



**KUALITAS ARANG AKTIF DARI ARANG
TEMPURUNG PANGI (*Panqium edule* Reinw) DENGAN
PENGARUH KONSENTRASI DAN WAKTU AKTIVASI**

MARIA B. PAKAMBANAN
M 121 03 045



2-08-08
Kilutan
1 shg
Andri
4/4
SICR - KH 08
PAK
k

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2008**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : **Kualitas Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangli
(*Panqium edule* Reinw) dengan Pengaruh Konsentrasi dan
Waktu Aktivasi**

Nama : **Maria Buntu Pakambanan**

Stambuk : **M 121 03 045**

Program studi : **Teknologi Hasil Hutan**

Skripsi ini Disusun sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Kehutanan
pada
Program Studi Teknologi Hasil Hutan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin

**Menyetujui,
Komisi Pembimbing**

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M.Sc

Pembimbing II



Ir. Baharuddin, MP

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknologi Hasil Hutan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin**



**Ir. Beta Putrato, M.Sc
Nip. 130.792.980**

Tanggal Lulus : **21 Agustus 2008**

**KUALITAS ARANG AKTIF DARI ARANG
TEMPURUNG PANGI (*Panqium edule* Reinw) DENGAN
PENGARUH KONSENTRASI DAN WAKTU AKTIVASI**

Oleh:

MARIA B. PAKAMBANAN

Skripsi ini sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Kehutanan
pada Program Studi Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin.

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2008**

ABSTRAK

MARIA BUNTU P. (M 121 03 045). Kualitas Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangi (*Panqium edule* Reinw) Dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi dibawah Bimbingan Musrizal Muin dan Baharuddin .

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas arang aktif dari arang tempurung pangi dengan pengaruh konsentrasi dan waktu aktivasi. Sedangkan kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi bagi masyarakat tentang manfaat dan kualitas dari arang khususnya arang aktif dari arang tempurung pangi.

Penelitian ini berlangsung dari bulan Juni sampai bulan Juli 2008. Sampel bahan baku arang diperoleh di Laboratorium Keteknikan dan Diversifikasi Produk Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan , Universitas Hasanuddin. Pembuatan dan uji kualitas arang aktif dilakukan di Laboratorium Fisika dan Mekanika Balai Industri Makassar Departemen Perindustrian dan Perdagangan.

Penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap yaitu pembuatan arang aktif dan pengujian kualitas arang aktif. Proses aktivasi dilakukan pada suhu 900°C , sebanyak 500 gr dengan konsentrasi 10%, 20%, 30% dan waktu aktivasi 1 jam, 2 jam, 3 jam. Kemudian dilakukan pengujian terhadap kualitas arang aktif diantaranya rendemen dengan hasil rata-rata antara 51,65-95,18%, kadar air dengan hasil rata-rata antara 6,43-15,13%, kadar abu dengan hasil rata-rata antara 2,68-12,91%, kadar zat terbang dengan hasil rata-rata antara 12,99-14,74%, kadar karbon terikat dengan hasil rata-rata antara 72,34-84,32%, dan daya serap iodium dengan hasil rata-rata antara 134,03-144,32 mg/g. Semua sifat kualitas arang aktif memenuhi SNI 06-3730-95 kecuali daya serap iodium.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa memberikan rahmatNya berupa kesehatan, rezki, ilmu dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.

Skripsi ini sebagai suatu bukti penyelesaian kewajiban penulis sebagai mahasiswa tingkat S1 dalam menuntut ilmu di Universitas. Mulai masa perkuliahan, penelitian sampai tersusunnya skripsi ini, banyak pihak yang telah memberi bantuan dan dukungan kepada penulis. Olehnya itu penulis menghanturkan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin M.Sc selaku Pembimbing pertama dan Bapak Ir. Baharuddin, M.P sebagai Pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Ir. Bakri, M.Sc, Ibu Andi Detti Yuniarti, S.Hut.,M.P dan ibu Makkarennu, S.Hut.,M.Si., selaku dosen penguji.
3. Bapak Ir. Baharuddin, M.P., selaku penasehat akademik.
4. Bapak Dr. Ir. H Muh. Restu, MP., Selaku Dekan Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Pimpinan dan Staf Balai Industri Departemen Perindustrian atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan selama penelitian.
6. Seluruh dosen dan Staf Administrasi Pegawai Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.
7. Buat Ramlah S.Hut tHanks Atas Sampelnya.

8. Buat Ayahanda yang tercinta **Rante Pakambanan** dan saudara-saudaraku (**Dandan, Rande, Sarma dan Yan**) yang dengan tulus dan ikhlas memberikan doa, semangat serta bantuan berupa moril dan material, juga atas dukungan terhadap segala kegiatanku, sehingga apa yang telah saya lakukan dapat berjalan dengan baik.
9. Untuk semua staf Balai Besar Industri Perkebunan, terima kasih atas bantuan dan fasilitasnya selama penelitian.
10. Teman-temanKu **FORESTRY 2003** (Daud S.Hut, Anha, Tia, Sebrina, Ganna,S.Hut, Kiki S.Hut, Nibon S.Hut, Okti S.Hut, Veli S.Hut, Devi S,Hut, Naning S.Hut, Fatmawati S.Hut, Rere S.Hut, Anti S.Hut, Sasa S.Hut,Wati S.Hut, kanda Baso'S.Hut,Ulu S.Hut, K'Zul S.Hut, K'Kahar S.Hut, Sari, Rinus S.Hut, Wisnu S.Hut, Robert). TemaN-TemanKu Angkatan 2004 (Inri, Isa, Indra, Nores, Jhon, Harsen, Echi) dan teman-teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, terima kasih atas kebersamaannya bersama penulis dalam suka maupun duka.

Penulis sadar, bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Kesempurnaan hanyalah milik Tuhan Yang Maha Esa. Olehnya itu dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang terdapat didalamnya. Saran dan kritik membangun sangat penulis harapkan, dalam upaya perbaikan penulisan ilmiah yang lebih baik.

Akhirnya, penulis berharap semoga isi Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin. GBU

Makassar, 2008

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Deskripsi Tanaman Pangi	3
B. Arang	4
C. Arang Aktif.....	6
D. Kegunaan Arang Aktif	7
E. Pembuatan Arang Aktif.....	9
F. Adsorpsi pada Arang Aktif.....	12
G. Kadar Air, Abu dan Zat Mudah Menguap.....	13
H. Kualitas Arang Aktif.....	13

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat	16
B. Alat dan Bahan	16
C. Prosedur Penelitian	16
1. Perlakuan Bahan Baku	16
2. Cara Pengarangan	16
3. Pembuatan Arang Aktif	18
D. Variabel yang diamati	
1. Rendemen.....	21
2. Kadar Air.....	21
3. Kadar Abu	22
4. Kadar Zat Terbang	22
5. Kadar Karbon Terikat	22
6. Daya Serap Yodium	23
E. Rancangan Percobaan	24

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Rendemen.....	26
2. Kadar Air.....	28
3. Kadar Abu	31
4. Kadar Zat Terbang	33
5. Kadar Karbon Terikat	36
6. Daya Serap Yodium	39

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	42
B. Saran	42

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Penggunaan Karbon Aktif.....	5
2.	Spesifikasi Persyaratan Mutu Arang Tempurung Kelapa, SNI 01-1682-1995	8
3.	Standar Kualitas Arang Aktif menurut SNI 06-3730-1995	9
4.	Perbedaan Rendemen Rata-rata Arang Aktif dari Tempurung Pangli Dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	16
5.	Kadar Air Rata-rata Arang Aktif dari Tempurung Pangli Dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	17
6.	Kadar Abu Rata-rata Arang Aktif dari Tempurung Pangli Dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	18
7.	Kadar Zat Terbang Rata-rata Arang Aktif dari Tempurung Pangli Dengan Pengaruh Konsentrasi.....	19
8.	Kadar Zat Terbang Rata-rata Arang Aktif dari Tempurung Pangli Dengan Pengaruh Waktu Aktivasi.....	20
9.	Kadar Karbon Terikat Rata-rata Arang Aktif dari Tempurung Pangli Dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	21
10.	Daya Serap Iodium Rata-rata Arang Aktif dari Tempurung Pangli Dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	22

DAFTAR GAMBAR

No	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Gambar Nilai Rata-rata Rendemen Arang Aktif.....	27
2.	Gambar Nilai Rata-rata Kadar Air Arang Aktif.....	29
3.	Gambar Nilai Rata-rata Kadar Abu arang aktif	32
4.	Gambar Nilai Rata-rata Kadar Zat Terbang Arang Aktif Pada Perlakuan Konsentrasi.....	34
5.	Gambar Nilai Rata-rata Kadar Zat Terbang Arang Aktif Pada Perlakuan Waktu Aktivasi	35
6.	Gambar Nilai Rata-rata Kadar Karbon Terikat Arang Aktif	37
7.	Gambar Nilai Rata-rata Daya Serap Iodium	40

DAFTAR LAMPIRAN

No.	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Hasil Perhitungan Rendemen Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangi dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	45
2.	Hasil Analisis Ragam Rendemen Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangi dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi	45
3.	Hasil Perhitungan Kadar Air Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangi dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	46
4.	Hasil Analisis Ragam Kadar Air Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangi dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi	46
5.	Hasil Perhitungan Kadar Abu Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangi dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	47
6.	Hasil Analisis Ragam kadar Abu Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangi dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	47
7.	Hasil Perhitungan Kadar Zat Terbang Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangi dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	48
8.	Hasil Analisis Ragam Kadar Zat Terbang Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangi dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	48
9.	Hasil Perhitungan kadar Karbon Terikat Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangi dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	49
10.	Hasil Analisis Ragam kadar Karbon Terikat Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangi dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	49
11.	Hasil Perhitungan daya Serap Iodium Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangi dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	50

12.	Hasil Analisis Ragam Arang Aktif dari Arang Tempurung Pangi dengan Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi.....	51
13.	Foto-foto Proses pembuatan Arang Aktif	52
14.	Foto-foto pada Proses Pengujian Kualitas Arang Aktif	54

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Arang aktif adalah arang yang konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain, serta pori dibersihkan dari senyawa lain sehingga permukaan dan pusat aktif menjadi luas akibatnya daya adsorpsi terhadap cairan atau gas akan meningkat. Sesuai penggunaannya arang aktif digolongkan ke dalam produk kimia dan bukan bahan energi seperti arang atau briket arang. Teknologi olah lanjut arang menjadi arang aktif akan memberikan nilai tambah yang besar ditinjau dari penggunaan dan nilai ekonomisnya (Pari, 1999).

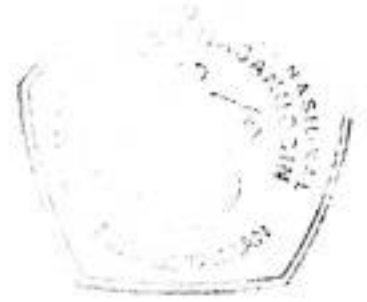
Di Indonesia bahan baku untuk membuat arang aktif sebagian besar menggunakan tempurung kelapa dan kayu. Dilain pihak bahan baku yang dibuat menjadi arang aktif adalah semua bahan yang mengandung karbon baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang maupun barang tambang seperti batubara. Bahan-bahan tersebut adalah berbagai jenis kayu, sekam padi, tulang binatang, batubara, tempurung kelapa, kulit biji kopi dan lain-lain (Hoyashi *et al* 1984 dalam Hendra dkk, 2003)

Menurut Sudradjat dan Soleh (1994), ekspor arang aktif Indonesia ditujukan ke Negara Jepang, Korea Selatan, Taiwan, Singapura, Malaysia, Bangladesh, Saudi Arabia, Amerika serikat, Inggris, Belanda dan Italia. Sedangkan untuk arang aktif dengan kualitas tertentu, Indonesia masih mengimpornya dari beberapa Negara seperti Jerman, Jepang, Amerika Serikat dan Malaysia sebanyak 2000 ton/tahun.

