung akrilik

16. Kran

17. Botol sampel

18. Plastik

19. *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX)



### 3.3.2 Bahan

1. Cangkang bunga pinus
2. Arang aktif batok kelapa
3. Larutan KOH
4. Larutan timbal nitrat ( $Pb(NO_3)_2$ )
5. Aquades
6. Ijuk

## 3.4 Prosedur Penelitian

### 3.4.1 Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu cangkang bunga pinus, didapat dari Bedengan, Kota Malang, Provinsi Jawa Timur. Sampel lainnya adalah arang aktif batok kelapa yang sudah ada di pasaran dan didapatkan dari Panadia Laboratory, Malang.

### 3.4.2 Persiapan Sampel Cangkang Bunga Pinus

1. Cangkang bunga pinus dibersihkan;
2. Jemur cangkang bunga pinus hingga kering.
3. Timbang massa awal cangkang bunga pinus.

### 3.4.3 Proses Karbonisasi Cangkang Bunga Pinus

Berdasarkan Marsh & Reinoso (2006, p.27), proses karbonisasi suatu bahan untuk mendapatkan karbonnya adalah sebagai berikut:

1. Cangkang bunga pinus dikarbonisasi menggunakan alat *slow pyrolysis* dengan suhu 500 °C selama  $\pm 2,5$  jam;
2. Hasil karbonisasi cangkang bunga pinus didiamkan terlebih dahulu selama 24 jam hingga kering;
3. Setelah kering, karbon cangkang bunga pinus kemudian ditumbuk hingga halus;
4. Diayak dengan ayakan 100 (diameter butiran  $\leq 0,149$  mm).

### 3.4.4 Aktivasi Karbon Cangkang Bunga Pinus

Berdasarkan Manullang, et al. (2013, p.4-5), proses aktivasi karbon untuk dijadikan karbon aktif adalah sebagai berikut:

1. Karbon cangkang bunga pinus direndam menggunakan larutan KOH dengan variasi konsentrasi 30% dan 50%, aduk dan diamkan selama 24 jam;
2. Saring bahan menggunakan kain saring;
3. Kemudian karbon yang sudah direndam dipanaskan di dalam *furnace* dengan suhu 600 °C serta variasi waktu aktivasi 60 menit, 90 menit, dan 120 menit;

4. Setelah waktunya habis, maka diamankan terlebih dahulu karbon aktif hingga mencapai suhu kamar;
5. Cuci karbon aktif menggunakan aquades hingga pH-nya kembali normal ( $\text{pH} = 7$ );
6. Keringkan karbon aktif dengan menggunakan oven bersuhu  $105^\circ\text{C}$  hingga kering.
7. Hasil aktivasi ditimbang untuk mengetahui massa arang aktif.

### 3.4.5 Uji Kualitas Karbon

#### 3.4.5.1 Menghitung Rendemen

Langkah-langkah untuk menghitung rendemen adalah sebagai berikut:

1. Timbang massa bahan baku kering setelah dijemur.
2. Timbang massa arang setelah dikarbonisasi.
3. Hitung persentase rendemen dengan menggunakan rumus (2-1).



Gambar 3.1 Alat yang digunakan untuk menghitung rendemen  
Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019.

#### 3.4.5.2 Menghitung Kadar Air

Berikut langkah-langkah dalam menentukan kadar air:

1. Timbang cawan porselen.
2. Letakkan sampel sebanyak 5 gr ke dalamnya.
3. Timbang cawan yang sudah terisi sampel.
4. Keringkan kedalam oven dengan suhu  $105^\circ\text{C}$  hingga bobotnya konstan.
5. Dinginkan hingga menjadi suhu ruang.
6. Timbang kembali massanya.
7. Hitung kadar air dengan menggunakan rumus (2-2).



Gambar 3.2 Alat yang digunakan untuk menghitung kadar air

Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019.

### 3.4.5.3 Menghitung Kadar Abu Total

Langkah-langkah untuk mendapatkan nilai kadar abu adalah sebagai berikut:

1. Timbang cawan porselen.
2. Letakkan sampel ke dalamnya.
3. Timbang massa cawan yang sudah terisi sampel.
4. Masukkan sampel ke dalam furnace dan diabukan pada suhu 600 °C sampai terbentuk abu putih.
5. Setelah menjadi abu, simpan sampel dalam desikator hingga suhu normal (suhu ruang).
6. Timbang kembali massanya.
7. Hitung kadar abu dengan menggunakan rumus (2-3).

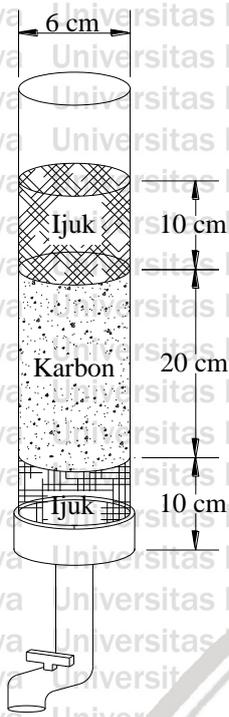


Gambar 3.3 Alat yang digunakan untuk menghitung kadar abu

Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019.

### 3.4.6 Pembuatan Alat Filter

Pembuat *prototype* alat filter sederhana ini ditujukan untuk menganalisis daya serap berbagai variasi sampel terhadap timbal. Alat filter yang digunakan adalah tabung akrilik dengan diameter 6 cm dan ketinggian 50 cm. Kemudian di dalam tabung tersebut dimasukkan karbon aktif dengan ketebalan 20 cm yang berada diantara ijuk dengan ketebalan masing-masing sisi sebesar 10 cm, konsep desain *prototype* alat filter sederhana dapat dilihat di Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Konsep desain untuk alat filter karbon

Sumber: Pengolahan Data, 2019

Dibuat 8 macam *prototype* yang berbeda sesuai dengan variabel karbon yang berbeda, yaitu:

1. Karbon yang tidak diaktivasi
2. Aktivasi selama 60 menit dengan konsentrasi KOH 30%;
3. Aktivasi selama 60 menit dengan konsentrasi KOH 50%;
4. Aktivasi selama 90 menit dengan konsentrasi KOH 30%;
5. Aktivasi selama 90 menit dengan konsentrasi KOH 50%;
6. Aktivasi selama 120 menit dengan konsentrasi KOH 30%;
7. Aktivasi selama 120 menit dengan konsentrasi KOH 50%;
8. Karbon aktif batok kelapa

### 3.4.7 Pembuatan Limbah Timbal Buatan

Pada penelitian ini digunakan limbah timbal (Pb) buatan. Alasan utama digunakannya limbah buatan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini lebih memfokuskan pada tinjauan daya serap karbon aktif cangkang bunga pinus dan karbon aktif batok kelapa terhadap timbal, sedangkan untuk limbah asli memiliki kandungan unsur lain selain timbal sehingga penelitian bisa menjadi tidak terfokus;

2. Dibutuhkan volume air limbah yang cukup besar sehingga untuk memudahkan ketersediaan limbah yang terkontrol, digunakan air limbah buatan.

Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pembuatan limbah timbal buatan dengan konsentrasi Pb 0,75 mg/l sesuai dengan konsep stoikiometri adalah sebagai berikut:

1. Menimbang garam-garam yang mengandung sumber limbah timbal, yaitu digunakan senyawa  $Pb(NO_3)_2$  dengan massa 1,6 gr.
2. Melarutkan  $Pb(NO_3)_2$  1,6 gr dengan 1 L air untuk dijadikan larutan induk berkonsentrasi 1000 ppm.
3. Pengenceran larutan Pb dengan kadar 0,75 ppm dengan cara mengencerkan 5 ml larutan induk dengan menambahkan aquades hingga volumenya menjadi 6,67 L.

#### 3.4.8 Proses Filtrasi

Berikut langkah-langkah dalam melakukan proses filtrasi:

1. Siapkan alat filtrasi sesuai dengan Gambar 3.4;
2. Alirkan air limbah sebanyak 1 L ke dalam alat filter;
3. Diamkan dengan lama kontak 24 jam;
4. Alirkan air keluar alat filter melalui kran yang ada, tampung menggunakan botol sampel 500 ml;
5. Analisis kandungan timbal masing-masing air yang sudah melalui proses filtrasi dengan uji spektrofotometri;
6. Ambil lapisan teratas sampel karbon aktif (kurang lebih sebanyak 3 cm) untuk masing-masing percobaan;
7. Analisis masing-masing sampel menggunakan *Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX).

#### 3.4.9 Uji Spektrofotometri

Menurut Wati (2010, p.54-57) tahapan-tahapan analisis timbal (Pb) dengan spektrofotometri dengan sinar tampak adalah sebagai berikut:

1. Menentukan panjang gelombang maksimum yang digunakan, yaitu  $\lambda_{maks} = 430$  nm.
2. Melarutkan larutan timbal dengan asam tartrat.
3. Menambahkan natrium sulfida dan didiamkan selama 10 menit sehingga terbentuk endapan sempurna timbal sulfida hitam.
4. Membuat kurva standar atau kurva kalibrasi.

### 3.4.10 Penentuan Efektivitas

Penentuan efektivitas merupakan perbandingan antara kandungan limbah yang terserap setelah dilakukan proses filtrasi dengan kandungan limbah awal sebelum dilakukan proses filtrasi. Nilai persentase efektivitas dapat dihitung dengan menggunakan rumus (2-4).

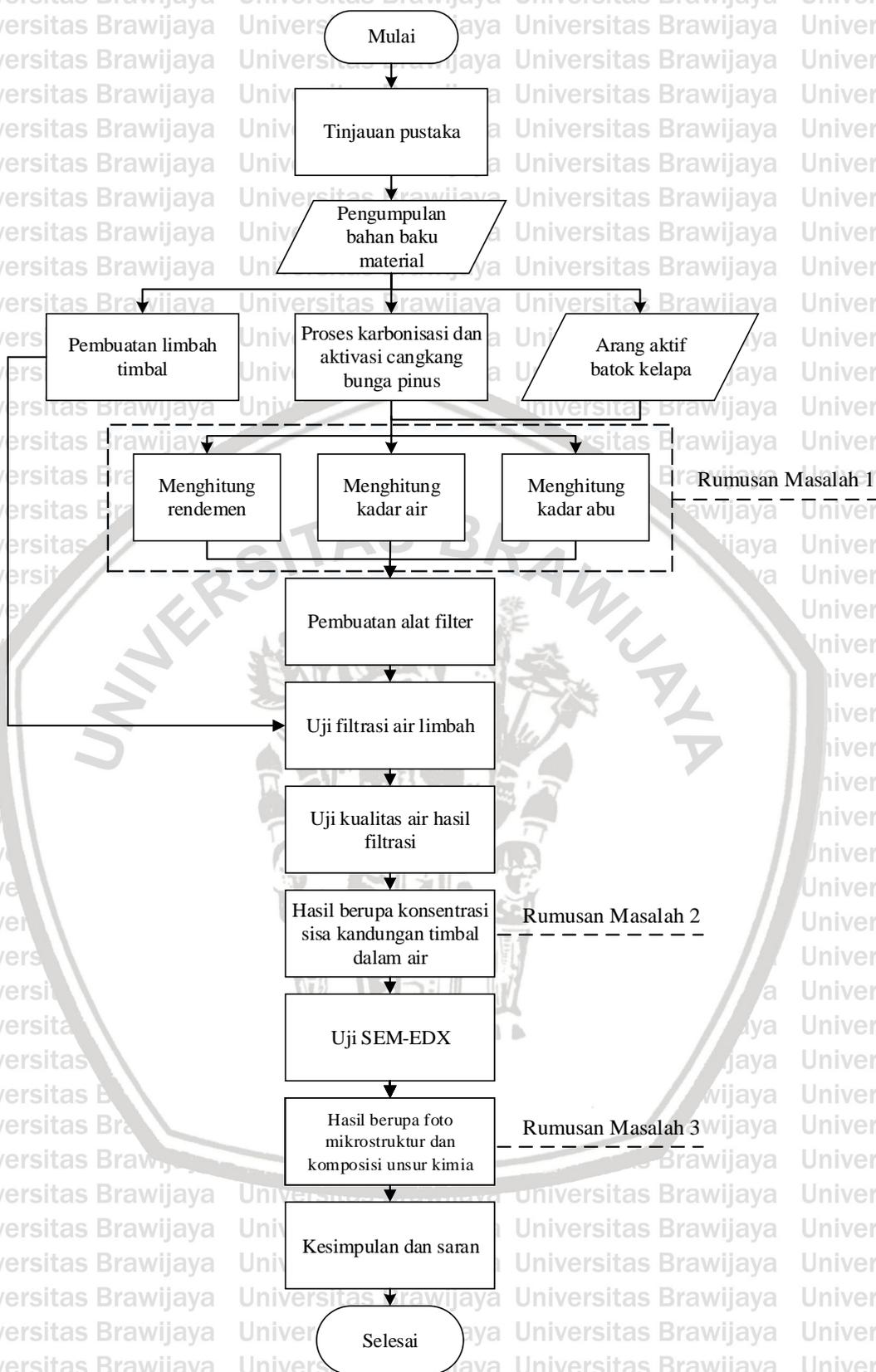
### 3.4.11 Uji Menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX)

#### 1. Prinsip kerja *Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX):

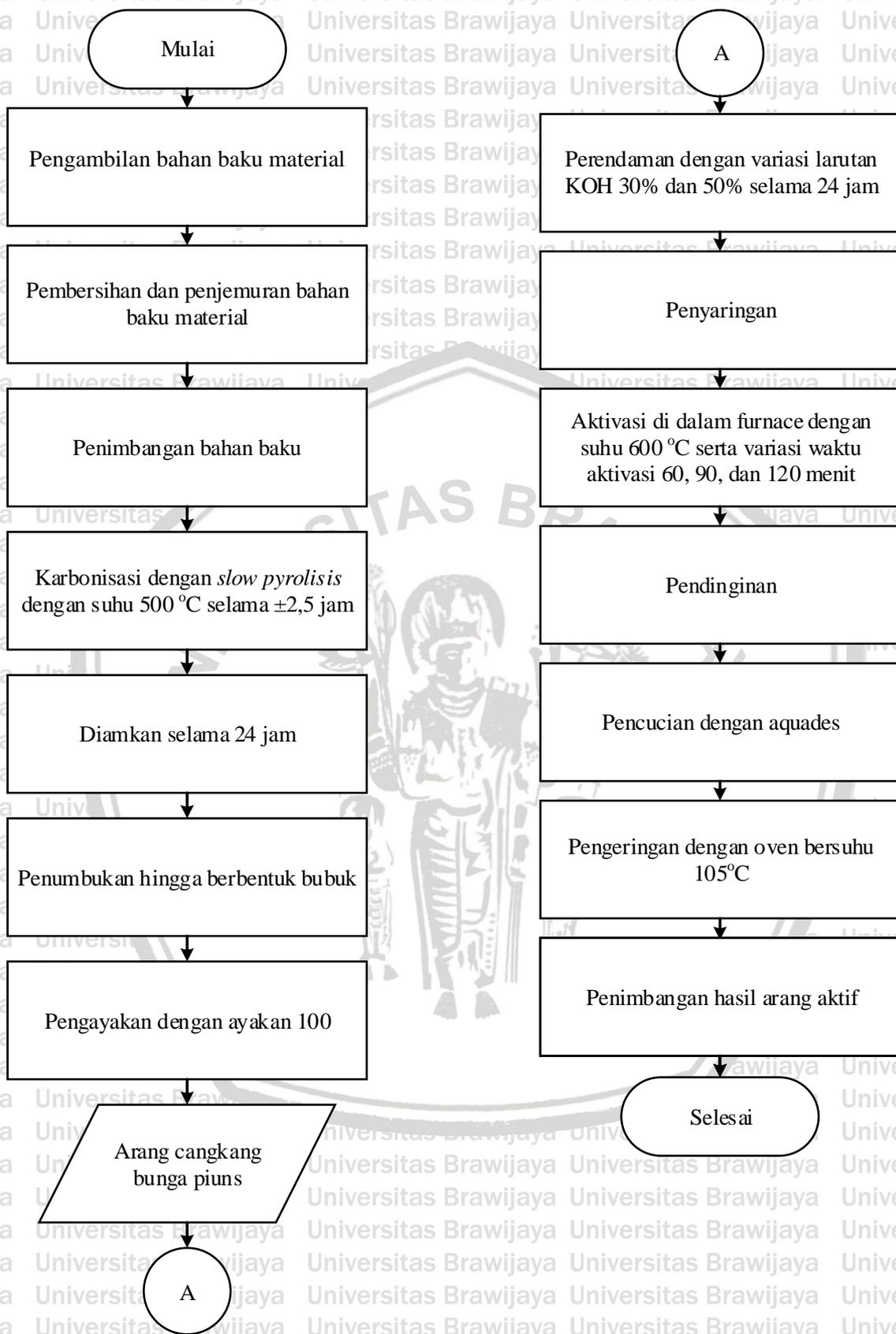
- Sebuah pistol electron memproduksi sinar electron dan dipercepat dengan anoda. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.
- Sinar electron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
- Ketika electron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detector dan dikirim ke monitor (CRT)
- Energi yang terjadi ketika elektron mengenai sampel dan elektron baru keluar akan dideteksi oleh *x-ray detector*.
- *X-ray detector* akan mengirimkan hasil deteksinya menuju komputer berupa grafik yang menunjukkan kandungan unsur kimia dari sampel.

### 3.5 Diagram Alir Studi

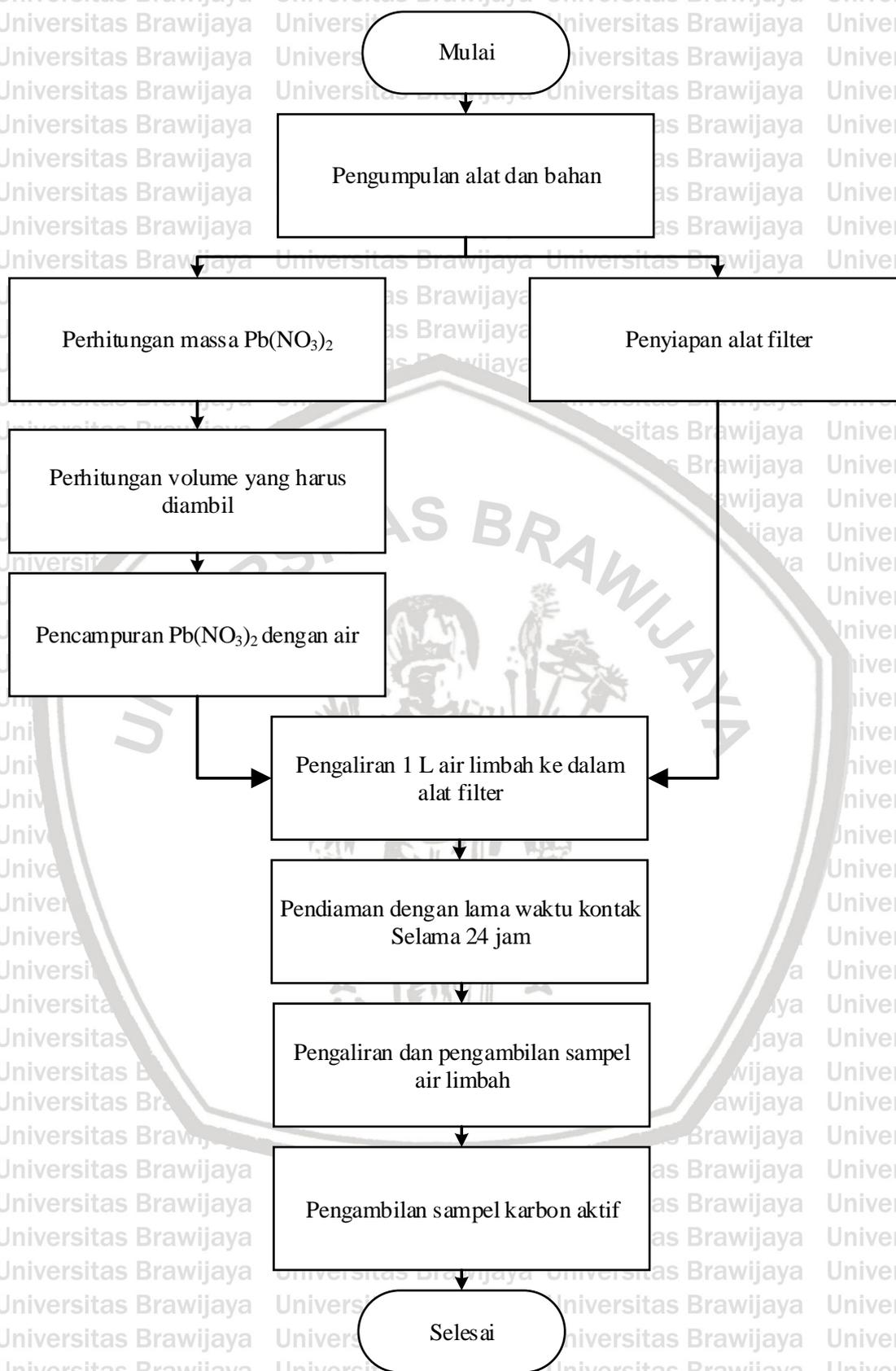
Berdasarkan tahapan penelitian yang dinyatakan sebelumnya, maka disajikan diagram alir penyelesaian seperti dibawah ini:



Gambar 3.5 Diagram alir pengerjaan skripsi



Gambar 3.6 Diagram alir pembuatan arang aktif cangkang bunga pinus



Gambar 3.7 Diagram alir pengujian alat filter

### 3.6 Garis Waktu Pengerjaan Skripsi

Tabel 3. 1  
Garis Waktu Penyelesaian Skripsi

No.	Uraian Pekerjaan	Waktu Pelaksanaan																																					
		September		Oktober				November				Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV								
1	Penelitian	[Green]																																					
2	Bab I	[White]																																					
3	Bab II	[White]																																					
4	Bab III	[White]																																					
5	Seminar Proposal	[White]																																					
6	Bab IV	[White]																																					
7	Bab V	[White]																																					
8	Ujian Komprehensif	[White]																																					

Keterangan:

- = Pengerjaan
- = Seminar dan Ujian
- = Studi Nasional 2019
- = Libur dan Cuti Bersama Idul Fitri

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pembuatan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus

#### 4.1.1 Pengambilan Material

Material yang digunakan adalah cangkang bunga pinus yang diambil di Bedengan, Kota Malang, Jawa Timur pada tanggal 8 September 2018 dan pada tanggal 9 November 2018.

Pada tanggal 8 September 2018 didapatkan material cangkang bunga pinus sebanyak 3 kg serta pada tanggal 9 November 2018 didapatkan material cangkang bunga pinus sebanyak 7 kg.



Gambar 4.1 Material cangkang bunga pinus

Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019

#### 4.1.2 Persiapan Material

Material yang sudah dikumpulkan selanjutnya harus dibersihkan terlebih dahulu dari material-material lain yang mungkin menempel, seperti contohnya dedaunan dari pohon pinus. Setelah dibersihkan kemudian cangkang bunga pinus dijemur agar kondisinya kering.