Salah satu jenis tanaman yang tempurungnya sangat potensial untuk dijadikan sumber arang aktif adalah pangi. Tanaman pangi ini memiliki banyak kegunaan yakni sebagai sayuran, bumbu masakan dan yang terpenting adalah tempurungnya yang bisa dimanfaatkan sebagai arang biasa maupun arang aktif. Berdasarkan hal tersebut diatas, maka dipandang perlu untuk melakukan penelitian mengenai kualitas arang aktif dari arang tempurung pangi dengan pengaruh konsentrasi dan waktu aktivasi.

B. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas arang aktif dari arang tempurung pangi dengan pengaruh konsentrasi dan waktu aktivasi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi bagi masyarakat tentang manfaat dan kualitas dari arang aktif khususnya arang aktif dari arang tempurung pangi.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Tanaman Pangi

1. Sistematika dan Morfologi

Menurut Van Steenis (1992), jenis tanaman ini mempunyai banyak nama daerah antara lain kepayang (Indonesia), pangi atau hapesong (Batak), pangi (Malaysia), kayu rubah buah (Lampung), pacung (Sunda), pakem atau pucung (Jawa), Kalowa (Sumbawa) dan pangi (Bugis). Tanaman pangi tersebar di seluruh nusantara dan banyak tumbuh liar di pulau Jawa.

Tanaman pangi yang dikenal dengan nama botani *Pangium edule* Reinw, termasuk familia flacourtiaceae dengan sistematik tanaman sebagai berikut :

Divisio	: Spermatophyta
Subdivisio	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Sub kelas	: Dialypetalae
Ordo	: Passiflora
Familia	: Flacourtiaceae
Genus	: Pangium
Spesies	: <i>Pangium edule</i> Reinw

Buahnya buah buni, berbentuk bulat dan dapat mencapai panjang 25 cm, berambut coklat dan rapat. Tumbuhan ini berbatang tinggi lagi besar, dengan diameter batang mencapai 2,5 m dan tinggi dapat mencapai 40 m. Daun terkumpul pada ujung ranting dan bertangkai panjang.

2. Penyebaran dan Tempat Tumbuh

Tanaman pangi ini tersebar di seluruh nusantara dan banyak tumbuh liar di pulau Jawa. Di daerah Jawa Barat pohon ini tumbuh terpencah terutama di daerah-daerah perbukitan rendah (Sunanto, 1992). Kayu pangi hampir tidak pernah digunakan karena selain tidak awet, orang lebih mengutamakan hasil biji dan daunnya (Departemen kehutanan, 2004).

Tanaman pangi tumbuh liar di hutan maupun tempat-tempat lain yang dekat dengan air, daerah bebatuan sampai ketinggian 1000 m diatas permukaan laut dan ada juga yang ditanam orang. Tanaman ini dapat tumbuh dengan baik di daerah yang mempunyai ketinggian 10 – 1000 m di atas permukaan laut. Suhu lingkungan yang tepat bagi tanaman ini adalah suhu yang tidak banyak berubah yaitu antara 22 – 30⁰C.

3. Kegunaan

Menurut Van Steenis (1992), dalam buah buni ini terdapat banyak biji besar kelabu, berbentuk telur, limas dan kurus. Dalam biji ini, terdapat daging (*endosperm*) yang mengandung banyak lemak. Analisa laboratorium menunjukkan bahwa daging buah mengandung protein yang cukup besar yaitu 5,74% sampai dengan 13,34%,

keping biji 16,47% sampai dengan 39,38%, KA daging buah 4,48% sampai dengan 18,14% dan keping biji 5,18% sampai dengan 13,23%, sehingga memiliki banyak manfaat.

Keping biji yang telah dikeringkan dan dihaluskan, sering digunakan sebagai bahan makanan misalnya: bumbu masak untuk berbagai masakan seperti masak ikan, daging dan sayur. Makanan yang cukup populer dari penggunaan keping biji kering ini adalah Rawon. Manfaat inti biji panggi berbeda-beda disetiap daerah, di Banten dimanfaatkan untuk mengawetkan ikan, di Madiun (Jawa Timur) untuk pembuatan terasi, di Saparua untuk pembuatan kecap, di Sumatera barat untuk pembuatan minyak dan di toraja sebagai bahan makanan dan bumbu masakan (Sunanto, 1992).

B. Arang

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85 – 95% karbon yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan, sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi (Sembiring dan Sinaga, 2003). Menurut Djatmiko, dkk (1995) dalam Said (1997), arang merupakan bahan padat yang berpori dan sebagian besar pori-porinya masih tertutup dengan hidrokarbon, ter dan senyawa organik lain serta komponennya terdiri atas karbon terikat, abu, air, hidrogen dan sulfur.

Tipe arang ada 2 yaitu batangan dan halus. Arang batangan digunakan untuk keperluan memasak, sebagai bahan baku pembuatan zat kimia tertentu yang bahan bakunya dari jenis kayu daun lebar misalnya bakau, asam dan kesambi. Arang halus digunakan untuk pembuatan arang briket dan arang aktif yang bahan bakunya dari serbuk, kulit dan serpihan kayu dari sisa penggergajian (Departemen Pertanian, 1976).

C. Arang Aktif

Arang aktif adalah arang yang diolah lanjut pada suhu tinggi sehingga porinya terbuka, permukaannya bertambah luas sekitar 300 sampai 2000 m²/g. Permukaan arang aktif yang semakin luas akan menyebabkan daya adsorbsinya terhadap gas atau cairan makin tinggi (Baker *et. al.*,1997) dalam Ferry (2002) dan dapat digunakan sebagai bahan adsorben. Semua arang aktif memiliki struktur pori, biasanya dengan sejumlah oksigen dan hidrogen yang terikat secara kimia.

Cheremisinoff dan Morrest (1978) dalam Pari (2005) mengatakan bahwa arang aktif adalah suatu bentuk karbon yang mempunyai sifat adsorptif terhadap larutan atau uap sehingga bahan tersebut dapat berfungsi sebagai penjernih larutan, penghisap gas/racun dan penghilang warna. Pada saat ini, arang aktif telah digunakan secara luas dalam industri kimia, makanan dan farmasi untuk pembuatan minyak makan, obat sakit perut, penjernih air minum, pembuatan gula pasir, masker dan lain-lain.

Arang aktif mengandung 2 – 15% air dan 2 – 3% abu (Figueiredo, J.L.& Molujin, J.A. 1986). Arang aktif adalah arang halus yang berwarna hitam tidak berbau, tidak mempunyai rasa, higroskopis, tidak larut dalam air, basa, asam dan pelarut organik. Arang aktif tidak terdekomposisi atau bereaksi setelah digunakan.

Unsur karbon (C) pada arang aktif mampu menyerap anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, baik sebagai larutan maupun sebagai gas. Hal ini dikarenakan atom karbon tersebut terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal yang mirip dengan grafit. Pelat-pelat ini terkumpul satu sama lain membentuk kristal dengan susunan tidak beraturan (*amorf*) dengan jarak antar pelatnya acak (Solovyon, *et al.*, 2002).

D. Kegunaan Arang Aktif

Daya serap karbon aktif lebih besar dibandingkan dengan karbon yang belum mengalami proses aktivasi, yaitu 25-100%. Karbon aktif sangat aktif, maka akan menyerap apa saja yang kontak dengan karbon tersebut, baik di udara maupun di air. Apabila dibiarkannya terbuka, maka akan segera menyerap debu halus yang terkandung di udara (polusi). Penggunaan karbon aktif dalam bidang industri dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Penggunaan Karbon Aktif

No	Pemakai	Kegunaan
1.	Industri obat dan makanan	Menyaring, penghilang bau dan rasa
2.	Minuman keras dan ringan	Penghilang warna, bau pada minuman.
3.	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah
4.	Pembersih air	Penghilang warna, bau, penghilang resin.
5.	Budi daya udang	Pemurnian, penghilang ammonia, <i>nitrite phenol</i> dan logam berat
6.	Pengolahan pupuk	Pemurnian dan penghilangan bau
7.	Industri gula	Penghilangan zat-zat warna, menyerap proses penyaringan lebih sempurna..
8.	Katalisator	Reaksi katalisator, pengangkut <i>vinil chloride</i> dan <i>vinil acetate</i> .
9.	Industri kayu lapis	Pemurnian air

(sumber : Sri purwaningsih, dkk, 2000)

Menurut Setyaningsih (1995), ada dua macam jenis arang aktif yang dibedakan menurut fungsinya, yaitu :

1. Arang penyerap gas (*gas adsorbent carbon*)

Jenis arang ini digunakan untuk menyerap kotoran berupa gas. Pori-pori yang terdapat pada jenis ini adalah mikropori yang menyebabkan molekul gas akan

mampu melewatinya. Tapi molekul dari cairan tidak bisa melewatinya. Karbon jenis ini dapat ditemui pada karbon tempurung kelapa.

2. Arang fasa cair (*liquid phase carbon*)

Arang jenis ini digunakan untuk menyerap karbon atau zat yang tidak diinginkan dari cairan atau larutan. Jenis pori-pori dari karbon ini adalah makropori yang memungkinkan molekul berukuran besar untuk masuk. Arang jenis ini biasanya berasal dari batubara dan selulosa.

Menurut Azah dan Rudyanto (1984), hampir 60% produksi arang aktif di dunia digunakan dalam sektor industri, seperti industri gula, minyak lemak, kimia dan farmasi. Selain itu juga banyak digunakan pada proses penjernihan air, pemurnian emas, pembuatan iodium pada proses "*solvent recovery*" dan juga untuk bahan penyaring.

E. Pembuatan Arang Aktif

Proses pembuatan arang aktif didahului dengan pengarangan. Adapun metode-metode dalam proses pengarangan yaitu metode *konvensional*/ timbun, *kiln* drum dan *kiln* bata. Metode yang digunakan dalam proses pengarangan ini adalah metode *kiln* drum. Proses pembuatannya adalah sebagai berikut :

Pembuatan arang dengan *kiln* drum umumnya digunakan untuk tujuan komersil. Pada metode *kiln* drum, proses karbonisasi dapat diamati dan diawasi melalui pengatur udara masuk dan tidak tergantung dari cuaca pada saat itu. Cara drum ini sesuai untuk dikembangkan bagi penduduk yang berada disekitar hutan guna

mengurangi limbah tebangan dari areal hutan produksi (Hasyim, 1983 dalam Departemen Perindustrian, 1983).

Teknologi pembuatan arang dengan *kiln* drum adalah suatu metode pembuatan arang yang murah dan sederhana tetapi dapat menghasilkan rendemen dan kualitas arang yang cukup tinggi. Teknologi ini dapat diterapkan pada industri rumah tangga di pedesaan karena bahan konstruksi drum bekas mudah diperoleh dengan harga yang relatif murah (Hudaya dan Hartoyo, 1990). Menurut Hasyim (1983) dalam Departemen Perindustrian (1983). *Kiln* ini dibuat dari dua buah silinder dipasang secara bersambung. Cara kerjanya adalah panas dari panas bahan baku itu sendiri yang dibantu oleh udara dari luar yang diatur menurut kapasitas *kiln* tersebut. *Portable kiln* memerlukan waktu pengarangan ± 4 hari untuk kapasitas 9 m^3 dan 10 m^3 dengan hasil arang lebih 1800 kg. Selanjutnya untuk pembuatan arang aktif, dilakukan aktivasi dengan suhu 900°C .

Proses aktivasi merupakan hal yang penting diperhatikan disamping bahan baku yang digunakan. Yang dimaksud dengan aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya absorpsi

Menurut Pari (2004), pada prinsipnya arang aktif dapat dibuat dengan dua cara yaitu kimia dan fisika :

a. Aktivasi kimia

Prinsip dasar aktivasi secara kimia adalah rendemen arang dengan senyawa kimia. Arang direndam dalam larutan pengaktif selama 12 – 24 jam kemudian ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600 – 900°C. Dengan adanya pemanasan pada suhu tinggi diharapkan aktivator dapat masuk pelat heksagonal dan kristalit arang, sehingga dapat menyebabkan terjadinya pengikisan pada permukaan kristalit dan membuka permukaan arang yang tertutup sehingga menjadi aktif.

Aktivator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti : hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya $ZnCl_2$, asam-asam organik seperti H_2SO_4 .

b. Aktivasi fisika

Proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2 . Untuk aktivasi fisika, biasanya arang dipanaskan didalam furnace pada temperatur 800-900°C. Oksidasi dengan udara pada temperatur rendah, merupakan reaksi *eksoterm* sehingga sulit untuk mengontrolnya. Sedangkan pemanasan dengan uap atau CO_2 pada temperatur tinggi merupakan reaksi *endoterm*, sehingga lebih mudah dikontrol.

F. Adsorpsi pada Arang Aktif

Adsorpsi adalah proses terjadinya perpindahan massa adsorbat dari fasa gerak (fluida pembawa adsorbat) ke permukaan adsorben. Adsorben terjadi karena adanya perbedaan energi potensial sehingga terjadi tarik menarik antara molekul adsorbat dengan tempat-tempat aktif di permukaan adsorben. Proses adsorben pada arang aktif terjadi melalui tiga tahapan dasar yaitu :

1. Zat terserap pada arang bagian luar
2. Zat menuju pori-pori arang
3. Zat terserap pada dinding bagian dalam arang

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah :

1. Sifat fisik dan kimia adsorben, seperti luas permukaan pori dan komposisi kimia.
2. Sifat fisik dan kimia adsorbat, seperti ukuran molekul, kepolaran molekul dan komposisi kimianya.
3. Konsentrasi adsorbat dalam fase cair.
4. Karakteristik fase cair seperti pH dan suhu.
5. Kondisi operasi adsorpsi

Suatu zat dapat digunakan sebagai adsorben untuk tujuan pemisahan bila mempunyai daya adsorpsi selektif, berpori (mempunyai luas permukaan per satuan massa yang besar) dan mempunyai daya ikat yang kuat terhadap zat yang hendak dipisahkan secara fisik ataupun kimia. Perbesaran luas permukaan dapat dilakukan

dengan pengecilan partikel adsorben. Pengecilan ukuran tidak boleh terlalu kecil karena dapat menyebabkan adsorben terbawa oleh aliran fluida (Setyaningsih, 1995).

G. Kadar air, Abu dan Zat Mudah Menguap

Menurut haygreen dan Bowyer (1996), kadar air didefinisikan sebagai berat air yang dinyatakan dalam persen berat kayu bebas air atau kering tanur. Salah satu cara yang paling lazim untuk menentukan kandungan air adalah dengan menimbang contoh uji basah, mengeringkannya dalam tanur pada suhu $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ untuk mengeluarkan semua air dan menimbangnya kembali.

Abu merupakan komponen anorganik yang tertinggal setelah bahan dipanaskan pada suhu $500 - 600^{\circ}\text{C}$ dan terdiri dari kalium, natrium, magnesium, kalsium dan komponen lain dalam jumlah kecil. Zat mudah menguap adalah komponen yang menguap pada saat pemanasan diatas 900°C . Penetapan nilai kadar zat mudah menguap bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa yang belum menguap pada proses karbonisasi tetapi menguap pada suhu 900°C (Sudrajat, 1985).

H. Kualitas Arang Aktif

Sifat arang tempurung kelapa meliputi rendemen (*yield*), kadar air (*moisture content*), zat mudah menguap (*volatile matter*), abu (*ash*) dan karbon terikat (*fixed carbon*) (Hartoyo, dkk, 1990). Standar mutu arang tempurung kelapa dapat digunakan sebagai standar untuk arang non kayu seperti pangi, jambu mete, kenari

dan lain-lain karena tempurung kelapa merupakan salah satu bahan baku non kayu yang dapat dijadikan arang. Secara khusus spesifikasi persyaratan mutu arang tempurung kelapa dapat dilihat pada tabel 2. berikut :

Tabel 2. Spesifikasi Persyaratan Mutu Arang Tempurung Kelapa, SNI 01-1682

No.	Jenis Uji	Persyaratan
1	Kadar Air	Maksimum 6 %
2	Kadar Zat Menguap	Maksimum 15 %
3	Kadar Abu	Maksimum 3 %
4	Benda Asing	Tidak boleh ada
5	Warna	Hitam merata

(sumber : Badan Standarisasi Nasional 1996)

Kualitas arang aktif ditentukan oleh sifat fisika kimia terutama daya serap terhadap larutan gas. Mutu arang aktif diperoleh tergantung dari luas permukaan dan isi kapiler untuk setiap jenis untuk setiap unit berat, luas lintang kapiler dari kapiler, ukuran partikel, sifat kimia dari permukaan, bahan dasar untuk pembuatan arang dan cara pengaktifannya (Djadmiko *et al.*, 1985).

Kualitas arang aktif ditentukan oleh kadar air, kadar abu, kadar zat yang mudah menguap, kadar karbon terikat, daya serap terhadap ion dan daya serap terhadap benzena. Kualitas ini dipengaruhi oleh bahan baku, bahan pengaktif dan proses pengolahan. Syarat mutu arang aktif di Indonesia diatur dalam SNI 06-3730-1995.

Tabel 3. Standar Kualitas Arang Aktif menurut SNI 06 – 3730- 95

Uraian	Syarat kualitas	
	Butiran	Serbuk
Kadar zat terbang (%)	Maks 15	Maks 25
Kadar air (%)	Maks 4,4	Maks 15
Kadar abu (%)	Maks 2,5	Maks 10
Bagian tak mengarang	Tidak nyata	Tidak nyata
Daya serap terhadap I ₂ (mg/g)	Min 750	Min 750
Karbon aktif murni (%)	Min 80	Min 65
Daya serap terhadap <i>benzene</i> (%)	Min 25	-
Bobot jenis curah (g/ml)	0,45-0,55	0,3-0,35
Lolos ukuran mesh 325%	-	Min 90
Jarak <i>mesh</i> (%)	90	-
Kekerasan (%)	80	-

(sumber : SNI 06-3730-1995)

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama 2 bulan, mulai bulan Juni sampai Juli 2008. Proses penggilingan sampai pengujian dilakukan di Balai Besar Industri Perkebunan, Makassar.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah oven, seperangkat *grinding mill*, gelas ukur, timbangan, ayakan lolos 60 *mesh*, desikator, cawan porselin, cawan Petri, tanur dan gegep.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah arang tempurung pangi, larutan CaCl_2 , larutan Iod (I_2), larutan H_3PO_4 , larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, kanji, air aquades dan kertas saring.

C. Prosedur Kerja

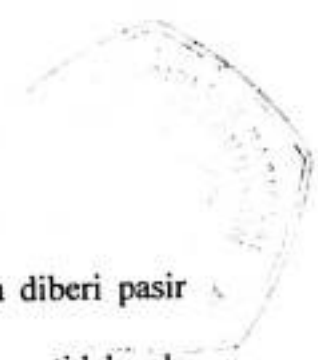
1. Perlakuan Bahan Baku

Bahan baku yang dibuat arang aktif yang berasal dari arang tempurung pangi. Arang tempurung pangi mempunyai ukuran panjang $\pm 5,5 - 7$ cm, lebar $3,5 - 4,5$ cm dan tebal $1 - 3$ mm. Arang tempurung yang digunakan sebanyak 500 g (Lasore, 2007).

2. Cara Pengarangan

Secara ringkas tahap-tahap dalam proses pengarangan dan pengujian arang aktif adalah sebagai berikut :