Gambar 4.2 Penjemuran material cangkang bunga pinus

Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019

#### 4.1.3 Karbonisasi Cangkang Bunga Pinus

Proses karbonisasi dilakukan pada tanggal 12 Oktober 2018 dan tanggal 16 November 2018 di di Laboratorium Bioenergi, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang. Proses karbonisasi ini dilakukan menggunakan alat *slow pyrolysis* dengan suhu 500 °C selama 2 jam 30 menit. Setelah itu, cangkang bunga pinus yang telah menjadi karbon didiamkan selama 24 jam agar suhunya kembali normal (suhu kamar). Kemudian karbon cangkang bunga pinus dihaluskan menggunakan alat penumbuk.

Hasil penghalusan diayak menggunakan ayakan dan diambil karbon yang lolos ayakan 100.

Karbon yang masih tertahan di ayakan 100 keatas kembali dihaluskan sehingga semua bahan bisa digunakan.



Gambar 4.3 Proses memasukkan cangkang bunga pinus ke dalam alat *slow pyrolysis*  
Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019



Gambar 4.4 Proses karbonisasi  
Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019



#### 4.1.4 Aktivasi Karbon Cangkang Bunga Pinus

Proses aktivasi dilakukan dengan cara merendam karbon dengan larutan KOH dengan dua variabel konsentrasi yang berbeda yaitu KOH dengan konsentrasi 30% dan KOH dengan konsentrasi 50%. Proses perendaman menggunakan KOH ini dilakukan di Laboratorium Tanah dan Air Tanah Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya pada tanggal 21 Mei 2019 dan pada tanggal 1 Juli 2019 sampai dengan tanggal 15 Juli 2019. Setelah dilakukan perendaman selama 24 jam, kemudian sisa larutan KOH disaring terlebih dahulu. Setelah itu karbon dibakar menggunakan alat furnace dengan suhu 600 °C dengan 3 lama waktu pembakaran yang berbeda, yaitu 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Pembakaran dengan furnace ini dilakukan di Laboratorium Pengecoran Logam, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang pada tanggal 22 Mei 2019 serta pada tanggal 2 Juli 2019 sampai dengan tanggal 16 Juli 2019. Setelah dilakukan pembakaran dengan masing-masing waktu yang ditentukan, karbon aktif didiamkan hingga suhunya mencapai suhu kamar. Setelah itu dilakukan proses pencucian karbon hingga pH dari karbon tersebut normal ( $\text{pH} = 7$ ). Setelah itu, karbon dikeringkan menggunakan oven.



Gambar 4.5. Perendaman karbon dengan larutan KOH  
Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019



Gambar 4.6. Pencucian karbon aktif untuk mencapai pH normal  
Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019

## 4.2 Analisis Mutu Karbon Aktif

### 4.2.1 Menghitung Rendemen

Perhitungan rendemen dari karbon cangkang bunga pinus dapat dihitung menggunakan rumus (2-1).

$$\begin{aligned} \text{Rendemen (\%)} &= \frac{\text{massa arang}}{\text{massa bahan baku}} \times 100\% \\ &= \frac{7 \text{ kg}}{40 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= 17,5\% \end{aligned}$$

Pada penelitian kali ini, hanya dihitung nilai rendemen dari karbon hasil karbonisasi, dikarenakan untuk hasil dari proses aktivasi nilainya kurang valid karena banyak karbon aktif yang hilang dan terlarut pada saat proses pencucian.

### 4.2.2 Menghitung Kadar Air

Kadar air bahan ditentukan dengan cara mengeringkan sampel bahan seberat 5 gram dengan menggunakan oven. Pertama timbang cawan porselen, setelah itu letakkan sampel ke dalamnya dan timbang massanya lagi. Setelah itu, keringkan kedalam oven dengan suhu 105 °C hingga bobotnya konstan, lalu didinginkan hingga menjadi suhu ruang dan timbang kembali massanya. Perhitungan kadar air dapat dilakukan menggunakan rumus (2-2).

Berikut contoh perhitungan kadar air untuk variasi material karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit:

$$\begin{aligned} \text{Kadar air (\%)} &= \frac{\text{penyusutan massa}}{\text{massa sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\% \\ &= \frac{128,477 - 128,417}{128,477 - 123,466} \times 100\% \\ &= \frac{0,06}{5,011} \times 100\% = 1,197\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk kadar air dari variasi material lainnya dapat dilihat pada Tabel

4.1.

Tabel 4.1  
Kadar Air

Variasi	W <sub>1</sub> (gr)	W <sub>2</sub> (gr)	W <sub>3</sub> (gr)	W <sub>awal</sub> (gr)	W <sub>penyusutan</sub> (gr)	w
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
30% 60m	123,466	128,477	128,417	5,011	0,060	1,197%
30% 90m	122,653	127,654	127,269	5,001	0,385	7,698%
30% 120m	130,238	135,243	135,213	5,005	0,030	0,599%
50% 60m	122,624	127,627	126,952	5,003	0,675	13,492%
50% 90m	122,330	127,332	127,228	5,002	0,104	2,079%

Lanjutan Tabel 4.1

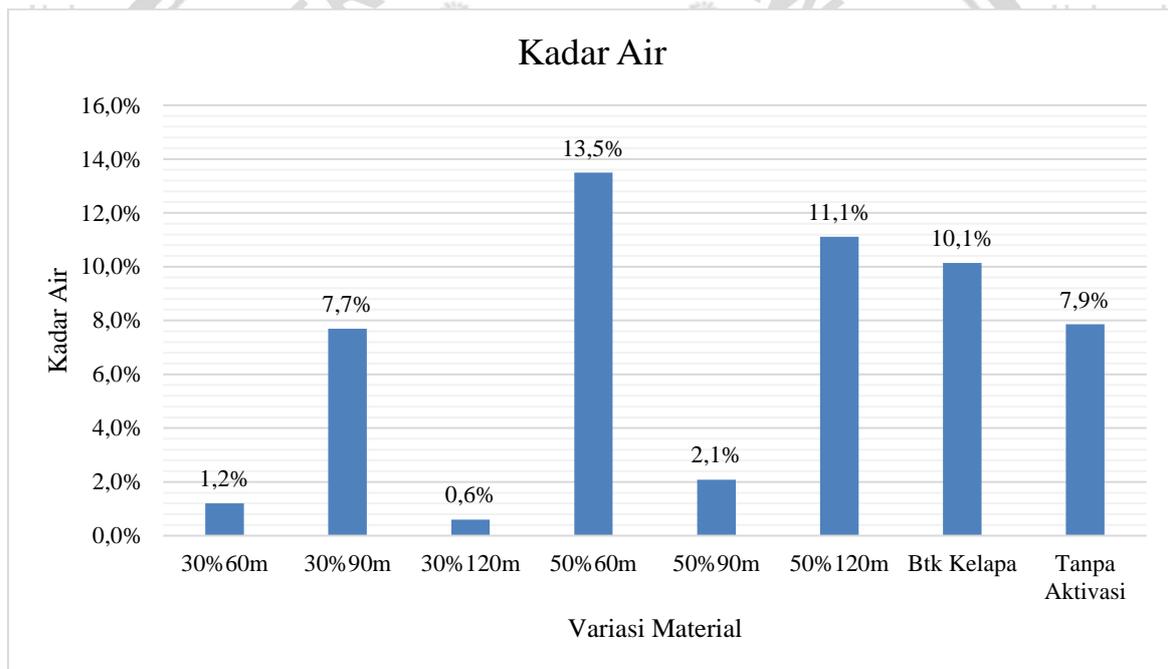
Kadar Air

Variasi	W <sub>1</sub> (gr)	W <sub>2</sub> (gr)	W <sub>3</sub> (gr)	W <sub>awal</sub> (gr)	W <sub>penyusutan</sub> (gr)	W
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
50% 120m	130,228	135,225	134,670	4,997	0,555	11,107%
Btk Kelapa	135,754	140,756	140,249	5,002	0,507	10,136%
Tanpa Aktivasi	135,760	140,762	140,369	5,002	0,393	7,857%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Keterangan:

- W<sub>1</sub> = berat cawan kosong
- W<sub>2</sub> = berat cawan+karbon basah
- W<sub>3</sub> = berat cawan+karbon kering
- W<sub>sampel awal</sub> = [2]-[1]
- W<sub>penyusutan</sub> = W<sub>2</sub>-W<sub>3</sub> [2]-[3]
- w = Kadar air ([5]/[4]) x 100%



Gambar 4.7 Diagram batang kadar air variasi material

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Dari Tabel 4.1 dan Gambar 4.7 didapatkan bahwa variasi karbon dengan kadar air tertinggi adalah variasi karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 60 menit dengan nilai sebesar 13,492% dan kadar air terendah adalah karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit dengan nilai sebesar 0,599%. Dengan hasil yang didapatkan tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa semua variasi material yang ada memenuhi standar mutu karbon aktif sesuai dengan SNI 06-3730-1995. Persyaratan dalam SNI 06-3730-1995 menyebutkan bahwa karbon berbentuk serbuk hanya boleh memiliki kadar air maksimal 15%, dan dari



perhitungan semua variasi karbon sudah memenuhi persyaratan tersebut. Akan tetapi, nilai kadar air tersebut bukan merupakan kadar air final, karena kadar air tersebut didapatkan dari proses pemanasan dengan oven setelah proses pencucian karbon aktif, sehingga jika kondisi kadar airnya masih tidak sesuai dengan persyaratan SNI, maka karbon bisa dipanaskan ulang menggunakan oven.

### 4.2.3 Menghitung Kadar Abu Total

Timbang cawan porselen, setelah itu letakkan sampel ke dalamnya dan timbang beratnya lagi. Setelah itu, sampel dimasukkan ke dalam furnace dan diabukan pada suhu 600 °C sampai terbentuk abu putih. Setelah menjadi abu, lalu simpan dalam desikator dan hitung massanya. Perhitungan kadar abu bisa dilakukan menggunakan rumus (2-3).

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk kadar abu variasi material karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit.

$$\begin{aligned} \text{Kadar abu (\%)} &= \frac{\text{massa abu total}}{\text{massa sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} \times 100\% \\ &= \frac{122,658 - 122,411}{126,411 - 122,411} \times 100\% \\ &= \frac{0,247}{4,000} \times 100\% = 6,175\% \end{aligned}$$

Tabel 4.2  
Kadar Abu

Variasi	W1 (gr)	W2 (gr)	W3 (gr)	Wsampel (gr)	Wabu (gr)	Kadar Abu
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
30% 60m	122,411	126,411	122,658	4,000	0,247	6,175%
30% 90m	123,434	128,035	123,751	4,601	0,317	6,890%
30% 120m	123,320	127,193	123,672	3,873	0,352	9,089%
50% 60m	123,239	127,606	123,559	4,367	0,320	7,328%
50% 90m	122,346	127,429	122,707	5,083	0,361	7,102%
50% 120m	129,966	133,926	130,289	3,960	0,323	8,157%
Btk Kelapa	130,054	132,984	130,324	2,930	0,270	9,215%
Tanpa Aktivasi	135,760	140,639	136,222	4,879	0,462	9,469%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Keterangan:

W<sub>1</sub> = berat cawan kosong

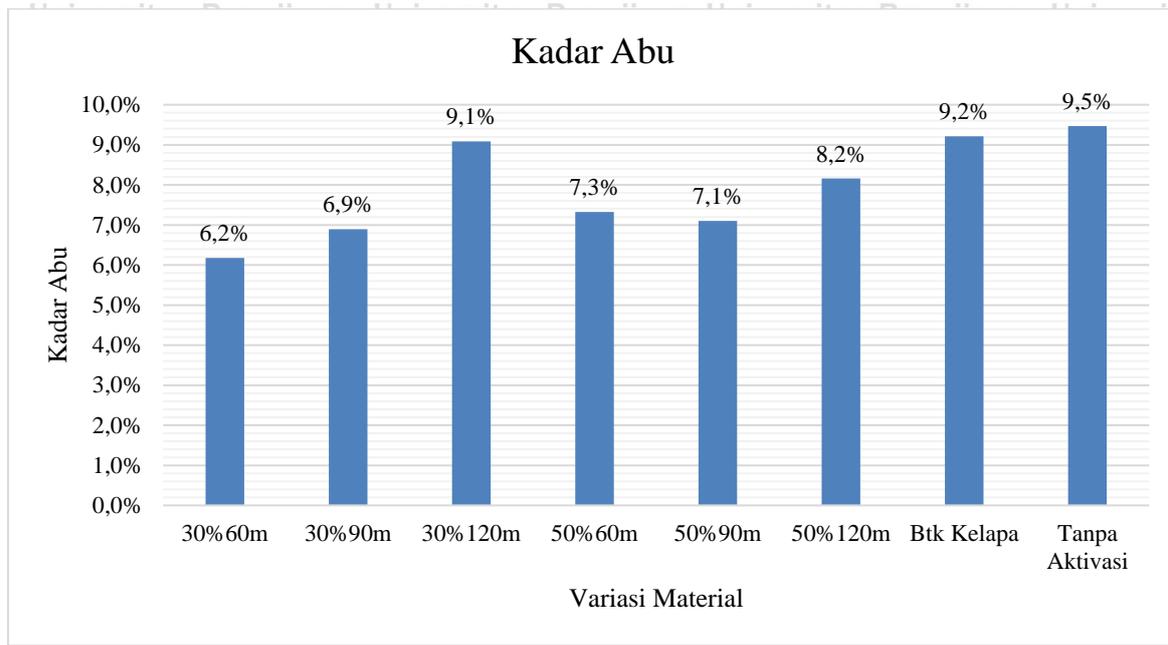
W<sub>2</sub> = berat cawan+karbon

W<sub>3</sub> = berat cawan+abu

W<sub>sampel awal</sub> = [2]-[1]

W<sub>abu</sub> = W<sub>3</sub>-W<sub>1</sub> [3]-[1]

$$\text{Kadar abu} = \frac{[5]}{[4]} \times 100\%$$



Gambar 4.8 Diagram batang kadar abu variasi material  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Dari Tabel 4.2 dan Gambar 4.8 didapatkan bahwa variasi karbon dengan kadar abu tertinggi adalah variasi karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi dengan nilai sebesar 9,469% dan kadar abu terendah adalah karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit dengan nilai sebesar 6,175%. Dengan hasil yang didapatkan tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa semua variasi material yang ada memenuhi standar mutu karbon aktif sesuai dengan SNI 06-3730-1995. Persyaratan dalam SNI 06-3730-1995 menyebutkan bahwa karbon berbentuk serbuk hanya boleh memiliki kadar air maksimal 10%, dan dari perhitungan semua variasi karbon sudah memenuhi persyaratan tersebut.

#### 4.2.4 Rekapitulasi Mutu Karbon Aktif

Tabel 4.3  
Rekapitulasi Mutu Karbon Aktif

Variasi	Kadar Air SNI 06-3730-1995	Kadar Air	SNI 06-3730-1995	Kadar Abu
30% 60m		1,197%		6,175%
30% 90m		7,698%		6,890%
30% 120m		0,599%		9,089%
50% 60m		13,492%		7,328%
50% 90m	< 15%	2,079%	< 10%	7,102%
50% 120m		11,107%		8,157%
Btk Kelapa		10,136%		9,215%
Tanpa Aktivasi		7,857%		9,469%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019



Dari Tabel 4.3 didapatkan bahwa baik kadar air maupun kadar abu untuk masing-masing variasi material sudah memenuhi baku mutu karbon aktif sesuai ketentuan pada SNI 06-3730-1995. Karena masing-masing variasi material karbon aktif sudah memenuhi baku mutu yang ada, maka semua jenis karbon dapat melanjutkan ke proses pengujian selanjutnya.

### 4.3 Pembuatan dan Kondisi Awal Sampel Air Limbah

Pembuatan sampel air limbah dilakukan dua kali yaitu pada tanggal 15 Agustus 2019 dan pada tanggal 21 Agustus 2019 di Laboratorium Tanah dan Air Tanah Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Kandungan yang diuji adalah logam berat timbal (Pb) dengan konsentrasi awal 0,75 ppm. Konsentrasi ini tidak memenuhi baku mutu air yang ditetapkan dalam PP No. 82 Tahun 2001 pada kelas I-III. Selanjutnya konsentrasi kandungan timbal (Pb) sebesar 0,75 ppm ini akan diturunkan agar sesuai dengan standar baku mutu air menurut PP No. 82 Tahun 2001.

Tabel 4.4  
Hasil Uji Laboratorium Kandungan Awal Sampel

Parameter	Satuan	Nilai	Standar Baku Mutu PP No. 82 Tahun 2001			
			I	II	III	IV
Timbal	mg/L	0,75	0,03	0,03	0,03	1,00

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Tanah dan Air Tanah Universitas Brawijaya, 2019

Dari Tabel 4.4 tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi timbal dalam sampel tidak memenuhi baku mutu PP No. 82 Tahun 2001 pada kelas I-III, walaupun memenuhi baku mutu kelas IV. Dengan hasil tersebut, diperlukan upaya untuk dapat menurunkan kandungan timbal dalam sampel sehingga memenuhi baku mutu yang ada.

### 4.4 Pembuatan Alat Filter

Alat filter yang digunakan berbentuk tabung berbahan akrilik dengan diameter 6 cm dan tinggi 50 cm dan di bagian bawahnya dihubungkan dengan keran. Penyusunan alat filter dilakukan pada tanggal 14 Agustus 2019 serta tanggal 20 Agustus 2019. Pada penyusunan alat filter ini, tidak dilakukan proses pemadatan pada media utama, yaitu karbon, Pada setiap lapisan berbeda dilapisi oleh kain penyaring.

Variasi dari media filter yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

- Ijuk + karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi + ijuk
- Ijuk + karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit + ijuk
- Ijuk + karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit + ijuk

- d. Ijuk + karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit + ijuk
- e. Ijuk + karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 60 menit + ijuk
- f. Ijuk + karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 90 menit + ijuk
- g. Ijuk + karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit + ijuk
- h. Ijuk + karbon aktif batok kelapa + ijuk



Gambar 4.9 Semua variasi material  
Sumber: Hasil dokumentasi, 2019

Variasi material yang digunakan dalam alat filter tersebut dibuat untuk mengetahui variasi mana yang paling efektif dan paling optimum dalam mereduksi kandungan timbal di dalam sampel buatan. Gambar 4.9 menunjukkan semua variasi material yang digunakan pada penelitian kali ini, yang secara berurutan dari kiri ke kanan adalah (a) karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 60 menit; (b) karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 90 menit; (c) karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit; (d) karbon tanpa aktivasi; (e) karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit; (f) karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit; (g) karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit; dan (h) karbon aktif batok kelapa.

Dalam kondisi kering dan tanpa dipadatkan, masing-masing variasi material dimasukkan ke dalam tabung akrilik setinggi 20 cm dengan ijuk telah dimasukkan dengan tinggi 10 cm sebelumnya. Setelah itu, dimasukkan kembali ijuk dengan tinggi 10 cm pula. Setelah air limbah dialirkan, terlihat bahwa untuk variasi material karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 60 menit dan karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit mengalami penurunan permukaan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan oleh kadar air yang ada pada kedua jenis bahan tersebut tinggi, dan kedua bahan tersebut memiliki kadar air terbesar sehingga penurunannya terlihat lebih jelas dibandingkan dengan variasi jenis lainnya.

#### 4.5 Analisis Hasil Proses Filtrasi

Bahan yang diharapkan dapat direduksi dalam penelitian kali ini adalah timbal (Pb) dimana timbal merupakan salah satu jenis logam berat yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Oleh karena itu, konsentrasi timbal yang diperbolehkan terkandung di dalam air berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air maksimal sebesar 0,03 mg/L untuk kualitas air kelas I-III dan maksimal 1,00 mg/L untuk kualitas air kelas IV. Pada sampel limbah yang dibuat sebelumnya, kandungan timbal dirancang sebesar 0,75 ppm yang nantinya akan direduksi hingga mencapai batas standar baku mutu. Berikut hasil pengujian laboratorium terhadap kadar timbal dalam sampel limbah sintetis sebelum dan sesudah dilakukan proses filtrasi.

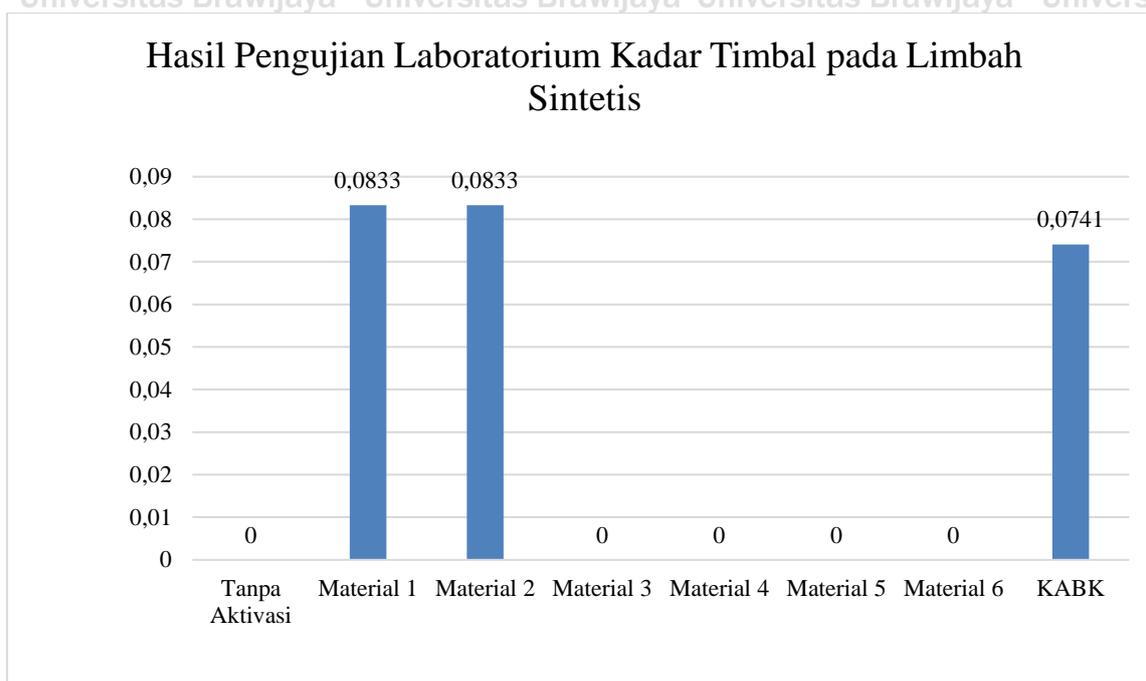
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Laboratorium Kadar Timbal pada Limbah Sintetis

No	Parameter	Satuan	Kondisi	Nilai
1			Sampel Awal	0,75
2			Tanpa Aktivasi	0
3			Material 1	0,0833
4			Material 2	0,0833
5	Timbal (Pb)	mg/L	Material 3	0
6			Material 4	0
7			Material 5	0
8			Material 6	0
9			KABK	0,0741

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Tanah dan Air Tanah Universitas Brawijaya, 2019

Keterangan tabel:

- Material 1 = Karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit
- Material 2 = Karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit
- Material 3 = Karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit
- Material 4 = Karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 60 menit
- Material 5 = Karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 90 menit
- Material 6 = Karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit
- KABK = Karbon aktif batok kelapa



*Gambar 4.10* Diagram batang kadar timbal pada limbah sintetis

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Tanah dan Air Tanah Universitas Brawijaya, 2019

Tabel 4.5 dan Gambar 4.10 menunjukkan hasil uji kadar timbal dalam sampel limbah buatan. Dari Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa kandungan timbal awal adalah 0,75 mg/L. Kemudian terjadi penurunan kandungan timbal setelah sampel air limbah sintetis melalui proses filtrasi menggunakan 8 media yang berbeda. Air limbah sintetis yang difiltrasi menggunakan variasi material ijuk + karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit + ijuk mengalami penurunan kadar timbal menjadi 0,0833 mg/L. Kandungan timbal pada air limbah yang difiltrasi menggunakan variasi material ijuk + karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit + ijuk adalah 0,0833 mg/L. Untuk variasi material karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi, karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit, karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 60 menit, karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 90 menit, dan karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit, kandungan timbal pada limbah air yang sudah terfiltrasi sepenuhnya terdegradasi hingga kandungan timbalnya adalah 0 mg/L. Untuk air limbah yang telah difiltrasi dengan menggunakan material karbon aktif batok kelapa, kandungan unsur timbal yang tersisa adalah 0,0741 mg/L. Untuk pembahasan lebih lanjut, akan dijabarkan perbandingan masing-masing variasi material satu sama lain.