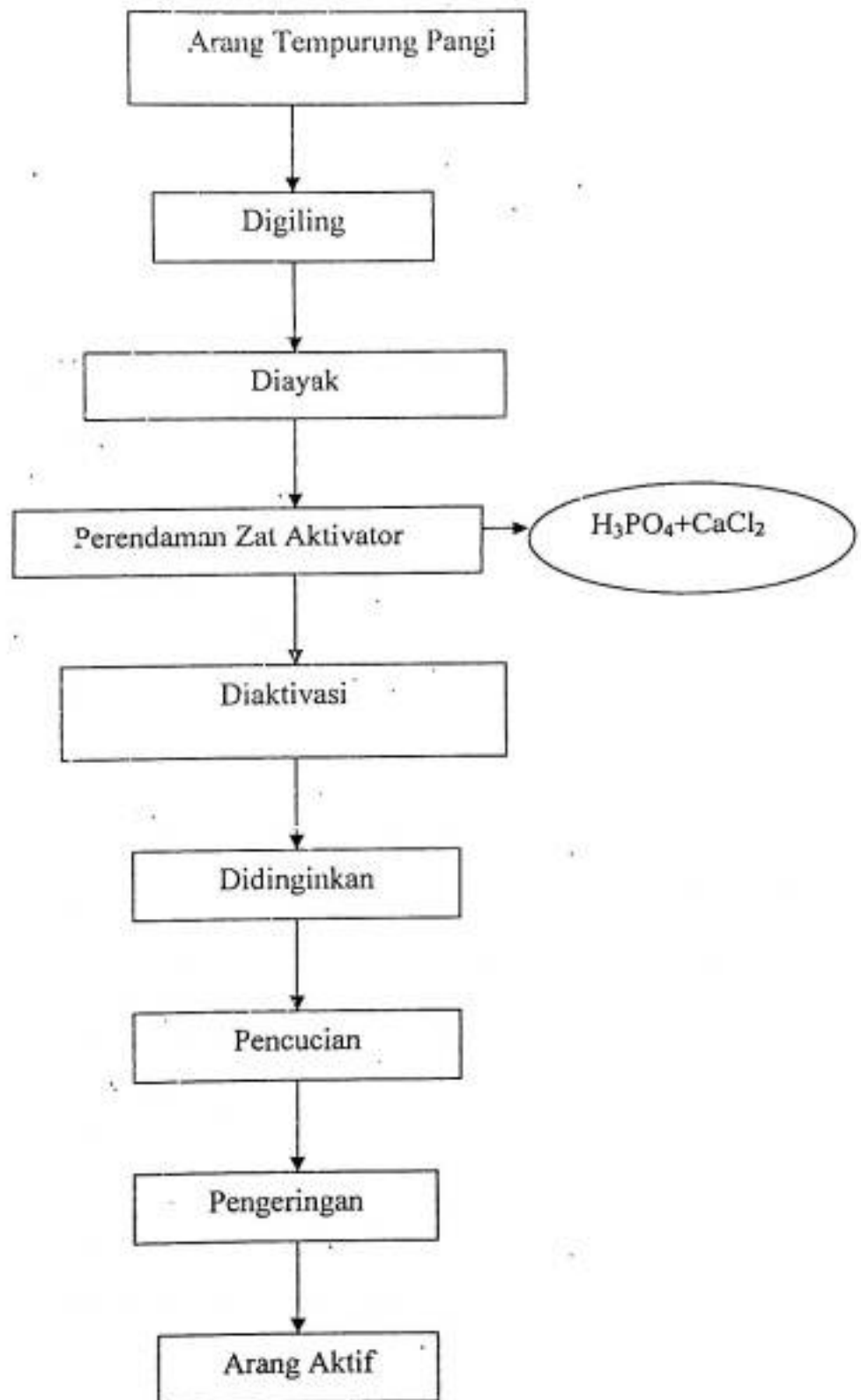
1. Sebelum biji tempurung dimasukkan ke dalam drum, terlebih dahulu masukkan kawat yang berdiameter 10 cm setinggi drum dan ditempatkan tegak lurus pada tengah atau pusat drum kemudian *kiln* diisi dengan tempurung pangi sampai penuh.
2. Selanjutnya di bawah tungku kemudian diberi umpan bakar. Setelah api dinyalakan, tunggu sampai nyala api merembet ke dalam tungku melalui lubang udara sehingga bahan baku yang terdapat dalam tungku terbakar sempurna.
3. Jika pembakaran telah berlangsung dan diperkirakan apinya tidak akan mati, maka *kiln* ditutup dan selanjutnya dipasang cerobong asap. Hal ini dilakukan agar lebih mengarahkan asap hasil pembakaran yang keluar setelah pembakaran bahan baku berjalan.
4. Selanjutnya dilakukan pengaturan lubang udara berdasarkan pengamatan terbakarnya bahan baku yang nyala apinya terlihat dari lubang udara.
5. Apabila pada lubang terdekat dengan lubang pembakaran terlihat sudah terbakar, maka lubang udara tersebut ditutup dengan tanah liat, demikian selanjutnya sampai pada lubang terakhir.
6. Proses pengarangan dianggap selesai apabila asap yang keluar dari cerobong menipis. Pada saat ini semua lubang udara yang masih terbuka termasuk cerobong asap ditutup rapat. Proses pengarangan tempurung pangi berlangsung sekitar 3 jam.

- 
7. Untuk memulai proses pendinginan, dibagian atas penutup tungku diberi pasir atau tanah serta cerobong asap ditutup dengan kain basah sehingga tidak ada udara yang masuk ataupun keluar.
 8. Proses pendinginan berlangsung ± 4 jam, setelah dingin tutup *kiln* dibuka dan hasil arang dipisahkan dengan abu.

3. Pembuatan Arang Aktif

1. Arang yang sudah dingin digiling, kemudian diayak.
2. Mengambil hasil ayakan yang lolos 60 *mesh* sebanyak 300g, masing-masing 100g untuk tiap konsentrasi (10%, 20%, 30%). Arang tersebut kemudian dibungkus dengan kertas saring yang sudah diketahui beratnya.
3. Arang yang sudah dibungkus selanjutnya dimasukkan kedalam gelas ukur 500ml, kemudian direndam dengan larutan H_3PO_4 0,2 M dengan $CaCl_2$ 0,1 M selama 18 jam. Setelah perendaman selesai arang kemudian ditiriskan hingga kering.
4. Arang yang sudah ditiriskan dimasukkan ke dalam oven pada suhu $110^{\circ}C$ selama 3 jam.
5. Setelah selesai di oven, arang kemudian dimasukkan kedalam desikator ± 1 jam. Selanjutnya arang dari tiap konsentrasi dibagi 3 untuk waktu aktivasi (1, 2, 3 jam) ke dalam cawan porselin yang sudah diketahui beratnya.
6. Arang yang sudah siap dalam cawan porselin kemudian diaktivasi sesuai dengan waktu aktivasi (1, 2, 3 jam) pada suhu $900^{\circ}C$.

7. Setelah aktivasi selesai, arang kemudian di timbang kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama ± 1 jam, kemudian ditimbang kembali.
8. Pengujian arang aktif.



Gambar 1. Skema Pembuatan Arang Aktif

D. Analisis Data

1. Pengujian Kualitas Arang Aktif

a. Rendemen

Penetapan rendemen arang aktif dilakukan dengan menghitung perbandingan bobot arang aktif yang dihasilkan dengan bobot bahan baku yang digunakan

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

b. Kadar air

Mengambil contoh uji arang aktif sebanyak 2 g (berat kering udara) yang diletakkan di dalam cawan Petri yang sudah diketahui beratnya. Cawan yang berisi contoh uji dipanaskan pada suhu 105°C selama 3 jam, setelah didinginkan dalam desikator ditimbang sampai beratnya tetap.

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

Dimana : a = berat contoh uji sebelum pemanasan (g)

b = berat contoh uji setelah pemanasan (g)

c. Kadar abu

Contoh uji arang aktif yang kering tanur sebanyak 2 g dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Selanjutnya dipanaskan dalam

tanur pada suhu 700°C selama 3 jam. Setelah itu didinginkan didalam desikator selama 1 jam dan ditimbang. Pemanasan dan penimbangan diulang sampai diperoleh berat yang konstan. Waktu pemanasan cukup 1 jam selama pengulangan.

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{c}{d} \times 100\%$$

dimana : c = berat sisa contoh uji (g)

d = berat awal contoh uji (g)

d. Kadar zat terbang

Contoh uji arang aktif yang kering tanur sebanyak 2g dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Selanjutnya dipanaskan dalam tanur pada suhu 950°C selama 2 menit. Setelah itu didinginkan di masukkan didalam desikator selama 1 jam. Cawan ditutup serapat mungkin (bila perlu diikat dengan kawat) selama pemanasan hindari terjadinya pembakaran contoh uji. Jika terbakar walaupun sedikit, maka pengerjaan diulang.

$$\text{Kadar zat terbang (\%)} = \frac{e-f}{e} \times 100\%$$

dimana : e = Berat contoh uji sebelum pemanasan (g)

f = Berat contoh uji setelah pemanasan (g)

e. Kadar karbon terikat

Karbon dalam arang aktif adalah zat yang terdapat pada fraksi pada hasil pirolisis selain abu (zat anorganik) dan zat-zat atsiri yang masih terdapat pada pori-pori arang. Defenisi ini hanya berupa pendekatan.

$$\text{Kadar karbon terikat (\%)} = 100\% - (g + h)$$

Dimana : g = kadar zat terbang (%)

h = kadar abu (%)

f. Daya serap iodium

Contoh uji arang aktif yang kering tanur sebanyak 0,2 g dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang dibungkus kertas saring, lalu ditambahkan 25 ml larutan I_2 0,01N kemudian dikocok selama 15 menit pada suhu kamar lalu disaring, kemudian ditambahkan 2-3 tetes larutan kanji. Filtrat sebanyak 10 ml dititrasi dengan larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1N dan titrasi dilakukan sampai warna biru tepat hilang.

$$\text{Daya serap iodium (mg/g)} = \frac{(B - A) \times N \times 126,93}{S}$$

Dimana : A = volume $Na_2S_2O_3$ yang digunakan untuk menitrasi 10 ml larutan stok
(ml)

B = Volume $Na_2S_2O_3$ yang digunakan untuk menitrasi 10 ml larutan blanko
(ml)

N = Normalitas $Na_2S_2O_3$

S = Berat arang aktif (g)

$$BE I_2 = 126,93$$

2. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan variasi konsentrasi dan waktu aktivasi sebagai perlakuan dapat dilihat sebagai berikut :

A = Konsentrasi

A1 = 10%

A2 = 20%

A3 = 30%

B = Waktu Aktivasi

B1 = 1 Jam

B2 = 2 Jam

B3 = 3 Jam

Model umum rancangan percobaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dimana :

Y_{ijk} = Pengaruh perlakuan terhadap kualitas arang aktif dari tempurung pangi

μ = Efek rata-rata yang sebenarnya

α_i = Nilai pengaruh faktor konsentrasi pada taraf ke-i

β_j = Nilai faktor pengaruh waktu aktivasi pada taraf ke-j

$\alpha\beta_{ij}$ = Nilai pengaruh interaksi faktor konsentrasi pada tara ke-I dengan faktor waktu aktivasi ke-j

$\hat{\epsilon}_{ijk}$ = Nilai galat percobaan yang mendapat taraf ke-i faktor konsentrasi arang aktif dan taraf j faktor waktu aktivasi pada ulangan ke k

Untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing perlakuan, maka dilakukan uji lanjut Beda Nyata Tukey (BNT) dengan rumus sebagai berikut :

$$W = q_{\alpha} (p \cdot fe) \cdot Sy$$

Dimana : W = Nilai uji BNT

q_{α} = Nilai tabel Tukey

p = Jumlah perlakuan

fe = Derajat bebas galat

Sy = Galat baku nilai tengah ($Sy = KTG/r$)^{1/2}

(KTG = Kuadrat Tengah Galat, r = jumlah ulangan)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

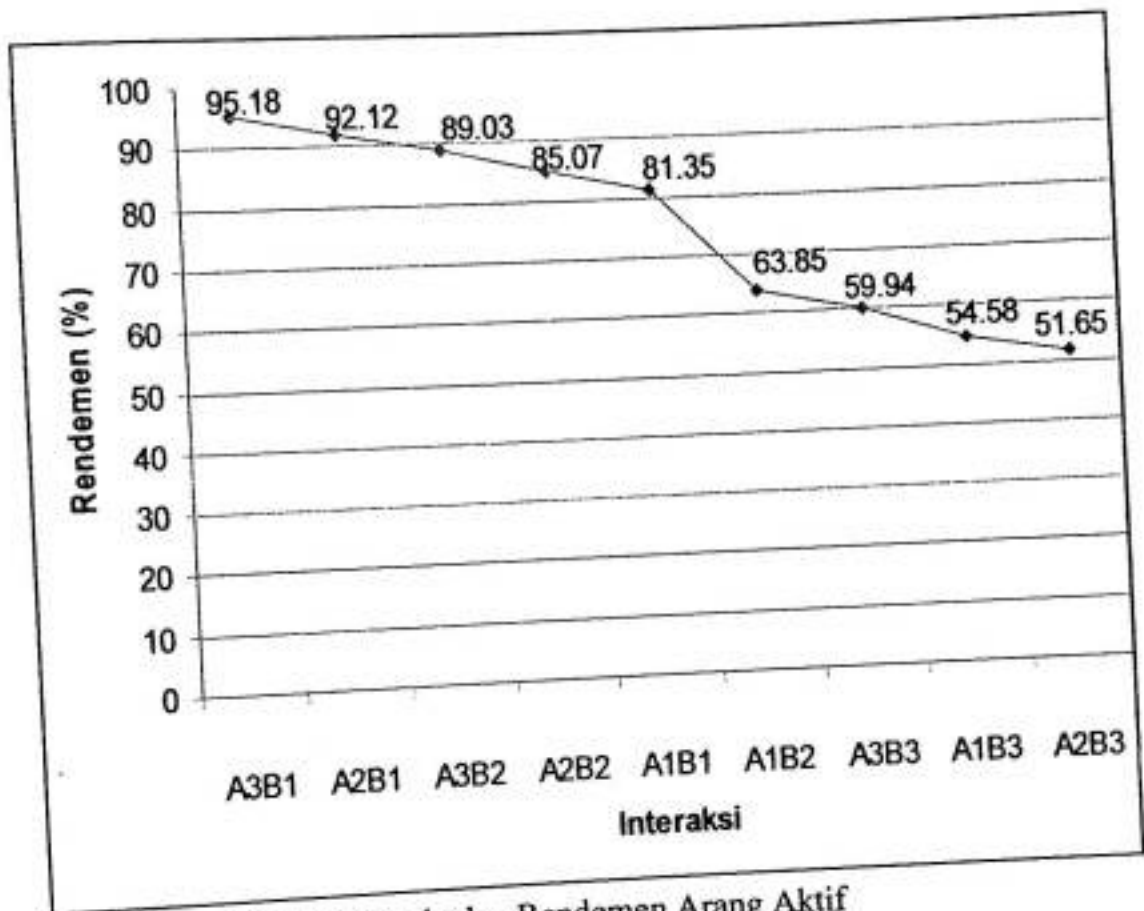
1. Rendemen

Nilai rendemen arang aktif yang dihasilkan pada penelitian ini dengan rata-rata antara 51,65-95,18% (Lampiran 1). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi, waktu aktivasi dan interaksi antara konsentrasi dan waktu aktivasi berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen arang aktif (Lampiran 2). Untuk melihat perbedaan rendemen arang aktif pada interaksi antara konsentrasi dan waktu aktivasi, maka dilakukan uji lanjut Tukey (Tabel 1). Rendemen terendah dihasilkan pada konsentrasi 20% dengan waktu aktivasi 3 jam (A2B3) yaitu sebesar 51,65%, sedangkan rendemen tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 30% dengan waktu 1 jam (A3B1) yaitu sebesar 95,18%. Dari hasil uji Tukey diperoleh hasil bahwa semua perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata dalam menghasilkan rendemen arang aktif.

Tabel 1. Hasil Uji Lanjut Perbedaan Rendemen Arang Aktif

Interaksi	Rata-rata Rendemen(%)	Hasil Uji Tukey 0,01 0,12
A3B1	95.18	a
A2B1	92.12	b
A3B2	89.03	c
A2B2	85.07	d
A1B1	81.35	e
A1B2	63.85	f
A3B3	59.94	g
A1B3	54.58	h
A2B3	51.65	i

Keterangan : - Huruf yang tidak sama berarti berbeda sangat nyata
- A1 = Konsentrasi 10%, A2 = Konsentrasi 20%, A3 = konsentrasi 30%
- B1 = Waktu aktivasi 1 jam, B2 = Waktu aktivasi 2 jam, B3 = Waktu Aktivasi



Gambar 1. Pengaruh Interaksi terhadap Rendemen Arang Aktif

Pada konsentrasi 30% dan waktu aktivasi 1 jam (A3B1), menghasilkan rendemen yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi dan juga waktu aktivasi yang digunakan lebih cepat yakni 1 jam. Jadi yang lebih mempengaruhi tingginya rendemen ini adalah waktu aktivasi. Semakin lama waktu aktivasi, maka rendemen yang dihasilkan rendah.

Menurut Hartoyo dan Pari (1993), bahan kimia yang ditambahkan dapat memperlambat laju reaksi pada proses oksidasi. Hal ini menunjukkan bahwa H_3PO_4 + $CaCl_2$ selain berfungsi sebagai aktivator juga berfungsi sebagai pelindung bahan dari panas sehingga peningkatan konsentrasi mampu mengurangi bahan yang terbakar pada saat aktivasi.

Peningkatan waktu aktivasi yang digunakan akan menurunkan rendemen arang aktif yang dihasilkan. Hal ini dapat disebabkan oleh semakin lama waktu aktivasi maka kemungkinan terjadinya reaksi antara arang dengan uap air (H_2O), membentuk CO , CO_2 dan H_2 juga semakin besar sehingga arang aktif yang terbentuk juga akan semakin berkurang. Selain itu, semakin lama waktu aktivasi maka semakin lama pula arang berkontak dengan panas, akibatnya banyak arang yang terbakar pada saat aktivasi, sehingga arang aktif yang dihasilkan semakin sedikit.

2. Kadar Air

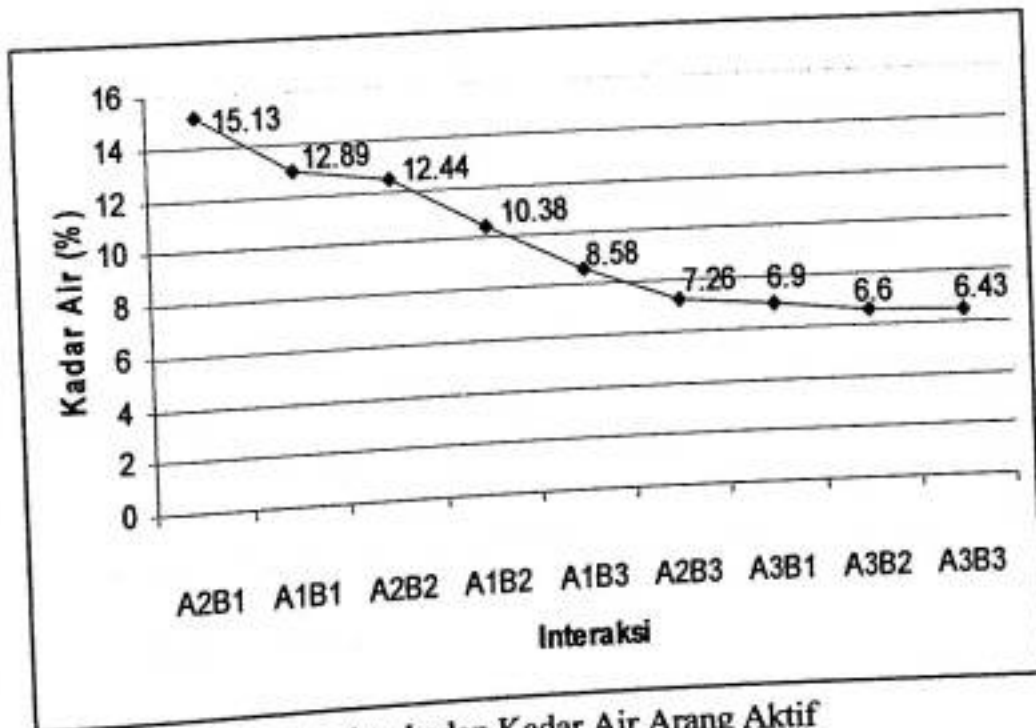
Nilai kadar air arang aktif yang dihasilkan pada penelitian ini dengan rata-rata antara 6,43-15,13% (Lampiran 3). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi, waktu aktivasi dan interaksi antara konsentrasi dan waktu aktivasi berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air arang aktif (Lampiran 4).

Untuk melihat perbedaan kadar air arang aktif pada interaksi antara konsentrasi dan waktu aktivasi, maka dilakukan uji lanjut Tukey (Tabel 2). Nilai rata-rata kadar air terendah dihasilkan pada konsentrasi 30% dengan waktu aktivasi 3 jam (A3B3) yaitu sebesar 6,43%. Sedangkan nilai rata-rata kadar air tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 20% dengan waktu 1 jam (A2B1) yaitu sebesar 15,13%. Dari hasil uji Tukey diperoleh hasil bahwa semua perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kadar air arang aktif.

Tabel 2. Hasil Uji Lanjut Perbedaan Kadar Air Arang Aktif

Interaksi	Rata-rata Kadar Air (%)	Hasil Uji Tukey 0.01 0,12
A2B1	15.13	a
A1B1	12.89	b
A2B2	12.44	c
A1B2	10.38	d
A1B3	8.58	e
A2B3	7.26	f
A3B1	6.90	g
A3B2	6.60	h
A3B3	6.43	i

Keterangan : - Huruf yang tidak sama berarti berbeda sangat nyata
 - A1 = Konsentrasi 10%, A2 = Konsentrasi 20%, A3 = konsentrasi 30%
 - B1 = Waktu aktivasi 1 jam, B2 = Waktu aktivasi 2 jam, B3 = Waktu Aktivasi



Gambar 2. Pengaruh Interaksi terhadap Kadar Air Arang Aktif

Kadar air arang aktif yang dihasilkan memenuhi standar SNI 06-3730-95 berbentuk serbuk yaitu kurang dari 15%. Pada konsentrasi 20% pada waktu 1jam tidak memenuhi standar karena kadar airnya lebih dari 15% yakni 15,13%. Tingginya kadar air yang dihasilkan pada penelitian ini menyebabkan tidak sempurnanya tahap penguapan air saat proses aktivasi dalam *retort*, sehingga masih ada sisa-sisa air pada arang aktif yang dihasilkan. Menurut Sudrajat (1985), kadar air yang tinggi akan mempengaruhi daya adsorpsi arang aktif terhadap cairan.

Tingginya kadar air arang aktif selain disebabkan oleh sifat higroskopis arang aktif, juga karena adanya molekul uap air yang terperangkap dalam kisi-kisi heksagonal arang aktif terutama dalam proses pendinginan. Sedangkan rendahnya kadar air arang aktif menunjukkan bahwa kandungan air besar dan air terikat yang terdapat dalam arang telah menguap selama proses aktivasi.

Peningkatan kadar air disebabkan oleh lamanya waktu aktivasi yang berakibat pada semakin besarnya pori-pori arang aktif. Hal ini berarti bahwa sifat higroskopis arang aktif juga meningkat sejalan dengan bertambah besarnya pori-pori arang aktif. Kadar air arang aktif dipengaruhi oleh kelembaban udara, lama proses pendinginan, penggilingan dan pengayakan.

Semakin lama proses pendinginan, penggilingan dan pengayakan dapat meningkatkan kadar air arang aktif. Menurut Pari (2004), kadar air lebih ditentukan oleh struktur pori dari bahan karbon aktif yang diperoleh pada proses pemanasan tertentu dan pendinginan arang aktif.