#### **4.5.1 Perbandingan Karbon Aktif Variasi Konsentrasi KOH pada Penurunan Kadar Timbal**

##### **4.5.1.1 Perbandingan Lama waktu Aktivasi dalam Konsentrasi KOH 30%**

- 1. Variasi material 1 dengan variasi material 2** (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit dengan karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit)

Variasi material 1 mereduksi kadar timbal dalam limbah menjadi 0,0833 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Limbah sintesis yang identik difilter selama 24 jam menggunakan variasi material 2 dan hasil penurunan kadar timbalnya juga menurun menjadi 0,0833 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kedua variasi material, baik dengan waktu aktivasi 60 menit maupun 90 menit memiliki daya adsorpsi yang sama.

**2. Variasi material 1 dengan variasi material 3** (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit dengan karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit)

Limbah sintesis yang mengandung timbal ketika difiltrasi selama 24 jam menggunakan variasi material 1 kadar timbal yang tersisa adalah sebesar 0,0833 mg/L. Sedangkan untuk limbah sintesis yang identik ketika difiltrasi menggunakan variasi material 3 menghasilkan kandungan timbal sebesar 0 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa variasi material 3, yaitu material yang berasal dari karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit mereduksi kadar timbal lebih baik dibandingkan dengan material karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit.

**3. Variasi Material 2 dengan variasi material 3** (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit dengan karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit)

Variasi material 2 dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintesis hingga menjadi 0,0833 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Untuk variasi material 3 dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintesis yang identik hingga menjadi 0 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam juga. Hal ini menunjukkan bahwa variasi material 3, yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit dapat mereduksi timbal lebih baik dibandingkan dengan variasi material 2, yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit.

Dari hasil perbandingan di atas, didapatkan bahwa variasi material 3 memiliki daya adsorpsi yang paling baik dibandingkan dengan variasi material lainnya. Dengan konsentrasi KOH yang sama, yaitu 30%, waktu terbaik dalam mengaktivasi karbon adalah 120 menit sehingga menghasilkan karbon aktif yang mereduksi timbal yang lebih baik dibandingkan dengan waktu aktivasi lainnya.

**4.5.1.2 Perbandingan Lama Waktu Aktivasi dalam Konsentrasi KOH 50%**

Dari hasil uji laboratorium didapatkan bahwa sampel limbah sintesis identik yang difiltrasi menggunakan ketiga jenis material karbon aktif cangkang bunga pinus dengan konsentrasi 50% dengan waktu yang berbeda yaitu 60 menit, 90 menit, dan 120 menit memiliki kadar timbal yang sama yaitu 0 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga variasi material memiliki daya adsorpsi yang sama. Hal ini mungkin terjadi dikarenakan konsentrasi

timbangan (Pb) yang terlalu kecil, sehingga tidak dapat terlihat mana yang lebih baik karena ketiganya masih belum optimal dalam mereduksi timbal dan belum jenuh.

#### **4.5.1.3 Perbandingan Konsentrasi KOH 30% dengan Konsentrasi KOH 50%**

Pada perbandingan ini akan dibandingkan variasi waktu terbaik dari masing-masing konsentrasi untuk didapatkan variasi yang paling optimal. Dipilih untuk konsentrasi 30% adalah variasi waktu 120 menit. Hasil dari uji laboratorium untuk variasi 30% 120 menit serta 50% 60, 90, maupun 120 menit menghasilkan air yang memiliki kadar timbal yang sama yaitu 0 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa keempat variasi memiliki daya adsorpsi yang sama baik. Akan tetapi dikarenakan kandungan timbal yang cukup kecil, pada penelitian ini masih belum bisa dilihat variasi mana yang lebih baik dan lebih optimal.

#### **4.5.2 Perbandingan dengan Karbon Tanpa Aktivasi**

##### **1. Perbandingan variasi material 1 (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit) dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Variasi material 1 dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis hingga menjadi 0,0833 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Untuk karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis yang identik hingga menjadi 0 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam juga. Dapat dilihat bahwa hasil proses filtrasi menggunakan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi memiliki nilai kandungan timbal yang lebih sedikit sehingga hasilnya lebih baik. Hal ini bisa terjadi karena nilai pH dari karbon tanpa aktivasi itu sendiri adalah 9, dimana kondisi ini adalah kondisi basa. Timbal pada kondisi basa akan cenderung mengendap. Sedangkan untuk variasi 1, nilai pH-nya adalah 7 atau netral sehingga kandungan timbal tidak terendapkan.

##### **2. Perbandingan variasi material 2 (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit) dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Unsur timbal dalam limbah sintetis yang difiltrasi selama 24 jam pada variasi material 2 kandungannya tersisa sebesar 0,0833 mg/L. Sedangkan untuk karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis yang identik hingga menjadi 0 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam juga. Hasil tersebut menunjukkan bahwa karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi memiliki nilai kandungan timbal yang lebih sedikit sehingga hasilnya lebih baik. Hal ini bisa terjadi dikarenakan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi memiliki nilai pH sebesar 9 sehingga kondisinya basa, sedangkan untuk variasi material 2 nilai pH-nya adalah 7 atau netral. Pada kondisi basa, unsur timbal cenderung akan mengendap, sedangkan untuk kondisi netral unsur timbal tidak terendapkan.

**3. Perbandingan variasi material 3 (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit) dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Variasi material 3 menghasilkan *output* air dengan kandungan timbal sebesar 0 mg/L setelah dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Karbon cangkang bunga pinus juga menghasilkan *output* air dengan kandungan timbal sebesar 0 mg/L dengan lama proses filtrasi yang sama dan limbah yang identik. Hal ini menunjukkan bahwa kedua jenis material menghasilkan *output* yang sama baik. Akan tetapi, keduanya memiliki proses yang berbeda dalam menurunkan kadar timbal dalam air limbah, dimana untuk variasi material 3 dengan kondisi netral (pH=7), proses yang terjadi adalah adsorpsi. Sedangkan untuk karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi yang memiliki kondisi basa (pH=9), proses yang terjadi adalah pengendapan dan adsorpsi. Proses pengendapan bisa terjadi apabila unsur timbal berada pada lingkungan dengan kondisi basa.

**4. Perbandingan variasi material 4 (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 60 menit) dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Unsur timbal dalam limbah sintesis yang difiltrasi selama 24 jam pada variasi material 4 kandungannya tersisa sebesar 0 mg/L. Karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi juga dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintesis yang identik menjadi 0 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam pula. Keduanya memiliki hasil yang sama baik dalam mereduksi kandungan timbal dalam air limbah. Akan tetapi pada karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi unsur timbal yang terdapat di dalam air limbah cenderung terendapkan dikarenakan kondisi keasaman (pH) karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi adalah sebesar 9 sehingga kondisinya basa. Sedangkan untuk variasi material 4 nilai pH-nya adalah 7 atau netral sehingga unsur timbal cenderung teradsorpsi ke permukaan karbon aktif, bukan terendapkan.

**5. Perbandingan variasi material 5 (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 90 menit) dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Variasi material 5 menghasilkan *output* air dengan kandungan timbal sebesar 0 mg/L setelah dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Karbon cangkang bunga pinus juga menghasilkan *output* air dengan kandungan timbal sebesar 0 mg/L dengan lama proses filtrasi yang sama dan limbah yang identik. Hal ini menunjukkan bahwa kedua jenis material menghasilkan *output* yang sama baik. Akan tetapi, keduanya memiliki proses yang berbeda dalam menurunkan kadar timbal dalam air limbah, dimana untuk variasi material 3 dengan kondisi netral (pH=7), proses yang terjadi adalah adsorpsi. Sedangkan untuk karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi yang memiliki kondisi basa dengan nilai pH sebesar

9, cenderung terjadi proses pengendapan. Proses pengendapan bisa terjadi apabila unsur timbal berada pada lingkungan dengan kondisi basa.

**6. Perbandingan variasi material 6 (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit) dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Unsur timbal dalam limbah sintetis yang difiltrasi selama 24 jam pada variasi material 6 kandungannya tersisa sebesar 0 mg/L. Karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi juga dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis yang identik menjadi 0 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam pula. Keduanya memiliki hasil yang sama baik dalam mereduksi kandungan timbal dalam air limbah. Akan tetapi pada karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi unsur timbal yang terdapat di dalam air limbah cenderung terendapkan dikarenakan kondisi keasaman (pH) karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi adalah sebesar 9 sehingga kondisinya basa. Sedangkan untuk variasi material 6 nilai pH-nya adalah 7 atau netral sehingga unsur timbal cenderung teradsorpsi ke permukaan karbon aktif, bukan terendapkan.

**7. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Karbon aktif batok kelapa dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis hingga menjadi 0,0741 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Untuk karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis yang identik hingga menjadi 0 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam juga. Dapat dilihat bahwa hasil proses filtrasi menggunakan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi memiliki nilai kandungan timbal yang lebih sedikit sehingga hasilnya lebih baik. Hal ini bisa terjadi karena nilai pH dari karbon tanpa aktivasi itu sendiri adalah 9, dimana kondisi ini adalah kondisi basa. Timbal pada kondisi basa akan cenderung mengendap. Sedangkan untuk karbon aktif batok kelapa, nilai pH-nya adalah 7 atau netral sehingga kandungan timbal tidak terendapkan.

**4.5.3 Perbandingan dengan Karbon Aktif Batok Kelapa**

**1. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan variasi material 1 (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit)**

Karbon aktif batok kelapa dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis yang identik hingga menjadi 0,0741 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Untuk variasi material 1 dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis hingga menjadi 0,0833 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam pula. Hal ini menunjukkan bahwa

karbon aktif batok kelapa dapat mereduksi timbal lebih baik dibandingkan dengan variasi material 1, yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit.

**2. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan variasi material 2** (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit)

Kadar timbal yang terkandung dalam limbah sintetis yang difiltrasi selama 24 jam menggunakan karbon aktif batok kelapa tereduksi hingga mencapai 0,0741 mg/L.

Sedangkan untuk variasi material 2 tereduksi menjadi 0,0833 mg/L dengan waktu filtrasi 24 jam dan dengan limbah sintetis identik. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif batok kelapa memiliki daya adsorpsi yang lebih besar dibandingkan dengan variasi material 2 yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit.

**3. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan variasi material 3** (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit)

Karbon aktif batok kelapa dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis menjadi 0,0741 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Untuk variasi material 3 dengan sampel limbah sintetis identik dan waktu filtrasi yang sama, dapat mereduksi hingga kandungan timbal dalam sampel mencapai 0 mg/L. Hal ini menunjukkan variasi material 3 yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit dapat mereduksi timbal lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif batok kelapa.

**4. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan variasi material 4** (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 60 menit)

Karbon aktif batok kelapa dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis menjadi 0,0741 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Untuk variasi material 4 dengan sampel limbah sintetis identik dan waktu filtrasi yang sama, dapat mereduksi hingga kandungan timbal dalam sampel mencapai 0 mg/L. Hal ini menunjukkan variasi material 4 yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 60 menit dapat mereduksi timbal lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif batok kelapa.

**5. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan variasi material 5** (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 90 menit)

Karbon aktif batok kelapa dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis menjadi 0,0741 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Untuk variasi material 5 dengan sampel limbah sintetis identik dan waktu filtrasi yang sama, dapat mereduksi hingga kandungan timbal dalam sampel mencapai 0 mg/L. Hal ini menunjukkan variasi material 5 yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 90 menit dapat mereduksi timbal lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif batok kelapa.

**6. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan variasi material 6** (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit)

Karbon aktif batok kelapa dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis menjadi 0,0741 mg/L ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Untuk variasi material 6 dengan sampel limbah sintetis identik dan waktu filtrasi yang sama, dapat mereduksi hingga kandungan timbal dalam sampel mencapai 0 mg/L. Hal ini menunjukkan variasi material 6 yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit dapat mereduksi timbal lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif batok kelapa.

**4.5.4 Kesimpulan dan Hasil Pembahasan**

Hasil percobaan dan perbandingan diatas menunjukkan bahwa penggunaan variasi karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit, 50% 60 menit, 50% 90 menit, dan 50% 120% memiliki daya adsorpsi timbal yang lebih baik dibandingkan dengan variasi material lainnya. Hasil ini juga menunjukkan bawa semakin tinggi kadar KOH dan juga lama waktu dalam mengaktivasi karbon meningkatkan daya adsorpsi dari karbon aktif tersebut.

Tabel 4.6  
Rekapitulasi Kesesuaian Kadar Timbal dengan Baku Mutu Air pada Sampel Limbah setelah Filtrasi

No	Parameter	Satuan	Variasi	Kelas			
				I	II	III	IV
1			Sampel Awal	x	x	x	√
2			Tanpa Aktivasi	√	√	√	√
3			Material 1	x	x	x	√
4			Material 2	x	x	x	√
5	pH	mg/L	Material 3	√	√	√	√
6			Material 4	√	√	√	√
7			Material 5	√	√	√	√
8			Material 6	√	√	√	√
9			KABK	x	x	x	√

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Keterangan tabel:

√ = sesuai

x = tidak sesuai

Tabel 4.6 menunjukkan hasil rekapitulasi kesesuaian nilai kadar timbal dengan standar baku mutu air berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 yaitu 0,03 mg/L untuk kelas I-III dan 1,00 mg/L untuk kelas IV. Hasil dari proses filtrasi menggunakan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi, karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit, 50% 60 menit, 50% 90 menit, dan 50% 120 menit sudah memenuhi baku mutu air yang ada untuk semua kelas,



sedangkan untuk karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit, 30% 90 menit, dan karbon aktif batok kelapa belum sesuai dengan baku mutu untuk kelas I-III akan tetapi sudah memenuhi untuk baku mutu air kelas IV.

#### 4.6 Efektivitas

Efektivitas yang akan dihitung adalah efektivitas dalam mereduksi kandungan timbal dalam sampel limbah dengan membandingkan penurunan kandungan timbal pada sampel limbah setelah dilakukan proses filtrasi dan kandungan timbal pada sampel limbah awal.

Perhitungan efektivitas dapat dilakukan dengan menggunakan rumus (2-4).

Contoh perhitungan efektivitas reduksi timbal menggunakan sampel air limbah sintetis sebelum difilter dan setelah difilter menggunakan karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \eta (\%) &= \frac{\text{Konsentrasi limbah awal} - \text{konsentrasi limbah akhir}}{\text{konsentrasi limbah awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0,75 - 0,0833}{0,75} \times 100\% \\ &= 89\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk tingkat efektivitas dari variasi material lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Efektivitas Penurunan Kadar Pb pada Sampel Limbah Sintetis

No	Parameter	Variasi	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir	Efektivitas (%)
1	Pb	Tanpa Aktivasi	0,75	0	100%
2		Material 1		0,0833	89%
3		Material 2		0,0833	89%
4		Material 3		0	100%
5		Material 4		0	100%
6		Material 5		0	100%
7		Material 6		0	100%
8		KABK		0,0741	90%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Keterangan tabel:

Material 1 = Karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit

Material 2 = Karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit

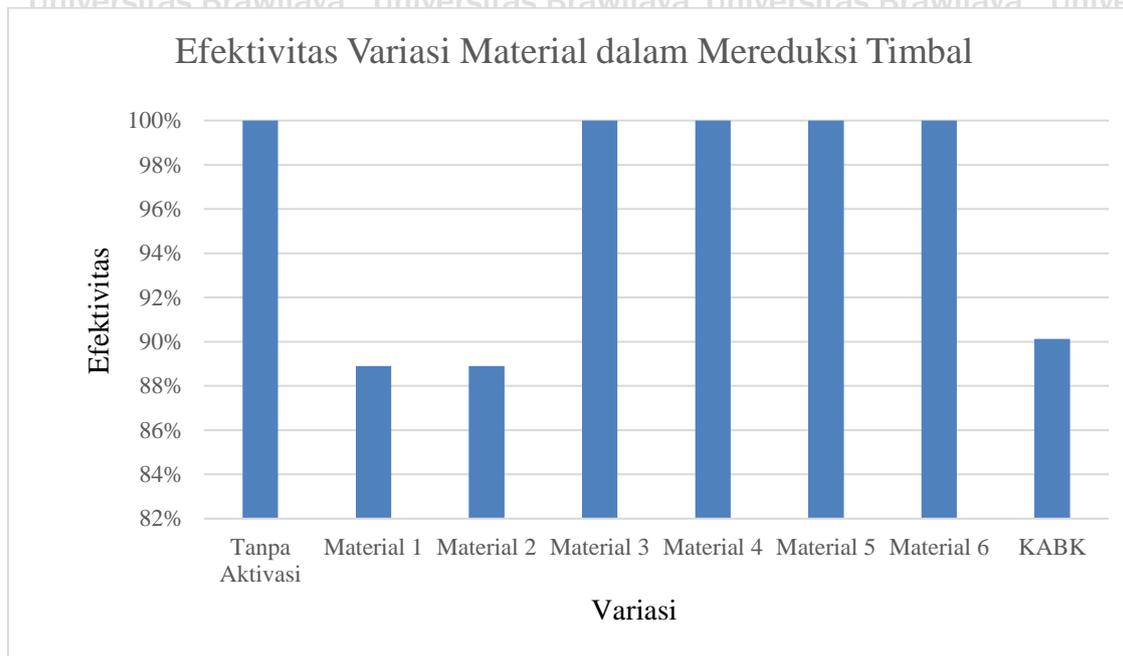
Material 3 = Karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit

Material 4 = Karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 60 menit

Material 5 = Karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 90 menit

Material 6 = Karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit

KABK = Karbon aktif batok kelapa



Gambar 4.11 Diagram batang efektivitas variasi material dalam mereduksi timbal dalam limbah sintetis

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

#### 4.6.1 Perbandingan Karbon Aktif Variasi Konsentrasi KOH pada Nilai Efektivitas

##### 4.6.1.1 Perbandingan Lama waktu Aktivasi dalam Konsentrasi KOH 30%

- Variasi material 1 dengan variasi material 2** (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit dengan karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit)

Variasi material 1 memiliki nilai efektivitas sebesar 89%. Variasi material yang memfiltrasi limbah sintetis yang identik selama 24 jam nilai efektivitasnya juga sebesar 89%. Hal ini menunjukkan bahwa kedua variasi material, baik dengan waktu aktivasi 60 menit maupun 90 menit memiliki daya adsorpsi yang sama.

- Variasi material 1 dengan variasi material 3** (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit dengan karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit)

Variasi 1 memiliki nilai efektivitas sebesar 89% dalam mereduksi limbah sintetis yang mengandung timbal ketika difiltrasi selama 24 jam. Sedangkan nilai efektivitas untuk variasi material 3 yang memfilter limbah sintetis identik dengan waktu yang sama, yaitu 24 jam, adalah 100%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi material 3, yaitu material yang berasal dari karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit memiliki nilai efektivitas yang lebih baik dibandingkan dengan material karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit.

**3. Variasi Material 2 dengan variasi material 3** (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit dengan karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit)  
Nilai efektivitas variasi material 2 dalam mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis melalui proses filtrasi selama 24 jam adalah 89%. Untuk variasi material 3 dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis yang identik dengan nilai efektivitas 100% ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam juga. Hal ini menunjukkan bahwa variasi material 3, yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit memiliki nilai efektivitas yang lebih baik dibandingkan dengan variasi material 2, yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit.

Dari hasil perbandingan di atas, didapatkan bahwa variasi material 3 memiliki nilai efektivitas yang paling baik. Dengan konsentrasi KOH yang sama, yaitu 30%, waktu terbaik dalam mengaktivasi karbon adalah 120 menit sehingga menghasilkan karbon aktif yang lebih efektif dibandingkan dengan waktu aktivasi lainnya.

#### **4.6.1.2 Perbandingan Lama waktu Aktivasi dalam Konsentrasi 50%**

Dari hasil uji laboratorium didapatkan bahwa ketiga jenis material karbon aktif cangkang bunga pinus dengan konsentrasi 50% dengan waktu yang berbeda yaitu 60 menit, 90 menit, dan 120 menit memiliki nilai efektivitas yang sama, yaitu 100%, dalam mereduksi kandungan timbal pada air limbah sintetis yang difiltrasi selama 24 jam. Hal ini bisa juga terjadi karena kandungan Pb yang terlalu kecil, sehingga masih belum bisa melihat mana yang lebih efektif karena ketiganya masih belum jenuh dan optimal dalam mereduksi timbal.

#### **4.6.1.3 Perbandingan Konsentrasi 30% dengan Konsentrasi 50%**

Pada perbandingan ini akan dibandingkan variasi waktu terbaik dari masing-masing konsentrasi untuk didapatkan variasi yang paling optimal. Dipilih untuk konsentrasi 30% adalah variasi waktu 120 menit. Hasil dari perhitungan untuk variasi 30% 120 menit serta 50% 60, 90, maupun 120 menit nilai efektivitasnya sama yaitu 100%. Hal ini menunjukkan bahwa keempat variasi memiliki daya adsorpsi yang sama baik, akan tetapi dikarenakan kandungan timbal yang cukup kecil, pada penelitian ini masih belum bisa dilihat variasi mana yang lebih baik dan lebih optimal.

#### **4.6.2 Perbandingan dengan Karbon Tanpa Aktivasi**

**1. Perbandingan variasi material 1** (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit) **dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Variasi material 1 memiliki nilai efektivitas yaitu 89% dalam mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Untuk karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi memiliki nilai efektivitas sebesar 100% dalam mereduksi kadar

timbangan pada limbah sintesis yang identik ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam juga.

Dapat dilihat bahwa nilai efektivitas karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif variasi 1. Hal ini bisa terjadi karena nilai pH dari karbon tanpa aktivasi itu sendiri adalah 9, dimana kondisi ini adalah kondisi basa. Timbal pada kondisi basa akan cenderung mengendap. Sedangkan untuk variasi 1, nilai pH-nya adalah 7 atau netral sehingga kandungan timbal tidak terendapkan.

**2. Perbandingan variasi material 2 (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit) dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Variasi material 2 memiliki nilai efektivitas sebesar 89% sedangkan untuk karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi nilainya adalah 100% dengan kondisi dilakukan proses filtrasi selama 24 jam dan menggunakan limbah identik pada keduanya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi lebih efektif dibandingkan variasi material 2. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan pada karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi timbal cenderung mengendap karena kondisi keasaman karbon adalah basa dengan pH sebesar 9. Sedangkan untuk variasi material 2 kondisinya netral (pH=7) sehingga timbal tidak terendapkan.

**3. Perbandingan variasi material 3 (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit) dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Kedua material yaitu variasi material 3 dan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi sama-sama memiliki nilai efektivitas sebesar 100%. Akan tetapi proses yang terjadi pada keduanya berbeda, dimana pada variasi material 3 terjadi proses adsorpsi dan tidak terjadi proses pengendapan karena derajat keasamannya adalah netral (pH=7). Sedangkan pada karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi memiliki derajat keasaman 9 (kondisi basa), dan timbal akan cenderung terendapkan pada kondisi lingkungan yang basa.

**4. Perbandingan variasi material 4 (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 60 menit) dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Variasi material 4 maupun karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi nilai efektivitasnya adalah 100%. Hal tersebut menunjukkan bahwa keduanya sama efektif dalam mereduksi kandungan timbal dalam sampel air limbah. Namun, pada filtrasi menggunakan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi timbal cenderung mengendap dikarenakan derajat keasaman karbon cangkang bunga pinus adalah 9 atau kondisinya basa, dan timbal cenderung akan mengendap apabila berada di lingkungan basa. Sedangkan pada variasi material 4 timbal cenderung teradsorpsi dan tidak terendapkan karena kondisi keasamannya adalah netral.

**5. Perbandingan variasi material 5 (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 90 menit) dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Kedua material yaitu variasi material 5 dan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi sama-sama memiliki nilai efektivitas sebesar 100%. Akan tetapi proses yang terjadi pada keduanya berbeda, dimana pada variasi material 5 terjadi proses adsorpsi dan tidak terjadi proses pengendapan karena derajat keasamannya adalah netral (pH=7). Sedangkan pada karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi memiliki derajat keasaman 9 (kondisi basa), dan timbal akan cenderung terendapkan pada kondisi lingkungan yang basa.

**6. Perbandingan variasi material 6 (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit) dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Baik variasi material 6 maupun karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi memiliki nilai efektivitas sebesar 100%. Hal tersebut menunjukkan bahwa keduanya sama-sama efektif dalam mereduksi unsur timbal yang terkandung di dalam sampel air limbah. Namun, pada filtrasi menggunakan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi timbal cenderung mengendap dikarenakan derajat keasaman karbon cangkang bunga pinus adalah 9 atau kondisinya basa, dan timbal cenderung akan mengendap apabila berada di lingkungan basa. Sedangkan pada variasi material 6 timbal cenderung teradsorpsi dan tidak terendapkan karena derajat keasamannya adalah netral.

**7. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi**

Karbon aktif batok kelapa memiliki nilai efektivitas sebesar 90%, sedangkan untuk karbon cangkang bunga pinus nilai efektivitasnya adalah 100%. Hal tersebut menunjukkan bahwa karbon cangkang bunga pinus lebih efektif dalam mereduksi kandungan timbal yang terkandung dalam sampel limbah dibandingkan dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi. Hal ini bisa terjadi karena nilai pH dari karbon tanpa aktivasi itu sendiri adalah 9, dimana kondisi ini adalah kondisi basa. Timbal pada kondisi basa akan cenderung mengendap. Sedangkan untuk karbon aktif batok kelapa, nilai pH-nya adalah 7 atau netral sehingga kandungan timbal tidak terendapkan.

**4.6.3 Perbandingan dengan Karbon Aktif Batok Kelapa**

**1. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan variasi material 1 (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit)**

Nilai efektivitas karbon aktif batok kelapa dalam mereduksi kadar timbal dalam limbah sintesis yang identik ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam adalah sebesar 90%. Untuk variasi material 1 dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintesis dengan nilai

efektivitas sebesar 89% ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam pula. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif batok kelapa dapat mereduksi timbal lebih baik dibandingkan dengan variasi material 1, yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 60 menit.

**2. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan variasi material 2 (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit)**

Nilai efektivitas untuk karbon aktif batok kelapa dalam mereduksi unsur timbal yang terkandung dalam limbah sintetis yang difiltrasi selama 24 jam adalah sebesar 90%. Sedangkan untuk variasi material 2 nilainya adalah 90% dengan waktu filtrasi 24 jam dan dengan limbah sintetis identik. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif batok kelapa memiliki nilai efektivitas yang lebih besar dibandingkan dengan variasi material 2 yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 90 menit.

**3. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan variasi material 3 (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit)**

Karbon aktif batok kelapa dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam memiliki nilai efektivitas sebesar 90%. Untuk variasi material 3 dengan sampel limbah sintetis identik dan waktu filtrasi yang sama, didapat nilai efektivitas sebesar 100%. Hal ini menunjukkan variasi material 3 yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit memiliki nilai efektivitas yang lebih besar dan dapat mereduksi timbal lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif batok kelapa.

**4. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan variasi material 4 (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 60 menit)**

Karbon aktif batok kelapa dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis dengan efektivitas sebesar 90% ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Untuk variasi material 4 dengan sampel limbah sintetis identik dan waktu filtrasi yang sama, nilai efektivitasnya adalah sebesar 100%. Hal ini menunjukkan variasi material 4 yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 60 menit lebih efektif dibandingkan dengan karbon aktif batok kelapa.

**5. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan variasi material 5 (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 90 menit)**

Karbon aktif batok kelapa dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis dengan efektivitas sebesar 90% ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Untuk variasi material 5 dengan sampel limbah sintetis identik dan waktu filtrasi yang sama, dapat mereduksi kandungan timbal dalam sampel dengan nilai efektivitas 100%. Hal ini

menunjukkan variasi material 5 yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 90 menit dapat mereduksi timbal lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif batok kelapa.

#### 6. Perbandingan karbon aktif batok kelapa dengan variasi material 6 (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit)

Karbon aktif batok kelapa dapat mereduksi kadar timbal dalam limbah sintetis dengan nilai efektivitas sebesar 90% ketika dilakukan proses filtrasi selama 24 jam. Untuk variasi material 6 dengan sampel limbah sintetis identik dan waktu filtrasi yang sama, dapat mereduksi kandungan timbal dalam sampel dengan nilai efektivitas sebesar 100%. Hal ini menunjukkan variasi material 6 yaitu karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit lebih efektif dalam mereduksi kandungan timbal dalam sampel air limbah dibandingkan dengan karbon aktif batok kelapa.

#### 4.6.4 Kesimpulan dan Hasil Pembahasan

Hasil percobaan dan perbandingan diatas menunjukkan bahwa penggunaan variasi karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit, 50% 60 menit, 50% 90 menit, dan 50% 120% memiliki nilai efektivitas yang lebih besar dibandingkan dengan variasi material lainnya. Hasil ini juga menunjukkan bawa semakin tinggi kadar KOH dan juga lama waktu dalam mengktivasi karbon meningkatkan nilai efektivitas karbon aktif tersebut.

Tabel 4.8

Rekapitulasi Efektivitas Adsorpsi Timbal

No	Parameter	Variasi	Efektivitas
1	Pb	Tanpa Aktivasi	Sangat Efektif
2		Material 1	Sangat Efektif
3		Material 2	Sangat Efektif
4		Material 3	Sangat Efektif
5		Material 4	Sangat Efektif
6		Material 5	Sangat Efektif
7		Material 6	Sangat Efektif
8		KABK	Sangat Efektif

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 4.8 menunjukkan tingkat efektivitas dari masing-masing variasi material dalam mereduksi timbal berdasarkan pada sub-bab 2.5.4. Secara keseluruhan, variasi material memiliki tingkat efektivitas yang sangat baik karena nilai efektivitasnya melebihi 80%.

#### 4.7 Uji SEM-EDX

SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray*) merupakan alat yang digunakan untuk melihat kondisi fisik serta unsur kimia yang terkandung di dalam

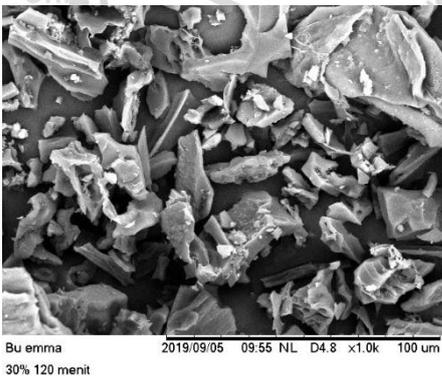
bahan yang di uji. Analisis ini hanya membutuhkan sampel yang sedikit serta waktu penganalisaannya cenderung cepat.

#### 4.7.1 Hasil Uji SEM-EDX

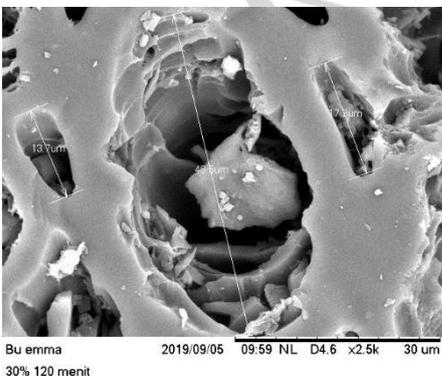
Pada pengujian SEM-EDX kali ini, penulis hanya menguji 4 variasi material yaitu variasi material 3, variasi material 6, karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi, serta karbon batok kelapa. Pemilihan ini untuk melihat perbedaan hasil terbaik dari masing-masing konsentrasi KOH, dan juga membandingkan dengan karbon aktif yang terbuat dari bahan lain. Uji ini hanya terbatas pada satu titik yang ditembak pada sampel yang diuji. Sampel ini diambil pada lapisan paling atas dari karbon. Selain itu juga hanya dilakukan satu kali pengujian untuk masing-masing sampel.

##### 4.7.1.1 Uji SEM-EDX Variasi Material 3 (Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit)

Uji SEM-EDX karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit yang sudah melalui proses filtrasi ini dilakukan di Institut Biosains Universitas Brawijaya, Malang pada tanggal 5 September 2019. Berikut hasil uji dari SEM-EDX karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit.



*Gambar 4.12* Hasil analisis SEM-EDX karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit dengan perbesaran 1000 kali  
Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019



*Gambar 4.13* Hasil analisis SEM-EDX karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit dengan perbesaran 2500 kali  
Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Dari hasil uji SEM-EDX yang ditunjukkan pada Gambar 4.12 menunjukkan butiran-butiran dari karbon tersebut dengan perbesaran 1000 kali. Kemudian pada gambar 4.13 ditunjukkan bentuk karbon yang lebih detail lagi dimana rongga pori dari salah satu butir karbon dapat terlihat. Dari gambar didapat bahwa dalam perbesaran 2500 kali tersebut terdapat 3 rongga dengan masing-masing panjang 13,7  $\mu\text{m}$ , 48,5  $\mu\text{m}$ , dan 17,3  $\mu\text{m}$ .

Dalam kedua gambar tersebut juga diperlihatkan bahwa pada rongga serta permukaan sampel terdapat partikel putih yang kemungkinan merupakan logam berat timbal yang teradsorpsi oleh karbon aktif tersebut.

Tabel 4.9

Hasil Analisis SEM-EDX Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	72,941	0,619	84,896
Oxygen	14,227	0,457	12,432
Sodium	0,228	0,062	0,139
Magnesium	0,296	0,038	0,170
Aluminum	0,270	0,036	0,140
Silicon	1,706	0,059	0,849
Potassium	1,249	0,063	0,447
Calcium	0,504	0,055	0,176
Iron	0,673	0,109	0,169
Zinc	0,163	0,127	0,035
Gold	7,423	0,263	0,527
Lead	0,318	0,168	0,021

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Keterangan:

Element : Unsur yang terkandung

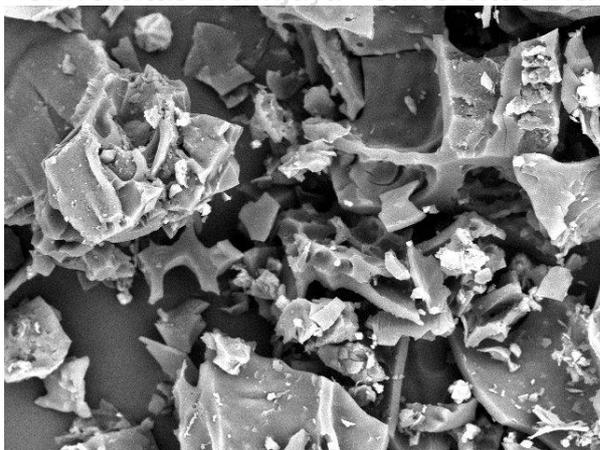
Wight (%) : Persen massa unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

Atomic (%) : Persen atom unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

Dari Tabel 4.9 ditunjukkan bahwa pada dalam karbon terkandung unsur timbal sebesar 0,318% dari sampel uji yang ditembak. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kandungan timbal di dalam karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit sehingga bahan ini berperan sebagai adsorben yang menyerap kandungan timbal pada sampel limbah.

#### 4.7.1.2 Uji SEM-EDX Variasi Material 6 (Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 Menit)

Uji SEM-EDX karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit yang sudah melalui proses filtrasi ini dilakukan di Institut Biosains Universitas Brawijaya, Malang pada tanggal 5 September 2019. Berikut hasil uji dari SEM-EDX karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit.

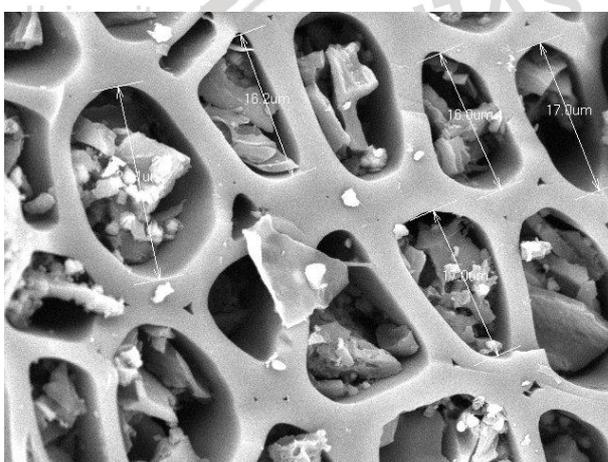


Bu emma 2019/09/05 10:03 NL D4.7 x1.0k 100 um

50% 120 menit

**Gambar 4.14** Hasil analisis SEM-EDX karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit dengan perbesaran 1000 kali

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019



Bu emma 2019/09/05 10:05 NL D4.7 x2.5k 30 um

50% 120 menit

**Gambar 4.15** Hasil analisis SEM-EDX karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit dengan perbesaran 2500 kali

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Dari hasil uji SEM-EDX yang ditunjukkan pada gambar 4.14 menunjukkan butiran-butiran dari karbon tersebut dengan perbesaran 1000 kali. Kemudian pada gambar 4.15 ditunjukkan bentuk karbon yang lebih detail lagi dimana rongga pori dari salah satu butir karbon dapat terlihat. Dari gambar didapat bahwa dalam perbesaran 2500 kali tersebut terdapat 10 rongga dengan rata-rata panjang rongga sebesar 17  $\mu\text{m}$ .

Dalam kedua gambar tersebut juga diperlihatkan bahwa pada rongga serta permukaan sampel terdapat partikel putih yang kemungkinan merupakan logam berat timbal yang teradsorpsi oleh karbon aktif tersebut.

Tabel 4.10  
Hasil Analisis SEM-EDX Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 Menit

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	56,459	0,478	68,711
Oxygen	26,977	0,379	24,648
Magnesium	0,220	0,027	0,132
Aluminum	3,188	0,056	1,727
Silicon	4,433	0,069	2,307
Potassium	4,996	0,079	1,868
Iron	0,562	0,069	0,147
Niobium	2,735	0,129	0,430
Lead	0,429	0,103	0,030

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Keterangan:

Element : Unsur yang terkandung

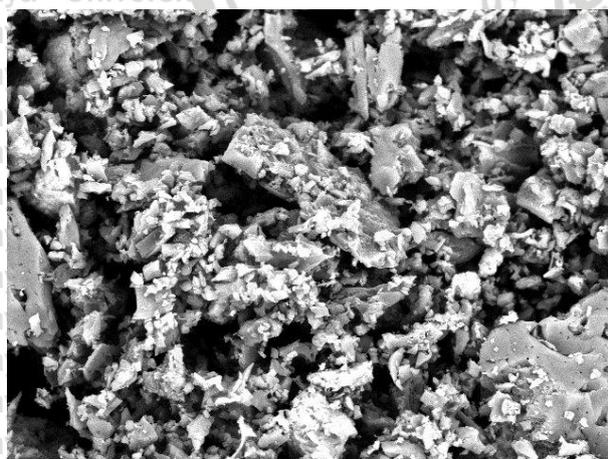
Wight (%) : Persen massa unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

Atomic (%) : Persen atom unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

Dari tabel 4.10 ditunjukkan bahwa pada dalam karbon terkandung unsur timbal sebesar 0,429% dari sampel uji yang ditembak. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kandungan timbal di dalam karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit sehingga bahan tersebut berperan sebagai adsorben yang menyerap kandungan timbal pada sampel limbah.

#### 4.7.1.3 Uji SEM-EDX Karbon Aktif Batok Kelapa

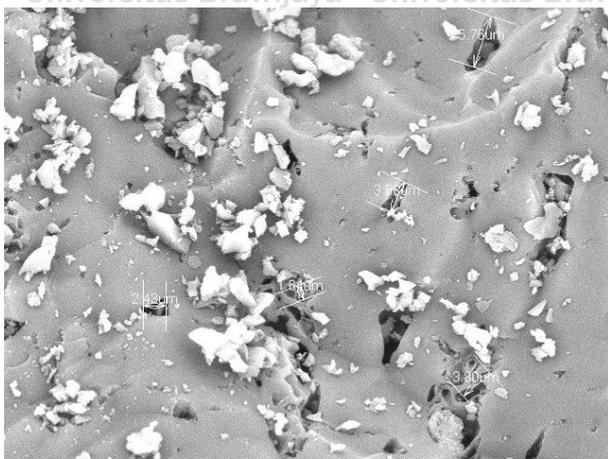
Uji SEM-EDX karbon aktif batok kelapa yang sudah melalui proses filtrasi ini dilakukan di Institut Biosains Universitas Brawijaya, Malang pada tanggal 5 September 2019. Berikut hasil uji dari SEM-EDX karbon aktif batok kelapa.



Bu emma  
batok kelapa  
2019/09/05 10:09 NL D4.6 x1.0k 100 um

Gambar 4.16 Hasil analisis SEM-EDX karbon aktif batok kelapa dengan perbesaran 1000 kali

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019



Bu emma 2019/09/05 10:12 NL D4.5 x2.5k 30 um  
batok kelapa

Gambar 4.17 Hasil analisis SEM-EDX karbon aktif batok kelapa dengan perbesaran 2500 kali

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Dari hasil uji SEM-EDX yang ditunjukkan pada gambar 4.16 menunjukkan butiran-butiran dari karbon tersebut dengan perbesaran 1000 kali. Kemudian pada gambar 4.17 ditunjukkan bentuk karbon yang lebih detail lagi dimana rongga pori dari salah satu butir karbon dapat terlihat. Dari gambar didapat bahwa dalam perbesaran 2500 kali tersebut jarang terdapat rongga pori, serta rata-rata panjang rongga hanya sebesar sebesar 3  $\mu\text{m}$ .

Dalam kedua gambar tersebut juga diperlihatkan bahwa pada rongga serta permukaan sampel terdapat partikel putih yang kemungkinan merupakan logam berat timbal yang teradsorpsi oleh karbon aktif tersebut.

Tabel 4.11

Hasil Analisis SEM-EDX Karbon Aktif Batok Kelapa

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	81,399	0,405	88,807
Oxygen	11,798	0,356	9,663
Silicon	1,215	0,041	0,567
Potassium	1,163	0,050	0,390
Niobium	3,771	0,166	0,532
Lead	0,653	0,133	0,041

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Keterangan:

Element : Unsur yang terkandung

Wight (%) : Persen massa unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

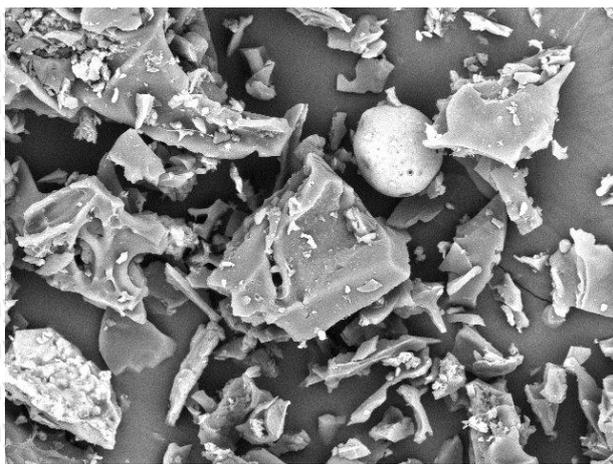
Atomic (%) : Persen atom unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

Dari Tabel 4.11 ditunjukkan bahwa dalam karbon terkandung unsur timbal sebesar 0,653% dari sampel uji yang ditembak. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kandungan

timbangan di dalam karbon aktif batok kelapa sehingga karbon aktif batok kelapa berperan sebagai adsorben yang menyerap kandungan timbal pada sampel limbah.

#### 4.7.1.4 Uji SEM-EDX Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi

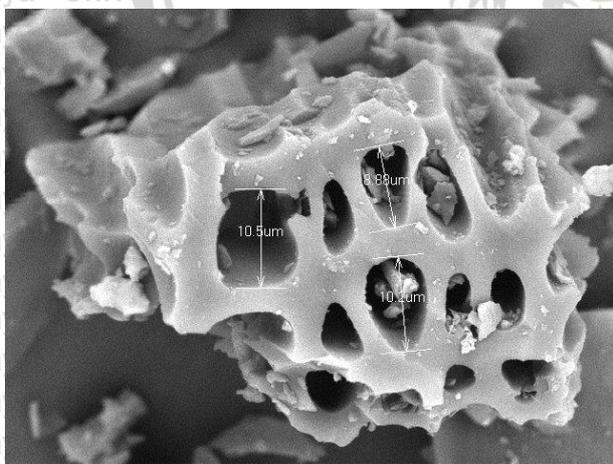
Uji SEM-EDX karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi yang sudah melalui proses filtrasi ini dilakukan di Institut Biosains Universitas Brawijaya, Malang pada tanggal 5 September 2019. Berikut hasil uji dari SEM-EDX karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi.



Bu emma 2019/09/05 09:51 NL D4.7 x1.0k 100 um  
tanpa aktivasi

*Gambar 4.18* Hasil analisis SEM-EDX karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi dengan perbesaran 1000 kali

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019



Bu emma 2019/09/05 09:49 NL D4.7 x2.5k 30 um  
tanpa aktivasi

*Gambar 4.19* Hasil analisis SEM-EDX karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi dengan perbesaran 2500 kali

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Dari hasil uji SEM-EDX yang ditunjukkan pada gambar 4.18 menunjukkan butiran-butiran dari karbon tersebut dengan perbesaran 1000 kali. Kemudian pada gambar 4.19 ditunjukkan bentuk karbon yang lebih detail lagi dimana rongga pori dari salah satu butir

karbon dapat terlihat, Dari gambar didapat bahwa dalam perbesaran 2500 kali tersebut terdapat 3 rongga besar dengan rata-rata panjang rongga sebesar 10  $\mu\text{m}$  dan 8 rongga kecil dengan rata-rata rongga sebesar 6  $\mu\text{m}$ .