3. Kadar Abu

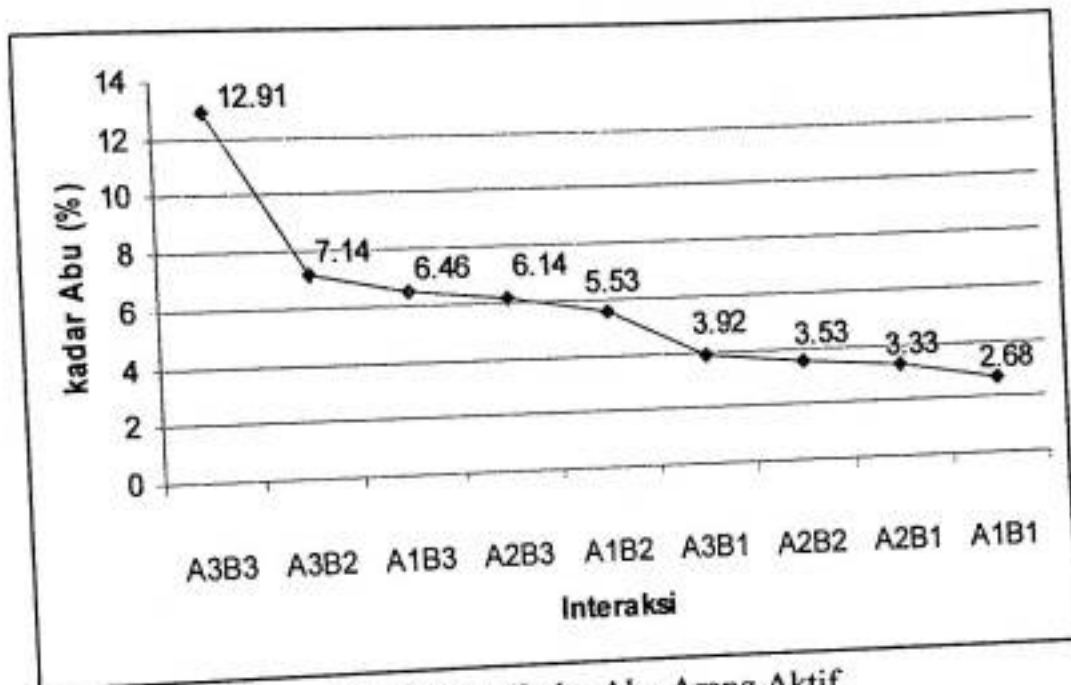
Nilai kadar abu arang aktif yang dihasilkan pada penelitian ini dengan rata-rata antara 2,68-12,91% (Lampiran 5). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi, waktu aktivasi dan interaksi antara konsentrasi dan waktu aktivasi berpengaruh sangat nyata terhadap kadar abu arang aktif (Lampiran 6).

Untuk melihat perbedaan kadar abu arang aktif pada interaksi konsentrasi dan waktu aktivasi, maka dilakukan uji lanjut Tukey (Tabel 3). Nilai rata-rata kadar abu arang aktif terendah dihasilkan pada konsentrasi 10% dengan waktu aktivasi 1 jam (A1B1) yaitu sebesar 2,68%. Sedangkan kadar abu arang aktif tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 30% dengan waktu 3 jam (A3B3) yaitu sebesar 12,91%. Dari hasil uji Tukey diperoleh hasil bahwa semua perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata dalam menghasilkan kadar abu arang aktif.

Tabel 3. Hasil Uji Lanjut Perbedaan Kadar Abu Arang Aktif

Interaksi	Rata-rata Kadar Abu(%)	Hasil Uji Tukey 0.01 0,07
A3B3	12.91	a
A3B2	7.14	b
A1B3	6.46	c
A2B3	6.14	d
A1B2	5.53	e
A3B1	3.92	f
A2B2	3.53	g
A2B1	3.33	h
A1B1	2.68	i

Keterangan : - Huruf yang tidak sama berarti berbeda sangat nyata
- A1 = Konsentrasi 10%, A2 = Konsentrasi 20%, A3 = konsentrasi 30%
- B1 = Waktu aktivasi 1 jam, B2 = Waktu aktivasi 2 jam, B3 = Waktu Aktivasi



Gambar 3. Pengaruh Interaksi terhadap Kadar Abu Arang Aktif

Nilai kadar abu perlakuan yang dihasilkan pada tabel di atas kurang dari 10%, kecuali pada konsentrasi 30% pada waktu aktivasi 3 jam, sehingga memenuhi standar SNI 06-3730-95. Tingginya kadar abu yang dihasilkan disebabkan karena suhu pengaktifan arang aktif lebih tinggi dari suhu karbonisasi arang. Menurut Trisnawati dalam Pari (2004), peningkatan suhu aktivasi cenderung meningkatkan kadar abu arang aktif. Semakin tinggi suhu aktivasi, maka jumlah arang aktif yang tersisa tetap atau makin bertambah. Kadar abu yang tinggi dapat mengurangi kemampuan arang aktif untuk mengabsorpsi gas dan larutan (Sudradjat, 1985).

Pada konsentrasi 30% dan waktu aktivasi 3 jam (A3B3), diketahui bahwa nilai kadar abu arang aktif cenderung meningkat dengan meningkatnya konsentrasi dan waktu aktivasi, sebaliknya dengan konsentrasi yang rendah dan waktu yang cepat, maka kadar abu yang dihasilkan rendah. Menurut Sudradjat dan Soleh (1994), semakin tinggi konsentrasi kadar abu yang dihasilkan makin tinggi.

Nilai kadar abu arang aktif meningkat sejalan dengan peningkatan waktu aktivasi. Penurunan ini disebabkan karena uap air mendorong residu hidrokarbon yang menempel pada permukaan arang, akibatnya permukaan arang makin bersih dan pori-pori arang makin terbuka.

Perbedaan nilai kadar abu arang aktif pada konsentrasi 30% dengan waktu aktivasi 3 jam dengan perlakuan yang lain yaitu dengan rata-rata antara 2,68-12,91%. Kadar abu arang aktif yang tinggi dapat mengurangi kemampuan penyerapan baik pada gas maupun larutan karena kandungan mineral yang terdapat dalam abu seperti kalsium, kalium, magnesium dan natrium akan menyebar dalam kisi-kisi arang aktif. Hal tersebut menyebabkan kinerja arang aktif berkurang (Pari, 2004).

4. Kadar Zat Terbang

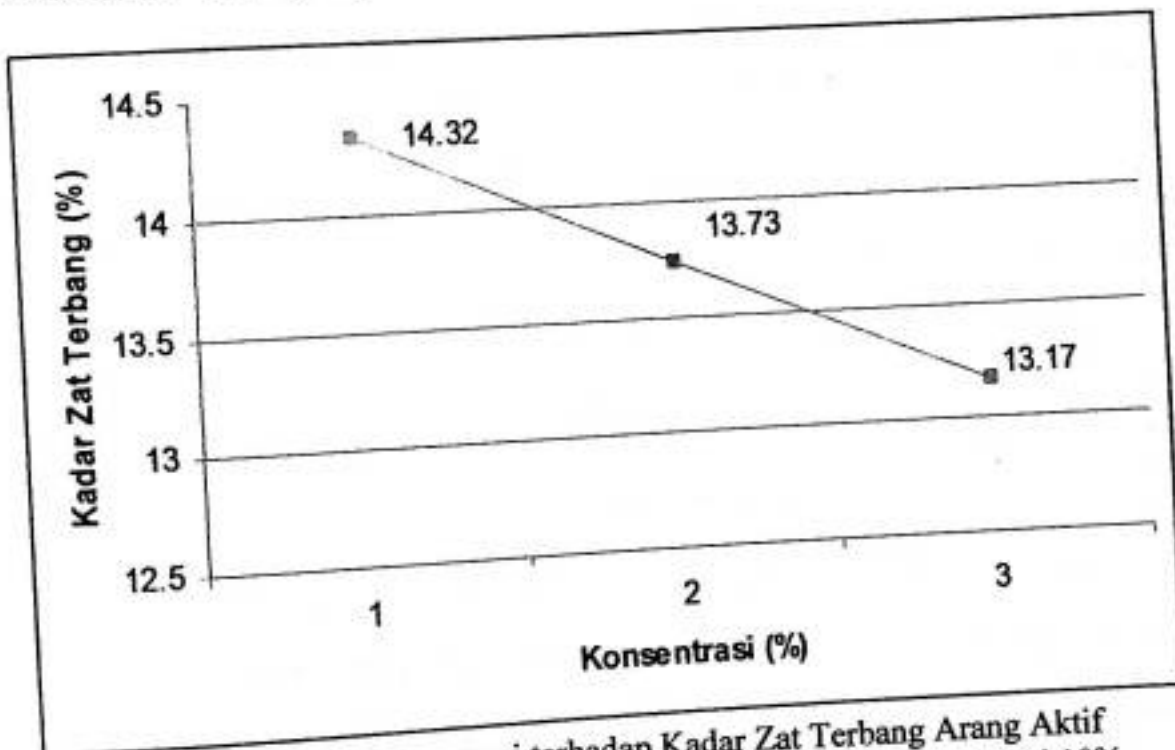
Nilai kadar zat terbang arang aktif yang dihasilkan pada penelitian ini dengan rata-rata antara 12,99-14,74% (Lampiran 7). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi dan waktu aktivasi, berpengaruh sangat nyata terhadap kadar zat terbang arang aktif (Lampiran 8).

Dari hasil uji lanjut Tukey (Tabel 4 dan 5) diperoleh kadar zat terbang arang aktif terendah terdapat pada perlakuan konsentrasi 10% sebesar 13,17% dan waktu aktivasi sebesar 13,54%, sedangkan kadar zat terbang arang aktif terdapat pada perlakuan konsentrasi 30% sebesar 14,32% dan waktu aktivasi sebesar 13,98%. Pada perlakuan konsentrasi memiliki pengaruh berbeda nyata terhadap kadar zat terbang arang aktif, begitupula pada perlakuan waktu aktivasi berpengaruh berbeda tidak nyata pada kadar zat terbang arang aktif.

Tabel 4. Hasil Uji Lanjut Perbedaan Konsentrasi pada Kadar Zat Terbang

Perlakuan Konsentrasi	Rata-rata Kadar Zat Terbang (%)	Hasil Uji Tukey 0,01 0,64
30%	14.32	a
20%	13.73	b
10%	13.17	b

Keterangan :- Huruf yang tidak sama berarti berbeda nyata



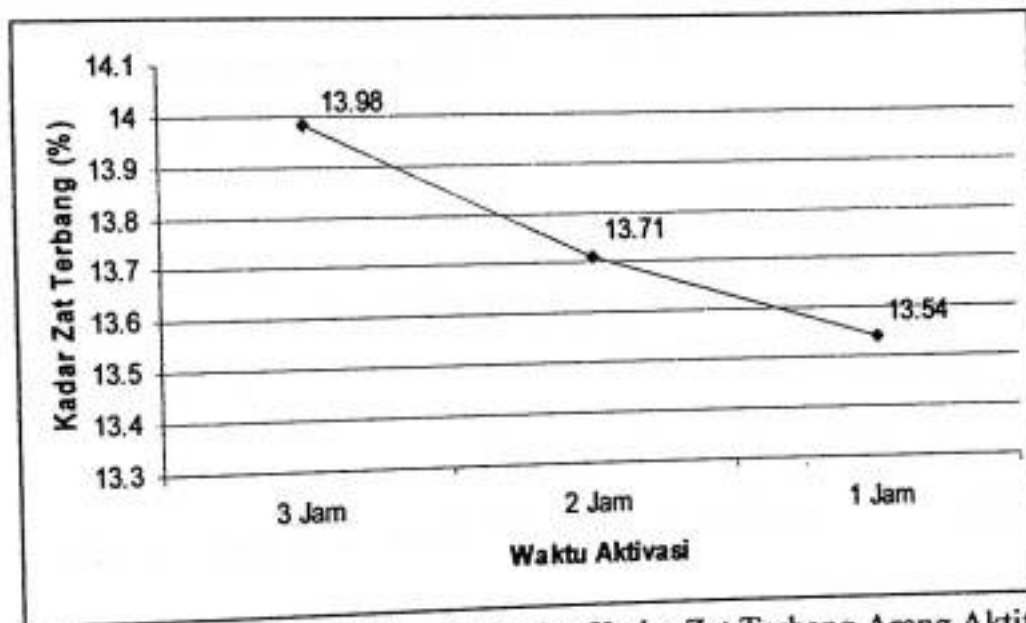
Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi terhadap Kadar Zat Terbang Arang Aktif
Keterangan : 1= konsentrasi 30%, 2 = konsentrasi 20%, 3 = konsentrasi 10%

Meningkatnya konsentrasi $H_3PO_4 + CaCl_2$ cenderung akan meningkatkan kadar zat terbang arang aktif. Hal ini disebabkan karena yang ditambahkan akan melapisi dan melindungi dari panas, sehingga semakin tinggi konsentrasi H_3PO_4 , maka semakin sedikit sulfur dan nitrogen dalam bahan yang ikut terbakar dan terbang pada suhu 950 0C. Pori-pori arang aktif yang masih tertutupi zat-zat terbang seperti persenyawaan, karbon, sulfur dan nitrogen.