Dalam kedua gambar tersebut juga diperlihatkan bahwa pada rongga serta permukaan sampel terdapat partikel putih yang kemungkinan merupakan logam berat timbal yang teradsorpsi oleh karbon aktif tersebut

Tabel 4.12  
 Hasil Analisis SEM-EDX Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	77,762	0,482	87,104
Oxygen	14,168	0,408	11,914
Silicon	0,713	0,041	0,341
Potassium	0,494	0,049	0,170
Copper	0,020	0,116	0,004
Gold	6,618	0,230	0,452
Lead	0,226	0,158	0,015

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Keterangan:

Element : Unsur yang terkandung

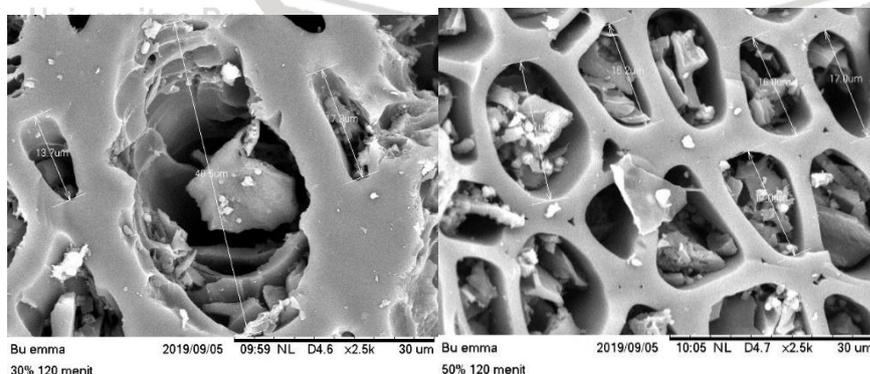
Wight (%) : Persen massa unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

Atomic (%) : Persen atom unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

Dari Tabel 4.12 ditunjukkan bahwa pada dalam karbon terkandung unsur timbal sebesar 0,226% pada sampel uji yang ditembak. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kandungan timbal di dalam karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi sehingga bahan ini berperan sebagai adsorben yang menyerap kandungan timbal pada sampel limbah.

#### 4.7.2 Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX

##### 4.7.2.1 Perbandingan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit dengan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 Menit



Gambar 4.20 Hasil uji SEM-EDX perbesaran 2500x (a) karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit (b) karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Dari perbandingan gambar hasil uji SEM-EDX dengan perbesaran yang sama, yaitu 2500 kali, didapatkan bahwa walaupun untuk karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit memiliki panjang rongga pori yang besar, tetapi jarak antar pori juga besar. Sedangkan untuk karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit, walaupun jika dibandingkan dengan panjang pori karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit masih cenderung lebih kecil, akan tetapi jarak antar pori yang satu dengan yang lainnya lebih kecil. Berdasarkan Sub-bab 2.4 bahwa semakin kecil pori-pori karbon akan menghasilkan luas permukaan yang semakin besar, maka luas permukaan karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit memiliki luas permukaan total yang lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit.

Dari Gambar 4.20 juga dapat dilihat bahwa karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit menangkap lebih banyak unsur limbah ke dalam rongga porinya dibandingkan dengan karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit.

Tabel 4.13

Tabel Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX Kandungan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit dengan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 Menit

Element	Weight (%)	
	Variasi Material 3	Variasi Material 6
Carbon	72,941	56,459
Oxygen	14,227	26,977
Magnesium	0,296	0,220
Aluminum	0,270	3,188
Silicon	1,706	4,433
Potassium	1,249	4,996
Iron	0,673	0,562
Lead	0,318	0,429

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Keterangan:

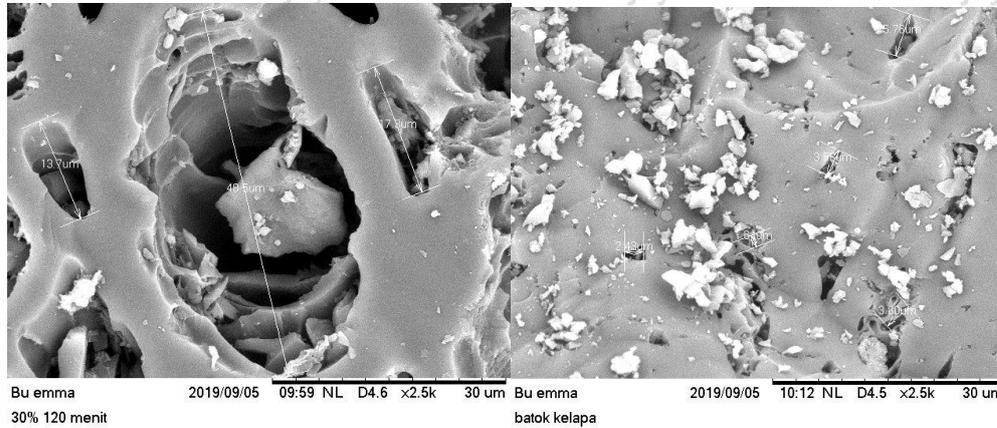
Element : Unsur yang terkandung

Wight (%) : Persen massa unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

Dari Tabel 4.13 didapatkan bahwa variasi material 3 (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit) memiliki kandungan karbon yang lebih besar dibandingkan dengan variasi material 6 (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit), sedangkan kandungan oksigennya lebih sedikit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa luas rongga pori total variasi material 6 lebih besar dibandingkan variasi material 3. Kandungan timbal yang terdapat didalam variasi material 6 juga lebih besar dibandingkan pada variasi material 3,

sehingga kemungkinan variasi material 6 untuk menyerap unsur timbal di dalam limbah juga lebih besar.

**4.7.2.2 Perbandingan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit dengan Karbon Aktif Batok Kelapa**



*Gambar 4.21* Hasil uji SEM-EDX perbesaran 2500x (a) karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit (b) karbon aktif batok kelapa  
 Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Dari perbandingan gambar hasil uji SEM-EDX dengan perbesaran yang sama, yaitu 2500 kali, didapatkan bahwa luas rongga pori total karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit jauh lebih besar daripada karbon aktif batok kelapa yang rongga porinya cenderung kecil dan jarak antar pori yang satu dengan yang lain sangat besar.

Akan tetapi, dari Gambar 4.21 dapat dilihat bahwa unsur timbal lebih banyak terdapat di permukaan karbon aktif batok kelapa dibandingkan dengan karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit.

**Tabel 4.14**  
 Tabel Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX Kandungan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit dengan Karbon Aktif Batok Kelapa

Element	Weight (%)	
	Variasi Material 3	KABK
Carbon	72,941	81,399
Oxygen	14,227	11,798
Magnesium	0,296	0
Aluminum	0,270	0
Silicon	1,706	1,215
Potassium	1,249	1,163
Iron	0,673	0
Lead	0,318	0,653

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Keterangan:

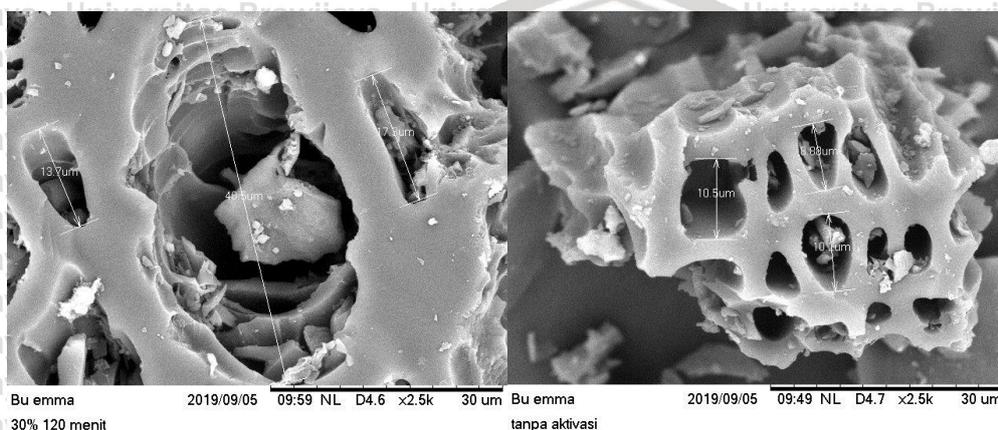
Element : Unsur yang terkandung



Wight (%) : Persen massa unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

Dari Tabel 4.14 didapatkan bahwa variasi material KABK (karbon aktif batok kelapa) memiliki kandungan karbon yang lebih besar dibandingkan dengan variasi material 3 (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit), sedangkan kandungan oksigennya lebih sedikit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa luas rongga pori total variasi material 3 lebih besar dibandingkan karbon aktif batok kelapa. Akan tetapi, untuk kandungan timbal lebih banyak terdapat dalam karbon aktif batok kelapa yang diuji.

**4.7.2.3 Perbandingan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit dengan Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi**



Gambar 4.22 Hasil uji SEM-EDX perbesaran 2500x (a) karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit (b) karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi  
 Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Dari perbandingan gambar hasil uji SEM-EDX dengan perbesaran yang sama, yaitu 2500 kali, dapat dilihat bahwa untuk karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit memiliki rongga pori yang besar tetapi jumlahnya sedikit, sedangkan untuk karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi rongga porinya cenderung kecil akan tetapi jumlahnya lebih banyak.

Secara kasat mata, kandungan timbal pada kedua gambar titik penembakan yang ditunjukkan pada Gambar 4.22 memiliki jumlah yang kurang lebih sama.

Tabel 4.15  
 Tabel Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX Kandungan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit dengan Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi

Element	Weight (%)	
	Variasi Material 3	Tanpa Aktivasi
Carbon	72,941	77,762
Oxygen	14,227	14,168
Magnesium	0,296	0
Aluminum	0,270	0
Silicon	1,706	0,713



Lanjutan Tabel 4.15

Tabel Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX Kandungan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 30% 120 Menit dengan Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi

Element	Weight (%)	
	Variasi Material 3	Tanpa Aktivasi
Potassium	1,249	0,494
Iron	0,673	0
Lead	0,318	0,226

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

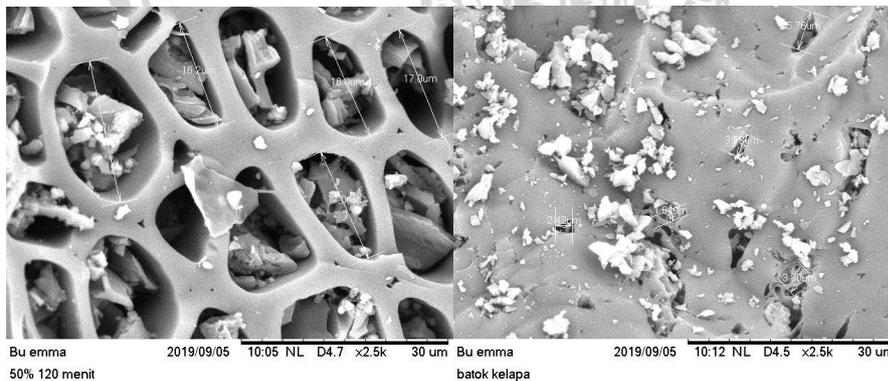
Keterangan:

Element : Unsur yang terkandung

Wight (%) : Persen massa unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

Dari Tabel 4.15 didapatkan bahwa kandungan unsur karbon pada variasi material karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi sedikit lebih banyak dibandingkan dengan variasi material 3 (karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit), sedangkan jumlah kandungan oksigennya cenderung sama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa luas rongga pori total variasi material 3 lebih besar dibandingkan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi. Kandungan timbal pada titik yang ditembak di karbon aktif cangkang bunga pinus 30% 120 menit juga lebih besar dibandingkan dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi.

#### 4.7.2.4 Perbandingan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 Menit dengan Karbon Aktif Batok Kelapa



Gambar 4.23 Hasil uji SEM-EDX perbesaran 2500x (a) karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit (b) karbon aktif batok kelapa

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Dari perbandingan gambar hasil uji SEM-EDX dengan perbesaran yang sama, yaitu 2500 kali, didapatkan bahwa walaupun untuk karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit memiliki panjang rongga pori yang besar dan jarak antar porinya pun kecil. Sedangkan untuk karbon aktif batok kelapa, panjang rongga porinya kecil serta jarak antar porinya

sangat besar. Sehingga jika dibandingkan luas pori total kedua bahan tersebut, karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit memiliki total luas pori yang lebih besar.

Akan tetapi, dari Gambar 4.23 juga dapat dilihat bahwa karbon aktif batok kelapa menangkap unsur timbal dalam limbah sintesis lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit.

Tabel 4.16  
Tabel Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX Kandungan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 Menit dengan Karbon Aktif Batok Kelapa

Element	Weight (%)	
	Variasi Material 6	KABK
Carbon	56,459	81,399
Oxygen	26,977	11,798
Magnesium	0,220	0
Aluminum	3,188	0
Silicon	4,433	1,215
Potassium	4,996	1,163
Iron	0,562	0
Lead	0,429	0,653

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

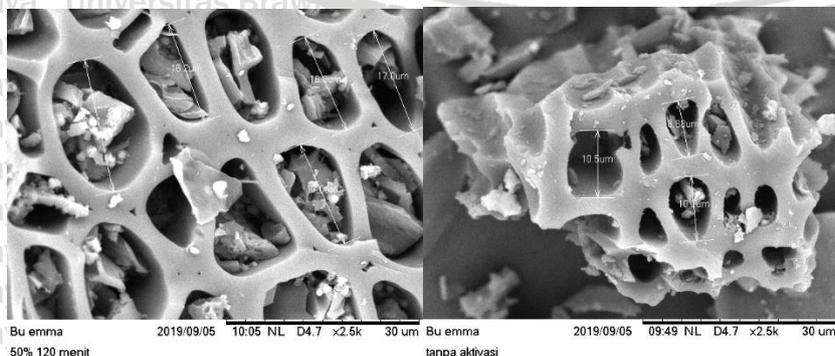
Keterangan:

Element : Unsur yang terkandung

Wight (%) : Persen massa unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

Dari Tabel 4.16 didapatkan bahwa variasi KABK (karbon aktif batok kelapa) memiliki kandungan karbon yang lebih besar dibandingkan dengan variasi material 6 (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit), sedangkan untuk kandungan oksigen di dalamnya lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa luas total rongga pori karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit lebih besar dibandingkan karbon aktif batok kelapa.

#### 4.7.2.5 Perbandingan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 Menit dengan Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi



Gambar 4.24 Hasil uji SEM-EDX perbesaran 2500x (a) karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit (b) karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Dari perbandingan gambar hasil uji SEM-EDX dengan perbesaran yang sama, yaitu 2500 kali, didapatkan bahwa karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit memiliki panjang rongga pori yang besar dan jarak antar porinya pun kecil. Sedangkan untuk karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi, panjang rongga porinya lebih kecil dan jarak antar porinya lebih besar. Sehingga jika dibandingkan luas pori total kedua bahan tersebut, karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit memiliki total luas pori yang lebih besar.

Dari Gambar 4.24 juga dapat dilihat bahwa terdapat lebih banyak unsur timbal pada rongga pori karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit dibandingkan pada rongga pori karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi.

Tabel 4.17

Tabel Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX Kandungan Karbon Aktif Cangkang Bunga Pinus 50% 120 Menit dengan Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi

Element	Weight (%)	
	Variasi Material 6	Tanpa Aktivasi
Carbon	56,459	77,762
Oxygen	26,977	14,168
Magnesium	0,220	0
Aluminum	3,188	0
Silicon	4,433	0,713
Potassium	4,996	0,494
Iron	0,562	0
Lead	0,429	0,226

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

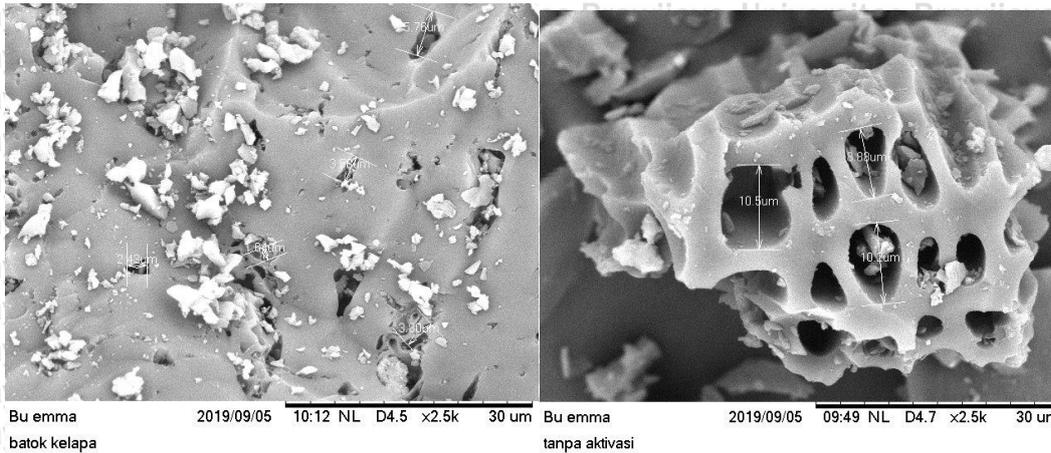
Keterangan:

Element : Unsur yang terkandung

Wight (%) : Persen massa unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

Dari Tabel 4.17 didapatkan bahwa karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi memiliki kandungan karbon yang lebih besar dibandingkan dengan variasi material 6 (karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit), sedangkan untuk kandungan oksigen di dalamnya lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa luas total rongga pori karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit lebih besar dibandingkan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi.

**4.7.2.6 Perbandingan Karbon Aktif Batok Kelapa dengan Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi**



Gambar 4.25 Hasil uji SEM-EDX perbesaran 2500x (a) karbon aktif batok kelapa (b) karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi  
 Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Dari perbandingan gambar hasil uji SEM-EDX dengan perbesaran yang sama, yaitu 2500 kali, didapatkan bahwa luas rongga pori karbon aktif batok kelapa sangat kecil dan jarak antar satu sama lainnya sangat besar. Sedangkan untuk karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi memiliki panjang rongga pori yang besar dan jarak antar rongga porinya cukup berdekatan.

Akan tetapi, dari Gambar 4.25 dapat dilihat bahwa terdapat lebih banyak unsur timbal pada rongga pori karbon aktif batok kelapa dibandingkan pada rongga pori karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi.

Tabel 4.18  
 Tabel Perbandingan Hasil Uji SEM-EDX Kandungan Karbon Aktif Batok Kelapa dengan Karbon Cangkang Bunga Pinus Tanpa Aktivasi

Element	Weight (%)	
	KABK	Tanpa Aktivasi
Carbon	81,399	77,762
Oxygen	11,798	14,168
Magnesium	0	0
Aluminum	0	0
Silicon	1,215	0,713
Potassium	1,163	0,494
Iron	0	0
Lead	0,653	0,226

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Keterangan:

Element : Unsur yang terkandung

Wight (%) : Persen massa unsur yang terkandung pada titik yang ditembak

Dari Tabel 4.18 didapatkan bahwa variasi material KABK (karbon aktif batok kelapa) memiliki kandungan karbon yang lebih besar dibandingkan dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi, sedangkan untuk kandungan oksigen di dalamnya lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa luas total rongga pori karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi lebih besar dibandingkan karbon aktif batok kelapa. Sedangkan untuk kandungan timbal pada titik yang ditembak pada masing-masing variasi material, karbon aktif batok kelapa memiliki kandungan timbal yang lebih besar dibandingkan dengan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi.

#### 4.7.3 Rekapitulasi Hasil Uji SEM-EDX

Tabel 4.19  
Rekapitulasi Kandungan Unsur Variasi Material

Element	Weight %			
	30% 120m	50% 120 m	Batok Kelapa	Tanpa Aktivasi
Carbon	72,941	56,459	81,399	77,762
Oxygen	14,227	26,977	11,798	14,168
Magnesium	0,296	0,220	0	0
Aluminum	0,270	3,188	0	0
Silicon	1,706	4,433	1,215	0,713
Potassium	1,249	4,996	1,163	0,494
Iron	0,673	0,562	0	0
Lead	0,318	0,429	0,653	0,226

Sumber: Hasil Pengujian SEM-EDX, 2019

Dari hasil perbandingan pada Sub-bab 4.7.2, didapatkan bahwa karbon aktif cangkang bunga pinus 50% 120 menit memiliki jumlah pori yang paling banyak dibandingkan dengan jenis yang lainnya, selain itu juga panjang dari rongga porinya cenderung seragam. Hal ini menunjukkan bahwa luas permukaan untuk karbon aktif cangkang bunga pinus variasi 50% 120 menit lebih besar dibandingkan dengan variasi lainnya. Sedangkan untuk luas permukaan terkecil adalah karbon aktif batok kelapa, dimana jumlah rongga porinya sedikit dan diameternya pun juga kecil.

(halaman ini sengaja dikosongkan)



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian mutu serta daya serap karbon terhadap logam berat timbal (Pb), dapat disimpulkan bahwa:

1. Semua variasi material yang digunakan sudah memenuhi baku mutu pada SNI 06-3730-95 dengan nilai rendemen 78,886%, kadar air terendah adalah karbon aktif cangkang bunga pinus 30% (konsentrasi larutan aktivator) 120 menit (lama proses aktivasi) dengan nilai 0,599% dan tertinggi adalah karbon aktif cangkang bunga pinus 50% (konsentrasi larutan aktivator) 60 menit (lama proses aktivasi) dengan nilai 13,492%, serta kadar abu terendah adalah karbon aktif cangkang bunga pinus 30% (konsentrasi larutan aktivator) 60 menit (lama proses aktivasi) dengan nilai 6,175% dan tertinggi adalah karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi dengan nilai 9,469%.
2. Hasil dari proses filtrasi menggunakan karbon cangkang bunga pinus tanpa aktivasi, karbon aktif cangkang bunga pinus 30% (konsentrasi larutan aktivator) 120 menit (lama proses aktivasi), 50% (konsentrasi larutan aktivator) 60 menit (lama proses aktivasi), 50% (konsentrasi larutan aktivator) 90 menit (lama proses aktivasi), serta 50% (konsentrasi larutan aktivator) 120 menit (lama proses aktivasi) memiliki nilai efektivitas 100%, untuk karbon aktif cangkang bunga pinus 30% (konsentrasi larutan aktivator) 60 menit (lama proses aktivasi) dan 30% (konsentrasi larutan aktivator) 90 menit (lama proses aktivasi) memiliki nilai efektivitas 89%, sedangkan untuk karbon aktif batok kelapa memiliki nilai efektivitas sebesar 90%.
3. Dari hasil uji SEM-EDX didapatkan secara kasat mata bahwa luas permukaan untuk karbon aktif cangkang bunga pinus variasi 50% (konsentrasi larutan aktivator) 120 menit (lama proses aktivasi) lebih besar dibandingkan dengan variasi lainnya.
4. Pada penelitian ini, dipilih cangkang bunga pinus 50% (konsentrasi larutan aktivator) 120 menit (lama proses aktivasi) sebagai karbon dengan kualitas terbaik karena memenuhi standar mutu yang ada, efektif dalam mereduksi timbal, serta memiliki luas permukaan total yang lebih besar dibandingkan dengan variasi material lainnya secara kasat mata.

**5.2 Saran**

1. Melakukan uji kualitas air dengan konsentrasi limbah lebih besar agar dapat terlihat perbandingan yang signifikan untuk masing-masing variasi material.
2. Melakukan uji adsorpsi metilen biru agar dapat diketahui luas permukaan material yang diuji secara matematis dan lebih spesifik.



## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, R. (2018). Spektrofotometer Cahaya Tampak Sederhana untuk Menentukan Panjang Gelombang Serapan Maksimum Larutan  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  dan  $\text{CuSO}_4$ . *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Anonim. (2001). *Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta: Pemerintah Pusat
- Arbintarso, E. S. (2009). Tinjauan Kekuatan Lengkung Papan Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Teknik. *Jurnal Teknologi*. II (1): 53.
- Devi, R. P. (2011). Penerapan Metode *Team Assisted Individualization* (TAI) untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Materi Pokok Stoikiometri pada Siswa Kelas X di SMK NU 4 Patebon Kabupaten Kendal. *Skripsi*. Semarang: Institut Agama Islam Negeri Walisongo.
- Erlina, Umiatin, Budi, U. (2015). Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa untuk adsorpsi Logam Cu. *Seminar Nasional Fisika*. IV: 55-60.
- Fahmi, M. A. (2019). Studi Efisiensi Filter Penjernih Air Menggunakan Kombinasi Bahan Batu Scoria dan Batu Apung dengan Zeolit dan Kerikil untuk Mengurangi Polutan pada Limbah Sintetis (Cr dan Pb). *Skripsi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Fong, D. (2009). *Scanning Electron Microscope on a Chip*. Los Angeles: UCLA Department of Physics and Astronomy. [http://www.pa.ucla.edu/sites/default/files/files/REU/Papers%202009/fong\\_david.pdf](http://www.pa.ucla.edu/sites/default/files/files/REU/Papers%202009/fong_david.pdf). (diakses 12 Januari 2019).
- Hendra, D. (2006). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dan Serbuk Kayu Gergajian Campuran. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. XXIV (2): 117-132.
- Khuluk, Rifki Husnul. (2016). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocous nucifera* L.) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. *Skripsi*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Manullang, S. A., Bali, S., Itnawita. (2013). Potensi Arang Aktif Cangkang Bunga Pinus sebagai Adsorben Ion Kadmium dan Timbal dengan Aktivator  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dalam Larutan. *Jurnal Universitas Riau*.
- Marsh, H. & Reinoso, F. R. (2006). *Activated Carbon*. Oxford: Elsevier.
- Munasir, Triwikantoro, Zainuri, Darminto. (2012). Uji XRD dan XRF pada Bahan Mineral (Batu dan Pasir) sebagai Suber Material Cerdas ( $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{SiO}_2$ ). *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*. 2 (1): 20-29.
- Polii, F. F. (2017). Pengaruh Suhu dan Lama Aktivasi terhadap Mutu Arang Aktif dari Kayu Kelapa. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*. XII (2): 21-28

- Rohmah, P. M., & Redjeki, A. S. (2014). Pengaruh Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Karbon aktif Berbahan Baku Sekam Padi dengan Aktivator KOH. *Konversi*. III (1): 19-27.
- Romli, M., Suhartono, Setiani, O. (2016). Hubungan Kadar Plumbum (Pb) Dalam Darah dengan Prestasi Belajar Pada Anak Sekolah di SDN Grinting 01 Kecamatan Bulakamba Kabupaten Brebes. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. XV (2): 36-41.
- Rosalina, Tedja, T., Riani, E., & Sugiarti, S. (2016). Pengaruh Aktivasi Fisika dan Kimia Arang Aktif Buah Bintaro terhadap Daya Serap Logam Berat Krom. *Biopropal Industri*. VII (1): 35-45.
- Shofa. (2012). Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Depok: Universitas Indonesia.
- Siong, Y. K., J. Idris, M. Mazar Atabaki. (2013). Performance of Activated Carbon in Water Filters.
- Stoker, H. S. & Seager, S. L. (1976). *Environmental Chemistry: Air and Water Pollution*. USA:Scott, Foresman and Company.
- Sudiarta, I Wayan & Sahara, E. (2006). Biosorpsi Cr (III) Pada Biosorben Serat Sabut Kelapa Teraktivasi Natrium Hidroksida (NaOH). *Jurnal Kimia FMIPA Universitas Udayana*. V (2).
- Sudibandriyo, M. (2003). A Generalized Ono-Kondo Lattice Model for Highpressure Adsorption on Carbon Adsorbents. *Thesis*. Tidak dipublikasikan. Oklahoma: Okalhoma State University.
- Sudrajat, R., Pari, G. (2011) *Arang Aktif: Teknologi Pengolahan dan Masa Depan*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Suhartana. (2006). Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobogan. *Berkala Fisika*. IX (3): 154.
- Sujarwanto, Aries. (2014). Keefektifan Media Filter Arang Aktif dan Ijuk Dengan Variasi Lama Kontak dalam Menurunkan Kadar Besi Air Sumur di Pabelan Kartasura Sukoharjo. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, Dimiyati, A. (2015). Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*. IX (2): 44-50.
- Viklund. (2008). Teknik Pemeriksaan Material Menggunakan XRF, XRD dan SEMEDS. *Jurnal Sains*.
- Wati, E. A. E. S. (2010). Penetapan Logam Timbal dengan Metode Spektrofotometri Sinar Tampak. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.



# LAMPIRAN 1



### Perhitungan Pembuatan Limbah Timbal Buatan dengan Konsentrasi 0,75 ppm

Senyawa :  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

Ar Pb = 207 g/mol

Ar N = 14 g/mol x 2

= 28 g/mol

Ar O = 16 gr/mol x 3 x 2

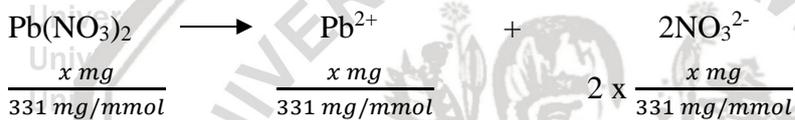
= 96 g/mol

Mr  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  = Ar Pb + Ar N + Ar O

= (207 + 28 + 96) g/mol

= 331 g/mol

Larutan induk = 1000 ppm



Massa Pb =  $\text{Pb}^{2+} \times \text{Ar Pb}$

$$1000 \text{ mg} = \frac{x \text{ mg}}{331 \text{ mg/mmole}} \times 207 \text{ mg/mmole}$$

$$x = \frac{1000 \text{ mg} \times 331 \text{ mg/mmole}}{207 \text{ mg/mmole}}$$

$$x = 1599,034 \text{ mg} = 1,599 \text{ gr} \approx 1,6 \text{ gr}$$

Pengenceran 0,75 ppm

Misalkan diambil 5 ml larutan induk

$$V_1 \times M_2 = V_2 \times M_1$$

$$5 \text{ ml} \times 1000 \text{ ppm} = V_2 \times 0,75$$

$$V_2 = \frac{5 \text{ ml} \times 1000 \text{ ppm}}{0,75}$$

$$= 666,67 \text{ ml} = 6,67 \text{ L}$$

Jadi, 5 ml larutan induk diencerkan dengan aquades hingga volumenya menjadi 6,67 L





# LAMPIRAN 2

(halaman ini sengaja dikosongkan)



## DAFTAR ISTILAH

- Adsorpsi** : Proses penyerapan suatu zat tertentu oleh padatan yang terjadi di permukaan padatan tersebut.
- Aktivasi** : Proses yang dilakukan untuk meningkatkan luas permukaan karbon aktif yang menyebabkan daya adsorpsi karbon aktif semakin meningkat pula.
- Aktivator** : zat kimiawi yang digunakan untuk mengaktifasi karbon agar meningkatkan luas permukaan karbon tersebut.
- Amfoter** : zat yang dapat bersifat asam maupun basa.
- EAC** : *Extruded Activated Carbon*, karbon aktif berbentuk pellet yang berasal dari karbon aktif bubuk yang dipadatkan. Ukuran butirannya adalah 0,8-5 mm.
- GAC** : *Granular Activated Carbon*, karbon aktif yang berbentuk granular dengan diameter butiran 0,2-5 mm.
- Karbonisasi** : Proses pembakaran pada suhu tertentu suatu bahan organik dengan jumlah oksigen yang terbatas
- KOH** : Kalium hidroksida, merupakan basa kuat.
- PAC** : *Powdered Activated Carbon*, karbon aktif berbentuk bubuk dengan ukuran butiran <0,18 mm.
- Pb** : Unsur timbal, dengan nama latin plumbum.
- Porositas** : ukuran ruang kosong dalam suatu material.
- Rendemen** : nilai dari suatu produk, yaitu perbandingan antara berat kering produk yang dihasilkan dengan berat bahan baku.
- SEM-EDX** : *Scanning Electron Mycroscopy- Energy Dispersive X-ray*, alat yang digunakan untuk melihat kondisi morfologi dan topografi serta unsur kimia yang terkandung di dalam bahan yang di uji.
- Slow pirolisis** : alat yang kedap udara sehingga tidak terdapat oksigen di dalamnya digunakan untuk proses pembakaran.
- Furnace** : tungku pembakaran listrik yang kedap udara sehingga tidak terdapat oksigen di dalamnya.



**BIAYA ANALISA KUALITAS AIR**

No. Surat : /UN10.F07.61 /KU/2019  
 Tanggal Terima Sampel : 27 Agustus 2019  
 Nama Pemilik Sampel : Fanisa Ayu Dwinendras & Aulia Dinniar Putri  
 Lokasi : Laboratorium Tanah dan Air Tanah  
 Parameter : Tembaga (Cu) & Timbal (Pb)  
 Nama Penerima Sampel : Prasetyo Rubiantoro, SP.

No	Parameter	Harga Analisa	Jumlah Sampel	Total Biaya
1.	Pb	50.000,-	9	450.000,-
2.	Cu	50.000,-	8	400.000,-

Total Biaya Analisa Rp. 850.000,-

Mengetahui,  
 Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Malang, September 2019  
 Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

 Dr.Ir. Ussy Andawayanti, MS.  
 NIP. 19610131 198609 2 001

 Emma Yuliani, ST., MT., Ph.D.  
 NIP. 197507232000032001



## HASIL ANALISA

No. Surat : /UN10.F07.61.PP/2019  
 Tanggal Terima Sampel : 27 Agustus 2019  
 Nama Pemilik Sampel : Aulia Dinniar Putri  
 Lokasi : Laboratorium Tanah dan Air Tanah  
 Parameter : Timbal (Pb(II))  
 Nama Penerima Sampel : Prasetyo Rubiantoro, SP.

No	Perlakuan Sampel	Metode	Satuan	Hasil Analisa
1	Sampel Awal	Spektrofotometri	mg/L	0,75
2	Tanpa Aktivasi	Spektrofotometri	mg/L	0
3	Material 1 (30% 60m)	Spektrofotometri	mg/L	0,0833
4	Material 2 (30% 90m)	Spektrofotometri	mg/L	0,0833
5	Material 3 (30% 120m)	Spektrofotometri	mg/L	0
6	Material 4 (50% 60m)	Spektrofotometri	mg/L	0
7	Material 5 (50% 90m)	Spektrofotometri	mg/L	0
8	Material 6 (50% 120m)	Spektrofotometri	mg/L	0
9	KABK	Spektrofotometri	mg/L	0,0741

Mengingat  
 Kepala Jurusan Teknik Pengairan  
 Universitas Brawijaya  
  
 Dr. Opsy Andawayanti, MS.  
 NIP. 19610131198609 2 001

Malang, September 2019  
 Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

  
 Emma Yuliani, ST., MT., Ph.D.  
 NIP. 197507232000032001

**HASIL ANALISA**

No. Surat : /UN10.F07.61.PP/2019  
 Tanggal Terima Sampel : 27 Agustus 2019  
 Nama Pemilik Sampel : Fanisa Ayu Dwinendras  
 Lokasi : Laboratorium Tanah dan Air Tanah  
 Parameter : Timbal (Pb(II))  
 Nama Penerima Sampel : Prasetyo Rubiantoro, SP.

No	Perlakuan Sampel	Metode	Satuan	Hasil Analisa
1	Sampel Awal	Spektrofotometri	mg/L	0,75
2	Tanpa Aktivasi	Spektrofotometri	mg/L	0
3	Material 1 (30% 60m)	Spektrofotometri	mg/L	0,0833
4	Material 2 (30% 90m)	Spektrofotometri	mg/L	0,0833
5	Material 3 (30% 120m)	Spektrofotometri	mg/L	0
6	Material 4 (50% 60m)	Spektrofotometri	mg/L	0
7	Material 5 (50% 90m)	Spektrofotometri	mg/L	0
8	Material 6 (50% 120m)	Spektrofotometri	mg/L	0
9	KABK	Spektrofotometri	mg/L	0,0741



Malang, September 2019  
 Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

Dr. Emma Yuliani, ST., MT., Ph.D.  
 NIP. 197507232000032001



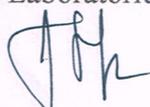
## HASIL ANALISA

No. Surat : /UN10.F07.61.PP/2019  
 Tanggal Terima Sampel : 27 Agustus 2019  
 Nama Pemilik Sampel : Fanisa Ayu Dwinendras  
 Lokasi : Laboratorium Tanah dan Air Tanah  
 Parameter : Tembaga (Cu)  
 Nama Penerima Sampel : Prasetyo Rubiantoro, SP.

No	Perlakuan Sampel	Metode	Satuan	Hasil Analisa
1	Sampel Awal	Spektrofotometri	mg/L	2,44
2	Tanpa Aktivasi	Spektrofotometri	mg/L	0,121
3	Material 1 (30% 60m)	Spektrofotometri	mg/L	0
4	Material 2 (30% 90m)	Spektrofotometri	mg/L	0
5	Material 3 (30% 120m)	Spektrofotometri	mg/L	0
6	Material 4 (50% 60m)	Spektrofotometri	mg/L	0,152
7	Material 5 (50% 90m)	Spektrofotometri	mg/L	0
8	Material 6 (50% 120m)	Spektrofotometri	mg/L	0



Malang, September 2019  
 Kepala Laboratorium Tanah dan Airtanah

  
 Emma Yuliani, ST., MT., Ph.D.  
 NIP. 197507232000032001

Salah satu cara untuk menguji kesempurnaan proses pembakaran adalah dengan jalan mengambil sampel asap dan dimasukkan ke dalam kantong plastik tembus pandang. Apabila dalam waktu 10 menit asap tersebut tidak mengembun artinya proses pembakaran telah sempurna.

Tahap berikutnya adalah menutup seluruh lubang udara, lubang pembakaran dan cerobong asap yang maksudnya adalah menyempurnakan proses pengarangan. Waktu yang diperlukan dan saat pembakaran sampai akhir dari tahapan ini adalah 55 jam. Setelah waktu tersebut, maka proses pengarangan telah selesai dan arang dikeluarkan dari tungku, kemudian segera disiram air agar tidak terbakar. Setelah arang bongkah menjadi dingin, dilanjutkan dengan proses pengaktifan yaitu penghancuran bongkahan menjadi granular, perendaman dengan bahan pengaktif dan pemberian uap panas.

c. Analisis rendemen dan sifat arang

Kinerja produktivitas tungku terlihat dari analisis rendemen dan sifat arangnya. Sebagai contoh, pada Tabel 10 disajikan hasil analisis rendemen sifat arang beberapa jenis kayu asal Jawa Barat.

Tabel 10. Kinerja produktivitas tungku bata model P3HH Bogor

Kayu / sifat kayu	Hasil
- Jenis kayu	Campuran kayu ekaliptus, kupa, asam dan menteng
- Berat kering kayu	
- Rendemen arang	1533,13 kg
Berat basah	621,5 kg
Berat kering	458,5 kg
Rendemen	30 %
- Arang mentah	30 kg (%)
- Arang serbuk	30 kg (%)
- Sifat arang	
Nilai kalor	7048 - 7189 cal/g
Karbon terikat	69,2 - 80,7 %
Zat terbang	17,5 - 27,2 %
Kadar abu	1,7 - 4,9 %
Kadar air	3,9 - 4,4 %
- Siklus produksi	3,5 hari
Penataan kayu	1 hari
Proses pengarangan	2,5 hari

Sumber : Sudradjat *et.al.* (1994).



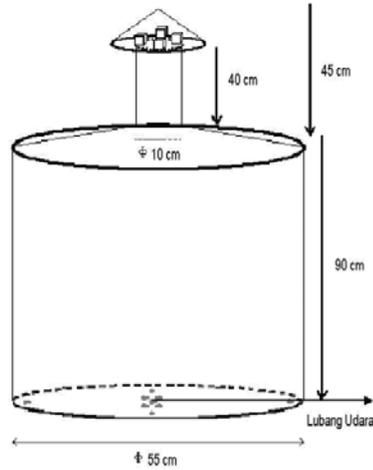
#### 4. Pembuatan arang dari tempurung kelapa

Dalam pembuatan arang dari tempurung kelapa sebagai bahan baku arang aktif, terlebih dahulu tempurung dibuat arang, kemudian arang dipotong menjadi granular ukuran diameter 2 - 3 cm. Beberapa model tungku dapat digunakan seperti tungku tradisional yaitu ditimbun dalam tanah. Tungku tradisional tanah umumnya berdiameter 2,5 m dan dalam sekitar 2,5 m. Tungku tanah tidak menggunakan penutup secara khusus, cukup dengan bata, genting atau batang pisang. Bagian tengah ditutup dengan batang pisang, dan batang pisang dicabut jika tungku telah diisi tempurung kelapa. Sewaktu akan dibakar, batang pisang dibuka dan pada lubang yang terjadi bekas batang pisang diisi kayu umpan kemudian dibakar. Apabila pembakaran sudah merata dan asap putih sudah hilang kemudian bagian atas ditutup bata, genting atau batang pisang sampai arang tersebut matang (waktu 3 hari).

Model tungku yang lebih modern adalah model tanur. Tanur ini berbentuk persegi berukuran panjang 3,6 m, lebar 2,4 m dan tinggi 2 m. Badan tanur terbagi dua yaitu bagian bawah merupakan ruang pembakaran setinggi 1 m, di mana bagian atasnya (langit-langit) merupakan ruang pengarangan. Tinggi ruang pengarangan juga 1 m dengan lantai sedikit menurun agar memudahkan dalam pengambilan hasil produksi. Badan tanur terbuat dari bata merah atau kombinasinya dengan bata tahan api di bagian dalam tanur.

Sistem pemanasan ruang pengarangan adalah dengan konduksi panas dari ruang pembakaran di bagian bawahnya dan dialirkan kepada lantai dan dinding ruang pengarangan melalui bantuan pelat-pelat besi yang disusun pada lantai ruang pengarangan. Udara panas tersisa dapat digunakan untuk pemanasan uap air yang digunakan dalam unit pengaktifan.

Kapasitas masukan bahan baku adalah 3 ton dan arang yang dihasilkan adalah sekitar 900 kg sampai 1 ton. Dengan sistem ini, kayu bakar terus menerus dibakar untuk membantu tercapainya suhu maksimum karbonisasi secepat mungkin dan suhu terjaga tetap konstan. Kebutuhan kayu bakar sekitar 12 - 15 m<sup>3</sup>/siklus pengarangan yaitu selama 48 jam. Setelah proses pengarangan selesai, langsung dilanjutkan dengan pengaktifan. Sketsa dari tungku karbonisasi terlihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Sketsa dan gambar tungku arang tempurung kelapa (Hendra, D., 2007).

### 5. Pembuatan Arang dari Serbuk Gergaji

Pembuatan arang dari serbuk gergaji dalam skala besar memerlukan konstruksi tungku yang sangat berbeda dari tungku atau tanur sebelumnya. Pada prinsipnya adalah tungku berbentuk persegi

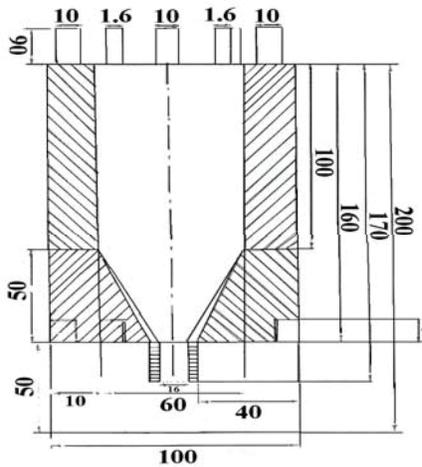
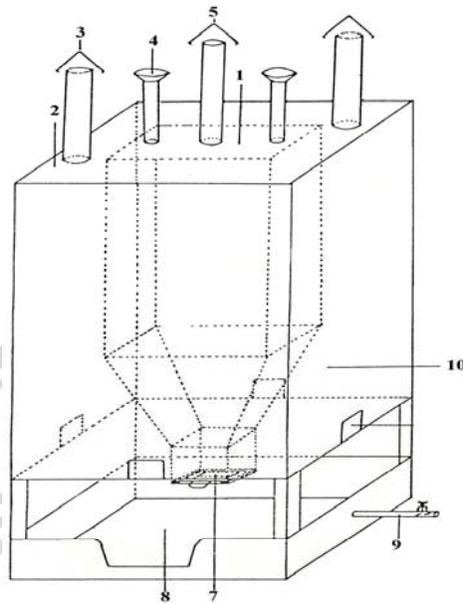




dengan dinding terbuat dari bata merah dan diberi naungan dari kayu dan seng. Di bagian bawah tungku dibuat selokan ukuran lebar satu buah bata dan dalam dua buah tinggi bata untuk mengalirkan asap ke cerobong asap. Selokan mengikuti panjang dan lebar tungku, juga saluran membelah bagian panjang tungku menjadi dua bagian dan bagian lebar tungku menjadi tiga bagian. Rasio antara diameter dan tinggi tungku yang diisi serbuk gergaji berperan menentukan dalam keberhasilan proses ini. Diameter tungku berbanding tingginya sekitar 1 : 1, sedang rasio panjang terhadap lebar 3 : 2. Jadi kalau panjang tungku 3 m, maka lebar 2 m dan tingginya 2 m. Bagian atas tungku ditutup dengan tutup besi agar asap dapat digiring ke cerobong.

Tungku ini dipanaskan dengan umpam yang dibakar pada bagian atas tungku, setelah asap menghilang, maka bagian atas ditutup dengan tutup lempengan besi. Setelah masak, serbuk gergaji disembur dengan air agar tidak hangus menjadi abu.

Ada jenis tungku serbuk gergaji skala kecil yang sederhana dan praktis dalam penggunaannya. Tungku ini terbuat dari besi seperti terlihat pada Gambar 10. Cara kerja tungku ini yaitu serbuk gergaji disemurkan dan bagian atas tungku dalam volume secukupnya sehingga serbuk akan terbakar, melayang dan jatuh secara gravitasi ke bagian bawah tungku. Di bagian bawah tungku, serbuk yang terbakar tersebut disembur dengan air sehingga bara api menjadi padam dan serbuk telah berubah menjadi arang.



Gambar 10. Sketsa tungku arang serbuk gergaji (Sudradjat, *et.al.*, 2004)

## BAB 5 MENGOLAH ARANG MENJADI ARANG AKTIF

Mengolah arang menjadi arang aktif pada prinsipnya adalah membuka pori-pori arang agar menjadi luas yaitu dari luas  $2 \text{ m}^2/\text{g}$  pada arang menjadi  $300 - 2.000 \text{ m}^2/\text{g}$  pada arang aktif. Arang aktif disusun oleh atom karbon yang terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal di mana molekulnya berbentuk *amorf* yaitu merupakan pelat-pelat datar. Konfigurasi molekul berbentuk pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lain dengan gugus hidrokarbon pada permukaannya. Dengan menghilangkan hidrogen dan bahan aktif (gugus hidrokarbon), maka permukaan dan pusat aktif menjadi luas.

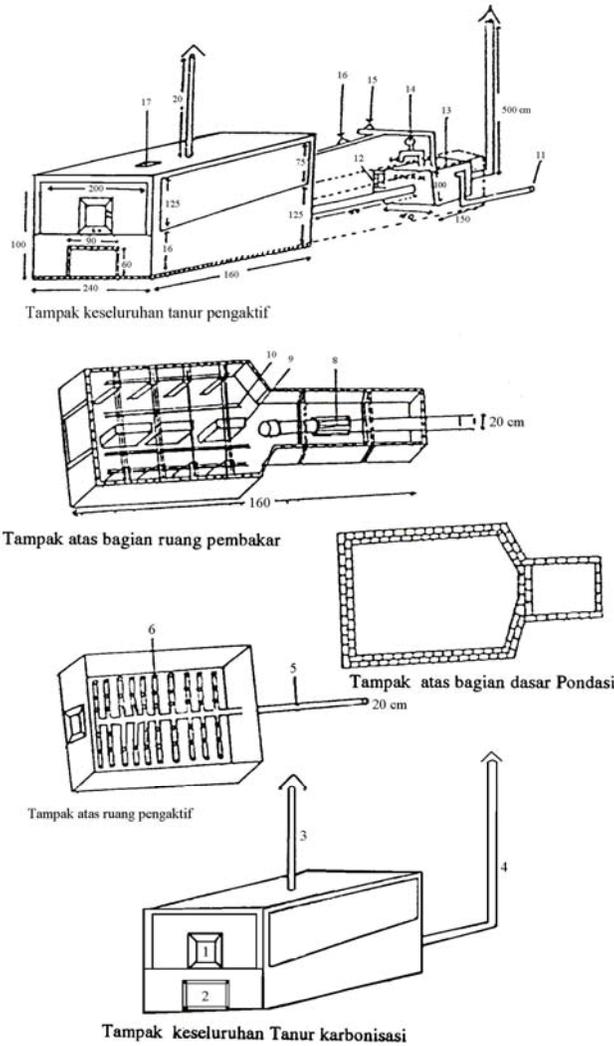
Ada dua cara mengaktifkan arang yaitu melalui reaksi oksidasi lemah menggunakan uap air pada suhu  $900 - 1.000^\circ\text{C}$  atau dengan cara dehidrasi menggunakan bahan kimia atau garam-garam  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan lain-lain. Banyak perusahaan arang aktif kini menggabungkan ke dua proses tadi. Perendaman dengan bahan kimia dapat dilakukan sebelum proses karbonisasi yang dilanjutkan dengan pengaktifan, atau perendaman dilakukan setelah proses karbonisasi kemudian dilanjutkan dengan pengaktifan. Kunci suksesnya pembuatan arang aktif adalah penggunaan suhu karbonisasi dan suhu uap air yang tinggi yaitu sekitar  $900 - 1.000^\circ\text{C}$ .

### A. Deskripsi Tanur Pengaktif

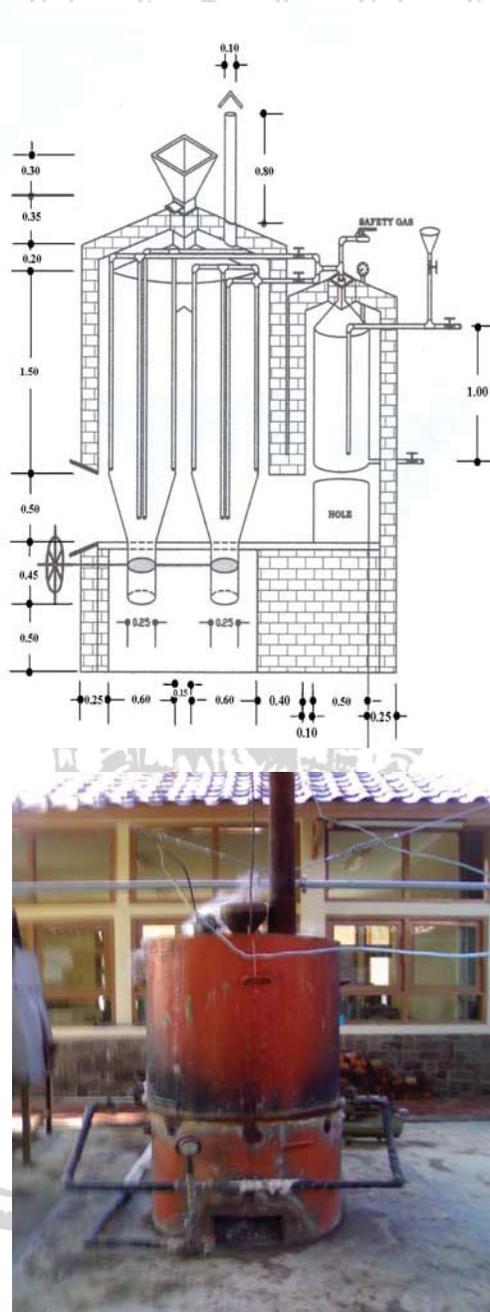
Tanur pengaktif berkapasitas 3 ton arang berukuran panjang 360 cm, lebar 240 cm dan tinggi 200 cm. Badan tanur terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian bawah berupa ruang pembakaran kayu/biomass sekaligus berfungsi sebagai pemanas bagi ruang pengaktif yang berada di atasnya. Bagian atas adalah ruang pengaktif. Ruang pembakaran di bagian belakangnya bersambung dengan ruang pembangkit uap yang berukuran panjang 150 cm, lebar 150 cm dan tinggi 100 cm. Penghantaran panas dari ruang pembakaran ke ruang pembangkit uap melalui pipa baja diameter 20 cm, panjang 150 cm dengan penambahan luas permukaan berupa pipa-pipa kecil di permukaan pipa baja tadi. Uap yang dihasilkan dialirkan melalui pipa keramik kecil bercabang-cabang yang letaknya pada bagian lantai ruang pengaktif dan disemprotkan kepada arang/bahan baku yang akan diaktifkan.

Badan tanur terbuat dari dua lapis pasangan bata tahan api yaitu bagian luar berupa bata merah sebagai pendukung beban konstruksi dan bagian dalam berupa bata tahan api sebagai isolator untuk mempertahankan suhu semaksimal mungkin. Pada Gambar 11a terlihat

sketsa tanur pengaktif, dan pada Tabel 11 disajikan deskripsi tanur pengaktif arang.



Gambar 11a. Sketsa tanur pengaktif dari bata tahan api (Sudradjat *et.al.*, 1994).



Gambar 11b. Sketsa dan tanur pengaktif dari besi (Pari, G., 2004).

Tabel 11. Diskripsi tanur pengaktif arang

Bagian tanur	Ukuran	Bahan
Badan tanur	240 x 360 cm, tinggi 200 cm	Bata merah dan bata tahan api
Ruang pengaktif	Tinggi bagian depan 125 cm, belakang 75 cm	Bata merah dan bata tahan api
Ruang pembakaran	Tinggi bagian depan 75 cm, belakang 125 cm	Bata merah dan bata tahan api
Ruang pemanas ( <i>Preheater</i> )	150 x 150 cm, tinggi 100 cm	Bata merah dan bata tahan api
Pipa uap	Diameter 5 cm	Keramik
Pipa pemanas	Diameter 20 cm	Baja diisolasi
Pintu pemasukan/ pengeluaran arang	60 x 55 cm	
Pintu pemasukan/ pengeluaran kayu	90 x 60	
Tutup pintu		Bata merah dan bata tahan api
Cerobong asap ruang pengaktif	Tinggi 250 cm	Beton
Cerobong asap pembangkit uap	Tinggi 500 cm	Beton

### B. Cara Pembuatan Tanur Pengaktif

Tahap pertama adalah pembangunan dinding dan badan tanur ruang pembakaran. Selanjutnya, parit untuk pemasangan pondasi sedalam 75 cm lebar 30 cm dibuat mengikuti ukuran tanur bagian bawah yaitu ruang pembakaran yang bersambung dengan ruang pembangkit uap. Pada bagian dasar parit dipasang tiga baris bata merah sampai permukaan tanah. Mulai permukaan tanah sampai tinggi 100 cm pada bagian depan badan tanur dan 125 cm pada bagian belakang badan tanur, pemasangan bata dibuat dua lapis yaitu bagian luar terdiri dari satu baris bata merah dan bagian dalam bata tahan api. Dengan demikian, bentuk badan tanur ruang pembakaran adalah persegi empat dengan atap yang menurun di mana bagian belakangnya bersambung dengan



ruang pembangkit uap berukuran 300 cm x 150 cm dan tinggi 100 cm. Untuk pelesteran dan perekat bata merah digunakan campuran semen-pasir 1:3 sedang untuk bata tahan api digunakan pasta khusus untuk bata tahan api.

Pemasangan atap ruang pembakaran dilakukan dengan jalan mencor yaitu membuat kerangka besi yang bersilang-silang dengan diisi semen dan bata tahan api. Untuk terjaminnya kekuatan atap, maka dibuat tiang penunjang di bagian sisi kiri, kanan dan tengah seperti tampak pada Gambar 12.

Pada atap ruang pembakaran bagian luar yang akan menjadi lantai dan ruang pengaktif dipasang pipa-pipa keramik untuk aliran uap panas. Ukuran pipa keramik tersebut berdiameter 1 inch (2,4 cm), bagian atasnya berlubang-lubang untuk penyemprotan uap tersebut kepada arang atau bahan baku yang akan diaktifkan.

Tahap berikutnya adalah pemasangan dinding tanur ruang pengaktif dengan meningkatkan ke atas pemasangan bata merah dan bata tahan api dari ruang pembakaran sampai total tinggi 200 cm baik pada bagian depan atau belakang tanur. Selanjutnya dipasang atap ruang pengaktif dengan cor semen dan bata tahan api. Cerobong asap dipasang tepat di bagian tengah atap setinggi 250 cm dengan menggunakan pipa beton. Untuk membangkitkan uap, dipasang pipa baja pada poros ruang pembakaran menembus ruang pembangkit uap dan terus disambung ke cerobong asap setinggi 500 cm. Pipa baja yang ada di bagian ruang pembangkit uap permukaannya ditutup dengan pipa-pipa baja kecil untuk menambah luas permukaan panas. Pengisian air diatur agar tidak lebih dari sepertiga isi ruang pembangkit uap dan selanjutnya uap panas dialirkan ke ruang pengaktif melalui pipa keramik berukuran diameter 5 cm.

### C. Prosedur Pembuatan Arang Aktif

Ada dua macam cara pembuatan arang aktif yaitu dengan bahan baku arang dan bahan baku aslinya seperti kayu, tempurung kelapa, serbuk gergaji, dan lain-lain. Ke dua cara tersebut tidak banyak berbeda hanya pada penggunaan bahan baku arang, langsung dilakukan proses pengaktifan menggunakan uap panas setelah terlebih dahulu arang tersebut direndam dalam bahan kimia. Pada cara kedua, perendaman bahan baku dalam bahan kimia dilakukan sebelum proses karbonisasi atau pengarangan dengan mengikuti prosedur pengarangan seperti dikemukakan dalam bab di muka, kemudian dilanjutkan dengan pengaktifan. Walaupun demikian, ke dua cara tadi sama-sama mengikuti tahapan kerja sebagai berikut :



NaOH dan  $H_3PO_4$  merupakan bahan kimia yang cukup baik untuk digunakan. Konsentrasi garam-garam khlorida dan asam fosfat umumnya sekitar 10 -15%, sedang NaOH 1 - 2% tergantung dari kekerasan bahan. Lama perendaman sekitar 12 - 24 jam dan kemudian ditiriskan dengan meletakkan di tempat terbuka sambil sesekali dibalik, sampai air permukaan hilang. Cara meniriskan dapat juga dilakukan dengan meletakkan bahan di atas saringan yang bagian atasnya dilapisi kasa nyamuk. Larutan sisa dapat digunakan kembali dengan menambahkan larutan baru.

### 3. Pengaktifan dengan uap air panas

Butiran arang yang selesai ditiriskan dimasukkan ke dalam ruang pengaktif melalui pintu dengan menggunakan sekop. Setelah terisi penuh, pintu ditutup dengan bata tahan api di bagian dalam dan bata merah di bagian luar. Pada waktu memasukkan bahan umumnya ruang pengaktif telah panas yaitu sisa panas dari proses sebelumnya. Suhu ruang ditingkatkan terus sampai mencapai  $1.100^{\circ}C$ . Setelah suhu ruang pengaktif mencapai  $900^{\circ}C$ , keran uap mulai dibuka dan dialirkan selama 36 jam sambil suhu terus ditingkatkan sampai mencapai maksimum  $1.100^{\circ}C$ . Apabila suhu menjadi turun, penyemprotan uap dihentikan sampai suhu meningkat kembali. Pemberian uap secara periodik yaitu setiap selang 15 - 20 menit dapat pula dilakukan agar suhu ruang pengaktif tetap konstan. Setelah penyemprotan selesai, pemanasan masih terus dilanjutkan selama 12 jam untuk mengeringkan bahan dan kemudian dikeluarkan dari tanur dan terus disemprot air agar tidak terbakar. Penyemprotan air tidak mempengaruhi kadar air arang aktif karena langsung menguap. Waktu yang dibutuhkan untuk pengaktifan adalah 48 - 50 jam. Pada Tabel 12 disajikan contoh kinerja produktivitas tanur pengaktif.

### 4. Pengemasan

Arang aktif yang telah kering dikemas di dalam kantong plastik yang terlindung dari udara masuk. Pengemasan dalam ukuran besar dapat menggunakan karung plastik yang bagian dalamnya dilapisi lembaran plastik.

Tabel 12. Kinerja produktivitas tanur pengaktif

Pengamatan	Hasil
Bahan baku	Tempurung kelapa
Kapasitas masukan	3 ton
Rendemen pecahan	70 %
Rendemen pengarangan	30 %
Rendemen pengaktifan	33 %
Lama proses pengarangan	3 hari
Lama perendaman	12 - 24 jam
Lama pengaktifan	2 hari
Kebutuhan kayu bakar	12 - 15 m <sup>3</sup> per siklus
Suhu tanur pengaktif	100 - 1.100 <sup>o</sup> C
Produksi uap	4,5 ton/24 jam

Sumber : Sudradjat et.al (1994).



**BAB 6**

**KUALITAS ARANG AKTIF**

**A. Standar Kualitas**

Kualitas arang aktif tergantung dari jenis bahan baku, teknologi pengolahan, cara pengerjaan dan ketepatan penggunaannya. Oleh karena itu, bagi produsen arang aktif yang perlu diketahui adalah kualitas apa yang ingin dihasilkan dengan menggunakan bahan baku yang ada, serta untuk apa tujuan kegunaan arang aktif tersebut.

Berbagai versi standar kualitas arang aktif telah dibuat oleh negara maju seperti Amerika, Inggris, Korea, Jepang dan Jerman. Indonesia telah membuat pula standar mutu arang aktif menurut Standar Industri Indonesia yaitu SII 0258 - 79 yang kemudian direvisi menjadi SNI 06 - 3730 - 1995 Meskipun demikian, beberapa industri atau instansi membuat persyaratan sendiri dalam menerima kualitas arang aktif yang ditawarkan, misalnya persyaratan kualitas menurut Kementerian Kesehatan, persyaratan kualitas bagi pengolahan minyak bekas, untuk industri gula, monosodium glutamat, dan lain-lain. Berikut ini disajikan beberapa persyaratan kualitas yang dikemukakan tadi (Tabel 13 – Tabel 18).

**Tabel 13. Standar kualitas arang aktif menurut SII. 0258-79**

Uraian	Prasyarat kualitas
Bagian yang hilang pada pemanasan 950° C, %	Maks. 15
Kadar air, %	Maks. 10
Kadar abu, %	Maks. 2,5
Bagian tidak mengarang	Tidak ternyata
Daya serap terhadap I <sub>2</sub> , %	Min. 20

Sumber : Anonim (1979).

Tabel 14. Standar kualitas arang aktif menurut SNI (1995)

Uraian	Prasyarat kualitas	
	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950° C, %	Maks. 15	Maks. 25
Kadar air, %	Maks. 4,5	Maks. 15
Kadar abu, %	Maks. 2,5	Maks. 10
Bagian tidak mengarang	0	0
Daya serap terhadap I <sub>2</sub> , mg/g	Min. 750	Min. 750
Karbon aktif murni, %	Min. 80	Min. 65
Daya serap terhadap benzena, %	Min. 25	-
Daya serap terhadap biru metilen, mg/g	Min. 60	Min. 120
Berat jenis curah, g/ml	0,45 - 0,55	0,3 - 0,35
Lolos mesh 325, %	-	Min. 90
Jarak mesh, %	90	-
Kekerasan, %	80	-

Sumber : Anonim (1995).

Tabel 15. Standar kualitas arang aktif menurut Departemen Kesehatan

Uraian	Syarat kualitas
Daya adsorpsi terhadap :	
- Gas kloroform jenuh (t= 16-20° C)	40 %
- Larutan fenol	30 %
- Struktur fisik	Struktur halus, bebas dari butiran hitam, tidak berbau dan tidak berasa
- Kadar abu	Maks. 10 %
- pH fitrat	5,0 – 8,0
- Kelarutan	Tidak larut dlm air atau alkohol 95%
- Logam berat	Maks. 50 ppm
- Arsen	Maks. 2 ppm

Sumber : Anonim (1972).



Tabel 16. Standar kualitas arang aktif menurut PERTAMINA  
(Untuk pengolahan minyak pelumas bekas)

Uraian	Kelas kualitas				
	1	2	3	4	5
- Bentuk	Granular	Granular	Granular	Granular	Serbuk
- Air, %	Max. 3	-	-	Max. 2	-
- Kerapatan, g/l	400- 470	35	35	-	30 - 40
- Partikel, %	-	-	-	-	-
- 4 - 6 mesh	Min. 95	-	-	Max. 5	-
- > 12 mesh	-	-	-	Min. 90	-
- 12 - 40 mesh	-	-	-	Max. 5	-
- < 40 mesh	-	-	-	-	Max. 70
- < 325 mesh	-	4 - 6	8 - 30	-	Max. 90
- < 200 mesh	-	-	-	-	-
- Tyler mesh	-	-	-	-	-
- Diameter partikel, mm	-	-	-	0,1 - 1,1	-
- Kekerasan, %	Min. 95	-	-	-	-
- pH	6,0 - 9,0	-	-	-	6 - 9
- Total Cl, wt %	Max. 0,06	-	-	-	-
- Abu, %	Max. 5	-	-	-	-
- Titik nyala, °C	Min. 390	-	-	-	-
- Adsorpsi aseton, %	Min. 28,9	-	-	-	-
- Nomor iod	-	-	-	Min. 1050	800
- Cn	-	0	0	-	-
- Cl	-	0	0	-	-

Sumber : Pertamina (1991) dalam Sudradjat *et al.*, (1994).

Tabel 17. Persyaratan kualitas arang aktif untuk berbagai industri

Uraian	Persyaratan kualitas			
	KI 1	KI 2	KI 3	KI 4
Kapasitas pemucatan				
Caramel (%)	88-94	90-95	90-95	90-98
Biru metilen (ml/g)	120-180	120-180	120-180	120-180
Komponen				
Kadar air (%)	10-30	10-30	10-50	10-30
pH	5-9	5-10	4-8	4-8
Daya saring (detik/ml)	50-70	40-60	50-80	50-80
Partikel (mesh)	150-250	150-250	150-250	150-250
Zat lain				
Klorida (Cl)	0,05-0,1	0,05-0,1	0,05-0,1	0,02-0,05
Besi (Fe)	0,05-0,1	0,05-0,1	0,05-0,1	0,02-0,05
Abu	Max. 7,0	Max. 7,0	Max. 7,0	Max. 3,0

Uraian	Persyaratan kualitas			
	KI 1	KI 2	KI 3	KI 4
Kelarutan dalam air Ca dan Mg	Max. 1,3 Max. 0,05	Max. 1,3 Max. 0,05	Max. 1,3 Max. 0,05	Max. 0,3 Max. 0,03

Keterangan : KI 1 (kelompok industri 1) : industri monosodium glutamate ; KI 2 (kelompok industri 2) : industri minyak makan, paraffin dan gliserin ; KI 3 (kelompok industri 3) : industri gula, glukosa, molase ; KI 4 (kelompok industri 4) : industri alkohol, pengolahan air minum dan air limbah, sari buah.  
Prosedur analisis dilakukan menurut metode KIS-1413, JIS-K 14170, K-1412. Fungsi arang aktif : pemucatan warna, penghilang bau, penghilang koloid untuk kristalisasi, penghilang impurities dan gas polutan.

**B. Kualitas Arang Aktif Dalam Negeri**

Arang aktif buatan dalam negeri sebenarnya sudah cukup baik dan sebagian besar telah memenuhi standar SNI bahkan sebagian telah diekspor karena memenuhi standar internasional (JIS). Arang aktif dengan bahan baku kayu umumnya dipersyaratkan lebih rendah dari tempurung kelapa, dengan kompensasi harganya yang lebih rendah. Meskipun demikian, keduanya memiliki pangsa pasar tersendiri. Pada Tabel 18 terlihat kualitas arang aktif dari kayu dan tempurung kelapa buatan dalam negeri yang telah memenuhi syarat menurut ketentuan FAO.

**Tabel 18. Daya serap arang aktif yang terbuat dari kayu dan tempurung kelapa**

Sifat	Arang aktif dari kayu	Arang aktif dari tempurung kelapa
Adsorpsi tetra klorida (%)	40 - 50	60 - 65
Retensi karbon tetra klorida	13	41
Adsorpsi iodine (mg/g)	90	95
Adsorpsi fenol (ppm)	15	-
Densiti (g/ml)	0,25	0,52
Abu (%)	3	2

Sumber : FAO 1974 (dalam Sudrajat 1994)

Kualitas arang aktif dipengaruhi jenis bahan baku yang digunakan. Pada Tabel 19, terlihat bahwa tempurung kelapa umumnya memiliki daya serap yang lebih baik daripada kayu. Untuk beberapa jenis kayu (pinus

dan akasia), terlihat perbedaannya kurang nyata tetapi dalam proses produksi arang aktif dari tempurung kelapa lebih seragam dan stabil dibandingkan dengan arang aktif yang terbuat dari kayu.

Selain bahan baku, jenis bahan kimia pengaktif juga mempengaruhi kualitas arang aktif yang dihasilkan (Tabel 20). Bahan kimia  $ZnCl_2$  dan  $H_3PO_4$  umumnya lebih baik dari lainnya. Namun demikian penggunaan  $H_3PO_4$  dan  $ZnCl_2$  memberikan polusi uap yang cukup mengganggu.