Tabel 5. Hasil Uji Lanjut Perbedaan Waktu Aktivasi pada Kadar Zat Terbang

Perlakuan waktu Aktivasi	Rata-rata Kadar Zat Terbang (%)	Hasil Uji Tukey 0,01 0,64
3 Jam	13.98	a
2 Jam	13.71	a
1 Jam	13.54	a

Keterangan : Huruf yang tidak sama berarti berbeda tidak nyata



Gambar 5. Pengaruh Waktu Aktivasi terhadap Kadar Zat Terbang Arang Aktif

Semua kadar zat terbang arang aktif yang dihasilkan mempunyai nilai kurang dari 25%, sehingga telah memenuhi standar kualitas arang aktif berbentuk serbuk. Pada peningkatan konsentrasi akan menghasilkan kadar zat terbang yang tinggi, sebaliknya pada konsentrasi yang rendah akan menghasilkan kadar zat terbang yang rendah. Semakin tinggi konsentrasi, maka kadar zat terbang semakin tinggi sehingga pada uji Tukey (Tabel 4) berpengaruh berbeda nyata. Sedangkan perlakuan waktu aktivasi (Tabel 5) berpengaruh tidak nyata pada kadar zat terbang arang aktif. Semakin lama waktu aktivasi, maka kadar zat terbangnya semakin tinggi dan sebaliknya. Tingginya kadar zat terbang ini menunjukkan bahwa permukaan arang aktif yang dihasilkan mengandung zat terbang yang berasal dari hasil interaksi antara karbon dengan uap air.

5. Kadar Karbon Terikat

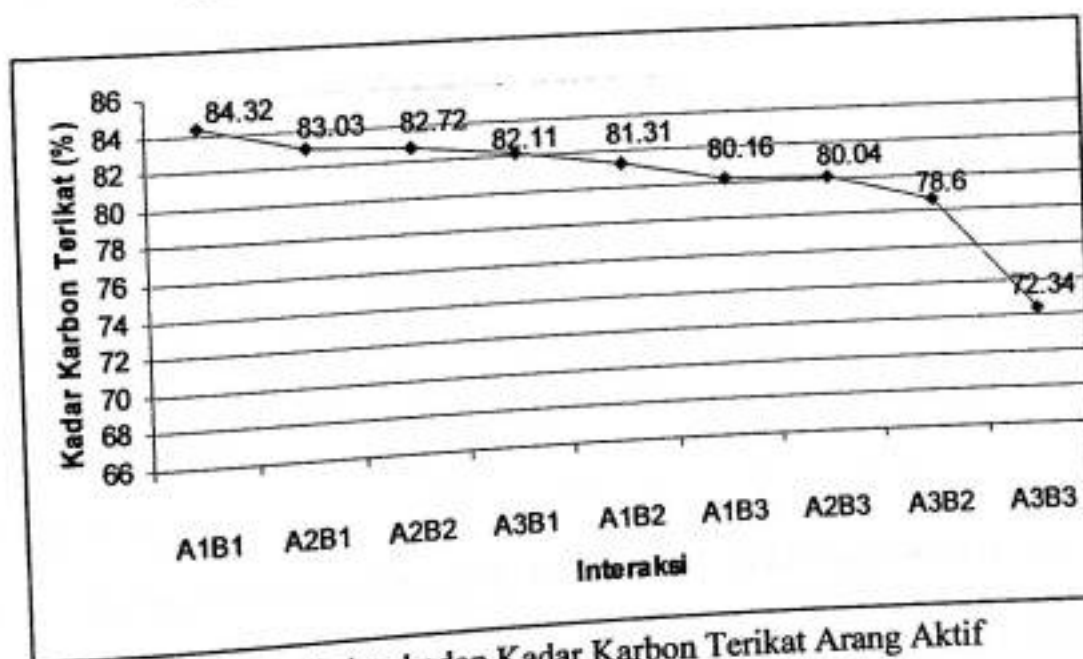
Nilai kadar karbon terikat arang aktif yang dihasilkan pada penelitian ini dengan rata-rata antara 72,34-84,32% (Lampiran 9). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi dan waktu aktivasi berpengaruh berbeda nyata terhadap kadar abu arang aktif (Lampiran 10).

Untuk melihat perbedaan kadar karbon terikat arang aktif pada interaksi konsentrasi dan waktu aktivasi, maka dilakukan uji lanjut Tukey (Tabel 6). Kadar karbon terikat arang aktif terendah dihasilkan pada konsentrasi 30% dengan waktu aktivasi 3 jam (A3B3) yaitu sebesar 72,34%. Sedangkan kadar abu arang aktif tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 20% dengan waktu 1 jam (A2B1) yaitu sebesar 84,32%. Dari hasil uji Tukey diperoleh hasil bahwa semua perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kadar karbon terikat arang aktif.

Tabel 6. Hasil Uji Lanjut Perbedaan Kadar Karbon Terikat Arang Aktif

Interaksi	Rata-rata Kadar karbon terikat (%)	Hasil Uji Tukey 0,01 0,18
A1B1	84.32	a
A2B1	83.03	b
A2B2	82.72	b
A3B1	82.11	c
A1B2	81.31	d
A1B3	80.16	e
A2B3	80.04	e
A3B2	78.60	f
A3B3	72.34	g

Keterangan : - Huruf yang tidak sama berarti berbeda sangat nyata
 - A1 = Konsentrasi 10%, A2 = Konsentrasi 20%, A3 = konsentrasi 30%
 - B1 = Waktu aktivasi 1 jam, B2 = Waktu aktivasi 2 jam, B3 = Waktu Aktivasi



Gambar 6. Pengaruh Interaksi terhadap Kadar Karbon Terikat Arang Aktif

Semua kadar karbon terikat yang dihasilkan mempunyai nilai lebih dari 65%, sehingga memenuhi standar kualitas arang aktif berbentuk serbuk menurut SNI 06-3730-95. kadar karbon terikat arang aktif yang dihasilkan memiliki nilai lebih tinggi. Hal ini akibat adanya perbedaan suhu antara proses karbonisasi dengan proses

aktivasi. Selain itu, H_3PO_4 dan uap air yang berperan dalam penghilangan residu hidrokarbon yang menempel pada permukaan arang aktif.

Tingginya kadar karbon terikat yang dihasilkan pada interaksi A1B1 disebabkan karena H_3PO_4 berfungsi sebagai pelindung bahan dari panas pada saat proses aktivasi berlangsung. Rendahnya nilai kadar karbon terikat arang aktif disebabkan oleh proses oksidasi arang aktif yang berlanjut sehingga abu yang terbentuk jumlahnya menjadi besar dan juga disebabkan oleh lamanya waktu reaksi sehingga zat kimia yang bereaksi semakin banyak, sehingga jumlah karbon yang tersisa semakin sedikit. Penurunan kadar karbon terikat arang aktif lebih besar daripada peningkatan kadar zat terbang arang aktif akibat peningkatan waktu aktivasi. Sehingga uap air (H_2O), lebih berperan aktif dalam mendorong residu hidrokarbon seperti ter, fenol, metanol dan senyawa lain yang menempel pada permukaan arang bila dibandingkan dengan akibat yang ditimbulkan oleh interaksi antara uap air dengan karbon yang menghasilkan zat terbang pada permukaan arang aktif.

Nilai kadar karbon terikat dipengaruhi oleh nilai kadar zat terbang dan kadar abu arang aktif. Semakin besar nilai kadar zat terbang dan kadar abu yang arang aktif maka kadar karbon terikat arang aktif akan semakin rendah. Sebaliknya semakin rendah nilai kadar zat terbang dan kadar abu, maka nilai kadar karbon terikat arang aktif akan semakin tinggi. Nilai kadar karbon terikat berbanding lurus dengan kemampuan adsorpsi arang aktif tersebut, sehingga semakin besar kadar karbon terikat arang aktif, maka kemampuan arang aktif untuk menyerap gas atau larutan akan menjadi besar pula.

6. Daya Serap Yodium

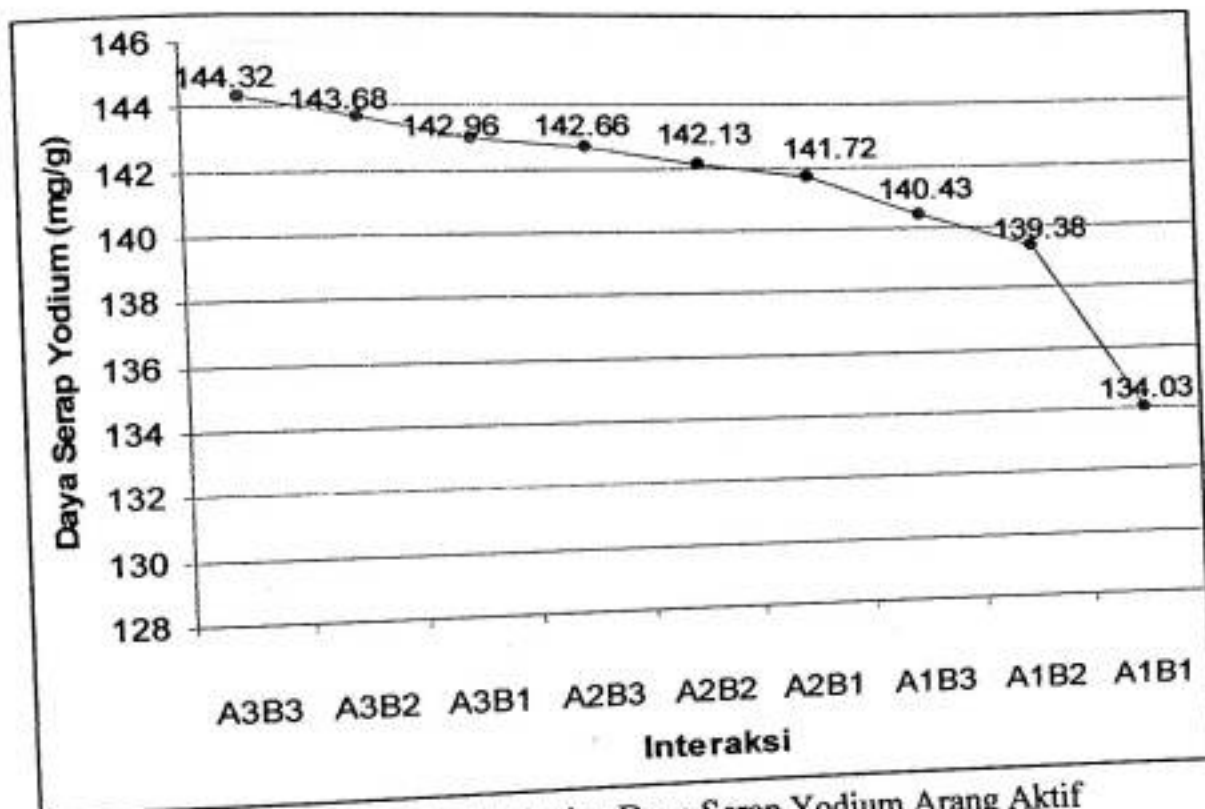
Nilai daya serap yodium arang aktif yang dihasilkan pada penelitian ini dengan rata-rata antara 134,03-144,32 mg/g (Lampiran 11). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi, waktu aktivasi dan interaksi antara konsentrasi dan waktu aktivasi berpengaruh sangat nyata terhadap daya serap iodium arang aktif (Lampiran 12).