Tabel 19. Pengaruh jenis bahan baku terhadap kualitas arang aktif dengan bahan pengaktif  $H_3PO_4$  20%

Jenis bahan baku	Suhu ( $^{\circ}C$ )	Pemberian uap (menit)	Rendemen (%)	Daya serap iod (mg/g)
Sengon	900	60	30,35	1130
<i>Pinus merkusii</i>	900	60	36,80	1091
<i>Acacia mangium</i>	900	60	37,50	1078
Karet	900	60	43,25	1015
<i>Eucalyptus alba</i>	900	60	40,67	1002
Serbuk gergaji campuran	900	60	15	1105
	900	60	67,07	699,18

Sumber : Pari (1996, 1999)  
Hendra (2007)

Tabel 20. Pengaruh jenis bahan kimia pengaktif terhadap kualitas arang aktif dari tempurung kelapa

Bahan kimia	Persen (%)	Suhu ( $^{\circ}C$ )	Pemberian uap (menit)	Rendemen (%)	Daya serap iod (mg/g)
$ZnCl_2$	10	900	105	73,0	1208
$ZnCl_2$	5	900	120	63,6	1185
$H_3PO_4$	20	900	135	61,5	1200
$H_3PO_4$	10	900	120	73,0	1003
NaOH	0,75	900	120	75,4	1088,8
$Na_2CO_3$	0,75	900	120	59,1	1087,9

Sumber : Hartojo dan Pari (1993)





**C. Prosedur Analisis Arang Aktif**

Analisis produk dilakukan terhadap rendemen dan beberapa faktor yang dapat dijadikan sebagai penentu mutu arang aktif yang dihasilkan. Metode analisis didasarkan pada metode standar (kecuali penentuan nilai rehidrasi).

**1. Rendemen (ASTM, 1979 dan SNI, 1995)**

Arang aktif yang diperoleh terlebih dahulu dibersihkan, kemudian ditimbang. Rendemen dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{berat arang aktif}}{\text{berat bahan}} \times 100 \%$$

**2. Kadar air (AOAC, 1971 dan SNI, 1995)**

Kadar air bahan ditentukan dengan cara pengeringan di dalam oven. Sebanyak 5 gram contoh yang telah dihaluskan ditimbang dengan teliti dan ditempatkan dalam cawan aluminium yang telah diketahui bobotnya, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C hingga bobot konstan, selanjutnya contoh didinginkan dalam eksikator selama 15 menit sebelum ditimbang beratnya.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{penyusutan bobot}}{\text{gram contoh}} \times 100 \%$$

**3. Kadar zat mudah menguap (AOAC, 1971 dan SNI, 1995)**

Pada prinsipnya metode ini mengandalkan penguapan zat-zat dalam arang selain dari air. Caranya dengan menimbang contoh sebanyak 20 gram dan dipanaskan dalam tanur pada suhu 800 - 900°C selama 15 menit. Kemudian didinginkan dalam eksikator dan ditimbang.

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

di mana :

- a = berat bahan awal
- b = berat bahan setelah ditanur



4. *Kadar abu total (AOAC, 1971 dan SNI, 1995)*

Ditimbang secara teliti sebanyak 5 gram contoh dalam cawan abu, kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 105° C sampai mencapai bobot konstan. Kemudian dipanaskan pelan-pelan di atas bara atau di bawah lampu infra merah sampai asap berhenti mengepul. Setelah itu dimasukkan ke dalam tanur dan diabukan pada suhu 650° C sampai terbentuk abu putih. Abu yang terbentuk dibasahi air suling, dikeringkan dengan penangas air, kemudian pada *hot plate*. Setelah itu diabukan kembali sampai didapat bobot konstan.

$$\text{Kadar abu total (\%)} = \frac{\text{bobot abu total}}{\text{gram contoh}} \times 100 \%$$

5. *Kadar karbon (Djarmiko et al., 1985 dan SNI, 1995)*

Fraksi karbon dalam arang aktif adalah hasil dari proses pengarangan selain abu, air dan zat-zat yang mudah menguap. Penentuannya dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Kadar karbon (\%)} = 1 - \frac{(h + c + d)}{A} \times 100 \%$$

di mana :

- A = berat bahan awal
- h = berat arang yang telah diabukan
- c = berat air yang diuapkan
- d = zat yang mudah menguap

6. *Daya serap terhadap iod (SNI, 1995)*

Pertama-tama ke dalam *erlenmeyer* tutup asah ditimbang sekitar 1 gram arang aktif, selanjutnya ditambahkan dengan di pipet 25 ml larutan iod monoklorida dan *erlenmeyer* ditutup dengan tutup yang telah dibasahi dengan KI, kemudian dikocok dengan hati-hati dan disimpan di tempat yang gelap selama 2 jam, ke dalam *erlenmeyer* ditambahkan 10 ml larutan Kalium Iodida (KI) 20% dan 150 ml air suling, kemudian dikocok dan seterusnya dititrasi dengan larutan tiosulfat 0,1 N. Sebagai penunjuk adalah larutan pati/kanji dan untuk perbandingan digunakan larutan blanko dengan cara yang sama.

$$\text{Daya serap terhadap larutan iod} = \frac{10 - (bXa) / N \times 126.9 \text{ fp}}{\text{gram contoh}} \times 100 \%$$



di mana :

- b = jumlah titar untuk contoh
- a = normalitas larutan
- N = normalitas larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>
- 126.9 = berat atom iod

7. *Daya serap terhadap uap benzena (ASTM, 1979 dan SNI, 1995)*

Penetapan daya serap terhadap uap benzena adalah dengan memasukkan 1 gram arang aktif (lolos 60 mesh, kering oven) ke dalam eksikator yang telah dijenuhi dengan uap benzena selama 24 jam. Selanjutnya arang aktif ditimbang kembali.

$$\text{Daya serap terhadap uap benzena} = \frac{(b-a)}{a} \times 100 \%$$

di mana :

- b = berat arang aktif setelah mengadsorpsi
- a = berat arang aktif sebelum mengadsorpsi

8. *Nilai rehidrasi (Djarmiko et al., 1985)*

Nilai rehidrasi berhubungan erat dengan daya adsorpsi arang terhadap zat warna. Semakin tinggi kemampuan menyerap air, daya serap adsorpsi terhadap zat warna semakin tinggi. Prosedurnya adalah dengan menimbang arang aktif sebanyak kira-kira 10 gram, kemudian dicelupkan ke dalam air selama kurang lebih 1 jam. Untuk ini digunakan pemberat sampai arang tenggelam dalam air. Selanjutnya arang dikeluarkan dari dalam air, kemudian ditiriskan dan dikeringkan pada suhu kamar selama 1 jam. Akhirnya ditimbang dengan neraca analitik.

$$\text{Nilai rehidrasi} = \frac{(b-a)}{a} \times 100 \%$$

di mana :

- a = berat arang aktif sebelum rehidrasi
- b = berat arang aktif setelah rehidrasi



## BAB 7 ANALISIS FINANSIAL

Analisis finansial dilakukan terhadap produksi arang aktif yang menggunakan bahan baku serbuk gergaji yang merupakan limbah dari perusahaan penggergajian kayu sebagai berikut :

### A. Asumsi Dalam Perhitungan Finansial

1. Pembuatan arang aktif dilakukan dalam retor kapasitas 0,6 m<sup>3</sup> yang terbuat dari besi tahan karat yang dilengkapi dengan pemanas listrik pada suhu 700 – 800<sup>o</sup> C, bahan baku arang direndam larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 5% selama 24 jam, aktivasi menggunakan uap air panas. Rendemen arang aktif 66,65% dari arang.
2. Profil industri arang aktif :
  - a. Jenis bahan baku : Serbuk gergajian kayu
  - b. Kapasitas masukan arang : 78.994 kg/tahun
  - c. Kapasitas produksi arang aktif : 52.705,51 kg/tahun
  - d. Kapasitas retor listrik : 0,6 m<sup>3</sup> (100 kg arang kayu)
  - e. Lama pembuatan arang aktif : 5 jam
  - f. Jumlah shift kerja : 2 shift/hari
  - g. Jumlah penggunaan retor : 624 kali/tahun
3. Harga bahan baku dan bahan kimia adalah sebagai berikut :
 

Harga bahan baku serbuk gergajian kayu	: Rp.	77/kg
Biaya proses pengarangan	: Rp.	500/kg
Harga H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> teknis	: Rp.	15.000/kg
Biaya listrik (PLN)	: Rp.	550/Kwh
Biaya air (PAM)	: Rp.	1.600/m <sup>3</sup>
4. Kebutuhan bahan/kg arang kayu
 

a. Arang kayu	100/66,55 x 1 kg	=	1,50 kg
b. Larutan H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 5%	5/100 x 1,50 kg	=	0,075 kg
c. Kebutuhan listrik untuk memanaskan		=	5,74 Kwh
d. Kebutuhan air untuk 85 kg arang aktif		=	213 liter

### B. Biaya Produksi Arang Aktif per Tahun

Biaya bahan, bahan kimia dan tenaga :

- a. Biaya bahan arang kayu 1,50 kg x Rp 577/kg = Rp. 865,50
- b. Biaya H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> baku 0,075 kg x Rp 15.000/kg = Rp. 1.125
- c. Biaya listrik untuk 1 kg 5,74 Kwh x Rp 550/Kwh = Rp. 3.157



- d. Biaya air untuk 1 kg ( $0.213 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1600$ ) :  $85 \text{ kg} = \text{Rp. } 4$
- Biaya per kg arang aktif =  $\text{Rp. } 5.152/\text{kg}$
- Biaya overhead per 1 kg  $1\% \times \text{Rp } 5,152/\text{kg} = \text{Rp. } 51,52/\text{kg}$
- Biaya variabel per 1kg  $\text{Rp } 5.215 + \text{Rp } 51,52 = \text{Rp. } 5.203,53/\text{kg}$
- Biaya upah tenaga kerja 4 orang 2 shift per tahun =  $\text{Rp. } 43.680.000/\text{thn}$
- Biaya pemeliharaan alat/tahun (1%) =  $\text{Rp. } 42.540.000/\text{thn}$
- Biaya produksi  $\text{Rp } 43.680.000 + \text{Rp } 42.540.000 = \text{Rp. } 86.220.000$

e. Produksi arang (tungku semi kontinyu) =  $23,51\% \times 336.000 \text{ kg/tahun}$   
 =  $78.994 \text{ kg/tahun}$

f. Produksi arang aktif dengan retor kapasitas  $6 \text{ m}^3$  (100 kg arang kayu) :  
 $66,55\% \times 78.994 \text{ kg/tahun} = 52.705,51 \text{ kg/tahun}$

**C. Pendapatan per Tahun**  
 $52.705,51 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp. } 9000 = \text{Rp. } 474.349.590/\text{tahun}$

**D. Keuntungan per Tahun**  
 $\text{Rp. } 474.349.590 - \text{Rp. } 86.220.000 = \text{Rp. } 388.129.590/\text{tahun}$

**E. Biaya Investasi**

1. Retor listrik kapasitas $0,6 \text{ m}^3$ , gilingan dan penyaringan arang (uk. mesh) 1 unit	= Rp.	200.000.000
2. <i>Free Heater</i>	= Rp	25.000.000
3. <i>Steam Boiler</i>	= Rp	75.000.000
4. Kompresor udara	= Rp	30.000.000
5. Alat ukur listrik dan asesoris peralatan	= Rp	17.500.000
6. Tungku drum 25 unit	= Rp	7.500.000
7. Tanah dan bangunan	= Rp	450.000.000
8. Peralatan laboratorium	= Rp	200.000.000
9. Sarana dan prasarana	= Rp	300.000.000
		-----
Total biaya investasi	= Rp	1.257.750.000

- F. Analisis Kelayakan Finansial**
1. IRR (*Internal Rate of Return*) =  $27,86\%$   
 Dengan nilai IRR tersebut, industri arang aktif secara finansial layak karena lebih besar dari bunga bank yang berlaku (18%).
  2. Rasio B/C (*Benefit per Cost*) =  $1,35\%$   
 Karena nilai B/C lebih dari 1, maka secara finansial layak.



3. ROI (*Return of Investment*) = 31,33%

Angka ROI lebih besar dari bunga bank, maka secara finansial layak.

4. PBP (*Pay Back Periode*) = 5 tahun

Waktu pengembalian modal 5 tahun secara finansial layak, karena di bawah 7 tahun.



## BAB 8 MASA DEPAN ARANG AKTIF

Arang, meskipun lebih dikenal sebagai bagian dari sejarah peradaban manusia saking lama dan luasnya digunakan oleh manusia, tetapi di era modern ternyata di beberapa bagian bumi masih menggunakannya sebagai bahan bakar. Di negara berkembang dan maju pun arang sebagai bahan energi masih digunakan untuk membakar daging (*steak*, *sate*) karena aromanya tidak tergantikan oleh kayu atau arang jenis lain (mineral).

Mulai awal abad 19 yang ditandai oleh revolusi industri dan abad 20 yang ditandai oleh revolusi komunikasi (elektronik), ternyata arang masih berperan besar yaitu dari produk turunannya berupa arang aktif. Seperti dikemukakan dalam bab terdahulu pada abad industri lebih dari 70% produk arang aktif digunakan dalam sektor industri seperti industri petro kimia, kimia, makanan, minyak, air botol, farmasi dan lingkungan. Sekarang dijumpai penggunaan arang aktif untuk keperluan masyarakat sehari-hari antara lain untuk kesehatan (filter rokok), rumah tangga (*air-freshener*), penyerapan asap *toxic* dari cerobong asap motor, filter hidung untuk polusi udara dan lain-lain.

Di bidang farmasi, arang aktif digunakan untuk menyerap kotoran berupa koloid dan berfungsi sebagai filter sehingga proses pemutihan pada waktu kristalisasi dapat dipercepat. Arang aktif yang dicampurkan ke dalam makanan tambahan domba, dapat mencegah domba tersebut dari keracunan *Hymenoxys odorata* DC yang mengandung *sesquiterpen laktone hymenoxon*. Lebih lanjut penambahan arang aktif dan antibiotik dapat menyerap racun yang dikeluarkan *E. coli* dari anak sapi. Penambahan arang aktif pada media mikrospora *Brassica oleracea* dapat meningkatkan produksi embrio.

Di bidang kesehatan dianjurkan untuk mengkonsumsi arang aktif sebanyak 2 - 4 kapsul (300 mg/kapsul) selama 1 - 2 minggu untuk menarik senyawa beracun yang berasal dari makanan. Bahan pengawet dan zat warna yang tidak dapat dicerna oleh tubuh akan berakumulasi dalam organ tubuh dan akan menstimulir munculnya berbagai penyakit. Sedang dikaji air arang aktif sebagai air kesehatan, karena banyak air mineral/suplemen yang beredar di pasaran mengandung bahan kimia. Perlu diinformasikan bahwa pH darah orang sehat adalah bersifat basa dengan pH sekitar 7,3. Apabila orang menderita sakit, maka pH tubuhnya akan berubah menjadi asam. Untuk menetralkan pH tersebut diperlukan air yang bersifat basa. Oleh sebab itu, dapat dipahami orang yang meminum air zamzam dapat menetralkan penyakit. Hal ini dikarenakan pH air zamzam 8,2 dengan kandungan natrium dan kalsium yang cukup



tinggi yaitu sebesar 253 dan 470 ppm serta kandungan bikarbonat yang juga cukup tinggi sebesar 366 ppm. Sedangkan pH air arang aktif dapat bervariasi antara 7,6 – 8 tergantung proses aktivasi dan suhu yang digunakan. Air yang baik untuk dikonsumsi adalah air yang mempunyai sifat reduksi dan mengandung banyak mineral serta tingkat keasamannya (pH) di atas 7,5 atau sedikit basa untuk menghilangkan senyawa radikal bebas yang berlebih dalam tubuh. Nilai tambah dari industri arang, apabila diolah menjadi arang aktif dan produk olahan lainnya seperti norit, filter rokok, *scrub*, shampoo, sabun dan cat tembok yang dapat mencapai 40 - 70%.

Seiring dengan masuknya abad komunikasi elektronik, penelitian arang aktif ke depan lebih difokuskan kepada bidang karbon aktif nano yang bersifat *porous*, suatu teknologi yang mempunyai prospek dan nilai ekonomis tinggi untuk dikembangkan. Teknologi karbon nano ini pada prinsipnya mengolah kembali arang yang dihasilkan masyarakat untuk ditingkatkan kemurnian atom karbonnya dengan jalan dipirolisis lebih lanjut pada suhu 800 - 900° C dan di sintering (*centering*) pada suhu 1.000 - 3.000°C, sehingga terjadi perubahan struktur dari *amorf* menjadi kristalin. Keunggulan dari teknologi ini adalah dapat mengubah produk limbah biomassa menjadi produk yang bernilai tinggi dengan penggunaan bahan baku yang sangat minim. Hasil penelitian menunjukkan arang aktif yang disintering pada suhu 900° C dan 1.300°C, derajat kristalinitasnya meningkat dari 15,42% menjadi 72,04% sampai dengan 79,18%. Hal ini menunjukkan adanya perubahan struktur dari atom karbon yang bersifat *amorf* menjadi pola struktur yang teratur dengan nilai tahanan sebesar 1,2 Ohm. Sebagai gambaran, dari 10 kg arang dapat menghasilkan baterai telepon seluler sebanyak 5.000 unit dengan harga jual meningkat sebesar 15.000 kali lipat. Suatu teknologi yang sangat strategis di tengah menurunnya potensi sumber daya hutan.

Karbon-nano sekarang digunakan lebih luas lagi untuk produk *high-tech* seperti industri elektronik, komputer, mobil, superkapasitor, pesawat udara dan pesawat luar angkasa yang bahan baku utamanya atom karbon yang berasal dari arang hasil karbonisasi dan tabung-nano serat karbon (*carbon fiber nano-tube*) yaitu suatu molekul karbon berbentuk pipa yang berstruktur unik dan mempunyai sifat arus listrik yang dapat mengubah cahaya menjadi arus listrik.

Salah satu contoh produk teknologi nano adalah serat karbon-nano yang penggunaannya sangat luas, terutama untuk mengatasi pencemaran udara, pelindung besi dari karat dan serat karbon-nano sebagai matriks dalam pembuatan silikon carbida (SiC) dan komposit TiO<sub>2</sub> bahan elektronik. Di dalam teknologi *fuel cell* katoda dan anoda yang terbuat dari karbon nano ternyata sangat efektif dalam proses elektrolisa air atau larutan kimia yang memproduksi gas H<sub>2</sub> sebagai



sumber energi. Serat karbon nano juga digunakan sebagai pelindung untuk pesawat ruang angkasa dari suhu yang sangat tinggi karena tumbukan badan pesawat dengan atmosfer bumi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1972. Mutu arang aktif kulit kayu *A. mangium Wild.* pada dua cara pengeringan. Farmakope Indonesia. Edisi kedua. ISBN: 1749406705. Departemen Kesehatan RI. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 1979. Standar Kualitas Arang Aktif Menurut SII. 0258-79. Departemen Perindustrian. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 1995. Arang Aktif Teknis SNI 06-3730-1995. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta
- \_\_\_\_\_. 2002. Pola Pengembangan Industri Karbon Aktif. Proyek Kerjasama PT. Papandaan Dharma Tripta dengan Proyek Pemantauan Struktur Industri Kimia, Agro dan Hasil Hutan. Direktorat Jenderal Industri Kimia, Agro dan Hasil Hutan. Departemen Perindustrian dan Perdagangan.
- \_\_\_\_\_. 1995. Mutu dan Cara Uji Arang Aktif Teknis. SNI 06-7370-1995. Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSNI). Jakarta.
- AOAC. 1971. Official methods of analysis of the association of the Official analytic chemist. Association of the Official Analytical Chemist, Washington D.C.
- AWWA. 1978. American Water Works Association Standard for Powdered Activated Carbon. B 600 - 78, Colorado.
- BPS. 1999. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia: Impor. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 2002. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia: Impor. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 2008. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia: Impor. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Deperindag. 1999. Profil industri arang aktif di Indonesia. Direktorat Jenderal Industri Kecil, Departemen Perindustrian dan Perdagangan RI. Jakarta.
- Djarmiko, B., S. Ketaren dan S. Setyahartini. 1985. Pengolahan arang dan kegunaannya. Agroindustri Press, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fateta IPB, Bogor.
- Hartoyo dan Pari G. 1993. Peningkatan rendemen dan daya serap arang aktif dengan cara kimia dosis rendah dan gasifikasi Jurnal Penelitian Hasil Hutan 11(5):205-208.
- Hendra, D dan G. Pari 2004. Kajian teknis dan finansial teknologi produksi arang aktif skala kecil dari limbah industri pengolahan kayu. Laporan Hasil Penelitian, Manuskrip. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Hendra, D. 2007. Teknologi tepat guna pembuatan arang, briket arang, dan tungku hemat energi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Hendra, D. 2007. Pembuatan arang aktif dari limbah pembalakan kayu puspada dengan teknologi produksi skala semi pilot. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 25(2):93-107, Bogor.



Hudaya, N. dan Hartoyo. 1990. Pembuatan arang aktif dari tempurung biji-bijian asal tanaman hutan dan perkebunan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 8 (4): 146 - 149. Bogor.

JIS. 1967. Japanese Industrial Standards. Testing method for powdered activated carbon. JIS K 14170. Japanese Standards Association. Tokyo.

\_\_\_\_\_. 1986. Minyak dan Lemak Pangan. UI Press, Jakarta.

Nurhayati, T. 2000. Penyempurnaan teknologi pengolahan arang. Laporan Hasil Penelitian DIK-S DR Tahun 2000. Pusat Litbang Hasil Hutan, Bogor. (*Tidak diterbitkan*).

Pari, G. 2004. Kajian struktur arang aktif dari serbuk gergaji kayu sebagai adsorben emisi formaldehida kayu lapis. Disertasi Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan. Pasca Sarjana, IPB. Bogor.

\_\_\_\_\_. 1996. Kualitas arang aktif dan 5 jenis kayu. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 14(2):60-68.

\_\_\_\_\_. 1999. Karakteristik arang aktif dari arang serbuk gegajian sengon dengan bahan pengaktif  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ . *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 17(2):89-100, Bogor.

\_\_\_\_\_. dan Hendra, D. 2009. Rekayasa alat produksi arang aktif skala industri kecil. Manuskrip. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.

\_\_\_\_\_. 2010. Peran dan masa depan arang yang prospektif untuk Indonesia. Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Kimia Kayu (Pengolahan Hasil Hutan). Badan Litbang Kehutanan, Jakarta.

Priyono, A. 1991. Application of seismic modeling in the hydrocarbon exploration. Seminar and Workshop HAGI - HMGF ITB. Bandung.

Sudradjat, R. 1983. Karakteristik kayu sebagai bahan energi. Diskusi Industri Perakayan, Proceeding 1983. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.

Sudradjat, R. 1984. Pengaruh kerapatan kayu, tekanan pengempaan dan jenis perekat terhadap sifat briket kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 1 (1): 11-15. Bogor.

\_\_\_\_\_. 2004. Pengaruh beberapa faktor pengolahan terhadap sifat arang aktif. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 2 (2): 1 - 4. Bogor.

\_\_\_\_\_, R. dan S. Soleh. 1994. Petunjuk teknis pembuatan arang aktif. Pusat Litbang Hasil Hutan dan Sosek Kehutanan, Bogor.

## RIWAYAT HIDUP



Aulia Dinniar Putri lahir di Jember pada tanggal 21 Juli. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara, pasangan Yusuf Iskandar dan Siti Isnaniyah. Lulus sekolah menengah atas pada tahun 2015 dari SMA Negeri 1 Jember dan langsung melanjutkan pendidikan sarjana pada tahun yang sama di Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Lulus pendidikan sarjana pada tahun 2019. Pada saat berkuliah, penulis pernah menjadi Asisten Tugas Besar Rancangan Drainase dan Asisten Tugas Besar Jaringan Irigasi pada Tahun 2018.

Malang, November 2019

Penulis