Untuk melihat perbedaan arang aktif pada interaksi konsentrasi dan waktu aktivasi, maka dilakukan uji lanjut Tukey (Tabel 7). Nilai rata-rata daya serap yodium arang aktif terendah dihasilkan pada konsentrasi 10% dengan waktu aktivasi 1 jam (A1B1) yaitu sebesar 134,03 mg/g. Sedangkan daya serap yodium arang aktif tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 30% dengan waktu 3 jam (A3B3) yaitu sebesar 144,32 mg/g. Dari hasil uji Tukey diperoleh hasil bahwa semua perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda nyata dalam menghasilkan daya serap iodium arang aktif.

Tabel 7. Hasil Uji Lanjut Perbedaan Daya Serap Yodium Arang Aktif

Interaksi	Rata-rata Daya Serap Yodium (mg/g)	Hasil Uji Tukey 0,01
		0,65
A3B3	144.32	a
A3B2	143.68	b
A3B1	142.96	c
A2B3	142.66	c
A2B2	142.13	c
A2B1	141.72	c
A1B3	140.43	d
A1B2	139.38	e
A1B1	134.03	f

Keterangan : - Huruf yang tidak sama berarti berbeda nyata
 - A1 = Konsentrasi 10%, A2 = Konsentrasi 20%, A3 = konsentrasi 30%
 - B1 = Waktu aktivasi 1 jam, B2 = Waktu aktivasi 2 jam, B3 = Waktu Aktivasi



Gambar 7. Pengaruh Interaksi terhadap Daya Serap Yodium Arang Aktif

Semua daya serap yodium yang dihasilkan tidak memenuhi standar SNI 06-3730-95, karena rata-rata nilai yang dihasilkan lebih rendah dari 750 mg/m. Peningkatan konsentrasi akan meningkatkan daya serap iodium (Tabel 6). Peningkatan daya serap iodium arang aktif ini disebabkan karena H_3PO_4 berfungsi sebagai pembersih kotoran pada permukaan arang. Hal ini berarti semakin banyak konsentrasi $H_3PO_4 + CaCl_2$, maka pori-pori permukaan arang akan semakin terbuka.

Daya serap arang aktif terhadap yodium tinggi disebabkan besarnya diameter pori-pori arang aktif karena senyawa hidrokarbon yang terdapat pada permukaan arang aktif telah banyak keluar pada saat aktivasi. Hal ini terjadi karena pergeseran pelat karbon yang menyebabkan terdorongnya residu-residu hidrokarbon (Pari, 1995).

Peningkatan daya serap yodium pada interaksi A3B3 disebabkan oleh makin banyaknya pori yang terbuka pada arang aktif dengan makin lamanya waktu aktivasi. Peningkatan konsentrasi bahan pengaktif $H_3PO_4 + CaCl_2$ cenderung menghasilkan arang dengan daya serap yodium yang besar. Hal ini terjadi karena bahan pengaktif akan membuka permukaan pori yang semula tertutup hidrokarbon, sehingga pori-pori arang aktif menjadi banyak atau luas permukaan arang aktif meningkat.

Uap air (H_2O) selama proses aktivasi akan menggeser pelat-pelat karbon kristalit atau celah menjadi tidak teratur sehingga permukaannya menjadi terbuka, karena uap air mendorong residu hidrokarbon seperti ter, fenol, metanol dan senyawa lain yang menempel pada permukaan arang. Pergeseran pelat-pelat karbon kristalit selain membentuk pori baru, juga mengembangkan pori-pori yang sudah ada, sehingga dari mikropori menjadi makropori (Pari, 2004).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan


Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Penggunaan konsentrasi 30% & waktu aktivasi 1 jam (A3B1); konsentrasi 30% & waktu aktivasi 3 jam (A3B3); konsentrasi 30% & waktu aktivasi 3 jam (A3B3); konsentrasi 30% & waktu aktivasi 3 jam (A3B3) untuk rendemen, kadar abu, kadar zat terbang dan daya serap iodium, menghasilkan kualitas arang aktif yang lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi 10%, 30% dan waktu aktivasi 2 jam.
2. Penggunaan konsentrasi 10%, 20%, 30% dan waktu aktivasi 1 jam, 2 jam, 3 jam untuk rendemen, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang dan kadar karbon terikat memenuhi standar SNI 06-3730-95. Sedangkan untuk daya serap iodium tidak memenuhi standar SNI 06-3730-95.

B. Saran

Perlu dilakukan penembahan variasi konsentrasi H_3PO_4 + $CaCl_2$ dan waktu aktivasi untuk mengetahui batas karakteristik kualitas arang aktif terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- 
- Azah, D., J. S. Rudyanto. 1984. *Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Inti Sawit*. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Medan.
- Badan Standardisasi Nasional, 1996. SNI No. 01- 1682. *Arang Tempurung kelapa*. Jakarta, Indonesia.
- Baker, F. S. , Miller C.E., Repik, A. J and E. I. Tollens. 1997. *Activated Carbon*. Encyclopedia Of Separation Technology., John Wiley and sons, New York.
- Djarmiko, B, S. Ketaren dan S. Setyahartini. 1985. *Pengelolaan Arang dan Kegunaanya*. Agro Industri Press, Bogor.
- Departemen Pertanian, 1976. *Vadamecum Kehutanan Indonesia*. Direktorat Jendral Kehutanan, Jakarta.
- Departemen Kehutanan, 2004. *Atlas Kayu Indonesia Jilid III*. Direktorat Jenderal Kehutanan, Jakarta.
- Departemen Perindustrian, 1983. *Memasyarakatkan Hasil Penelitian/Pengembangan Berupa Peningkatan Keterampilan maupun Proses untuk Membantu Industri Kecil komoditi Arang Kayu*. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Banjar baru.
- Ferry, J. 2002. *Pembuatan Arang Aktif dari Serbuk Gergajian Kayu Campuran Sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*. Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas MIPA IPB, tidak diterbitkan.
- Figueiredo, J. L . & Molujin, J. A. 1986. *Carbon and Coal Gasification*. Martinus Nijhoff Publishing. Lancaster.
- Hartoyo, N., Hudaya dan Fadli, 1990. *Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Kayu Bakau dengan Cara Aktifasi Uap*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. Vol. 8(1): PP 8 - 16. Bogor.
- Hartoyo, G. Pari. 1993. *Peningkatan Rendemen dan Daya Serap Arang Aktif Dengan Cara Kimia Dosis Rendah dan Gastifikasi*. Jurnal Penelitian Hutan Vol. II No. 5: 205-208.

- Haygreen, J. G dan J. L., Bowyer., 1996. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Alih Bahasa Sutjipto A. Hadikusumo. Gadjah mada University Press, Yogyakarta.
- Hendra, D. dan I. Winarni, 2003. *Sifat Fisik dan Kimia Briket Arang Campuran Limbah Kayu Gergajian dan Sabetan Kayu*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. Vol. 21 (3) : 203 – 210. Bogor.
- Pari, G. 1995. *Pembuatan dan Karakteristik Arang Aktif dari Kayu dan Batubara*. Tesis Program Pascasarjana. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Pari, G. 1999. *Karakteristik Arang Aktif dari Arang Serbuk Gergajian Sengon dengan Bahan Pengaktif $NH_4 HCO_3$* . Buletin Penelitian Hasil Hutan. 17(2) : 89-100. Pusat Litbang Hasil Hutan, Bogor.
- Pari, G. 2004. *Kajian Struktur Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu sebagai Adsorben Emisi Formaldehida Kayu Lapis*. Disertasi. Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Lasore R.S, 2007. *Kualitas Briket Arang dari Tempurung Kepayang (*Pangium edule Reinw*) dengan Metode Kiln Drum*. Skripsi fakultas Kehutanan, Univesitas Hasanuddin, Makassar. (Tidak diterbitkan)
- Said, S., 1997. *Studi Beberapa Sifat Arang Kayu Jawa (*Lannea grandis* Engl), Kayu Ki Hujan (*Samanea saman* Merr) dan Kayu bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk)*. Skripsi Sarjana Kehutanan, Fakultas Kahutana, Universitas Mulawarman. 84 Hal.
- Sembiring, M.T. dan T.S., Sinaga, 2003. *Pengenalan dan Proses Pembuatan Arang Aktif*. Jurusan teknik, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara. [Http://Library.usu.ac.id](http://Library.usu.ac.id). Akses 19 April 2007.
- Setyaningsih, H. 1995. *Pengelolaan Limbah Batik dengan Proses Kimia dan Adsorpsi Karbon Aktif*. Tesis. Program Pasca Sarjana. Universitas Indonesia, Jakarta.
- SNI. 1995. SNI 06-3730-1995: *Arang Aktif Teknis*. Dewan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Sri Purwaningsih. 2000. *Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Pada Limbah Cair Kayu Lapis*. Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Samarinda.

- Solovyon, L. A., A. N. Shamakov., V. I. Zaikovshi., SH. Joo and R. Ryoo. 2002. *Detailed Structure Of The Hexagonally Pocked Mesostructured Carbon Material CMK-3 Carbon* Ao : 2477 – 2481, Elsevier, UK.
- Sudrajat, R & Soleh, S. 1994. *Petunjuk Teknis Pembuatan Arang Aktif*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Jakarta.
- Sudrajat, R. 1985. *Pengaruh Beberapa Faktor Pengolahan terhadap Sifat Arang Aktif*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol II (2) : 1-4.
- Sunanto, H. 1992. *Budidaya Pucung, Usaha Produksi Kluwak dan Minyak Kepayang*. Kansius, Yogyakarta.
- Van Steenis, C. G. G. J. 1992. *Flora Untuk Sekolah Di Indonesia*, PT. Prody Paramita, Jakarta.