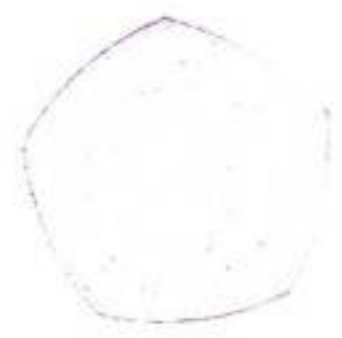


UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS KEHUTANAN
Makassar

UNIVERSITAS HASANUDDIN
Makassar

IPK	
T	5-12-07
S	Fak. Kehutanan
N	1 kelas
U	Hadiah
U	42
No	SKR. KH 07

PR1
S



Program Studi Teknologi Hasil Hutan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin
Makassar
2007

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Studi Sifat Arang Kayu Pinus (*Pinus merkusii*, Jungh) dan Kayu Gmelina (*Gmelina arborea*, Roxb) dengan Metode Pengarangan Kiln Bata
Nama : Unggul Pribadi
No. Pokok : M121 01 043
Program Studi : Teknologi Hasil Hutan

Skripsi ini Dibuat sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Kehutanan

Pada

Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin

Menyetujui
Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. H. Djamal Sanusi, M.Si
NIP.130 369 539

Pembimbing II

Ir. Baharuddin
NIP.131 862 957

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknologi Hasil Hutan
Fakultas Kehutanan

Ir. Beta Puranto, M.Sc
NIP. 130 792 980

Tanggal : Desember 2007

ABSTRAK

Unggul Pribadi (M 121 01 043). Studi Sifat Arang Kayu Pinus (*Pinus merkusii*, Jungh) dan Kayu Gmelina (*Gmelina arborea*, Roxb) dengan Metode Pengarangan Kiln Bata, di bawah Bimbingan Djamal Sanusi dan Baharuddin.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui sifat dan kualitas arang yang dibuat dari jenis kayu pinus dan kayu Gmelina dengan metode pengarangan *kiln* bata. Kegunaan dari hasil penelitian ini adalah sebagai bahan informasi tentang pemanfaatan kayu pinus dan kayu Gmelina sebagai bahan baku arang serta dapat dijadikan acuan dalam penelitian lebih lanjut.

Kegiatan penelitian ini berlangsung dari bulan April sampai Juni 2007. pembuatan *kiln* bata dan melakukan pengarangan di Laboratorium Keteknikan dan Diversifikasi Produk Hasil Hutan. Sedangkan pengujian kualitas arang di Laboratorium Sifat Dasar dan Teknologi Kimia Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin dan untuk pengujian nilai kalor di PT. Succofindo.

Variabel yang diamati adalah berat jenis, kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, dan nilai kalor dan untuk menganalisis data digunakan Uji t. Dari hasil pengamatan dan perhitungan variabel yang diamati bahwa arang kayu jenis pinus memenuhi standar Amerika, sedangkan arang kayu jenis Gmelina tidak memenuhi standar Amerika, Eropa, Jepang, Inggris, dan Malaysia.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT atas berkah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ya disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi di Fakultas Kehutanan.

Penyusunan skripsi ini tentunya memiliki kekurangan-kekurangan yang disebabkan karena keterbatasan penulis, olehnya itu saran dan tanggapan yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Dengan selesainya penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof.Dr.Ir.H. Djamal Sanusi, selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Baharuddin, selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk dalam melaksanakan penelitian sampai pada penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Beta Putranto, M.Sc., Bapak Ir. Bakri, M.Sc., dan Ibu A. Detti Yunianti, S.Hut, MP., selaku Penguji yang banyak memberikan masukan untuk memperbaiki penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr.Ir. Musrizal Muin, M.Sc selaku Penasehat Akademik penulis.
4. Bapak Dr.Ir. Muh. Restu, MP selaku Dekan Fakultas Kehutanan
5. Segenap staf Dosen Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin
6. Rekan-rekan rimbawan khususnya angkatan '01 dan rekan satu tim peneliti arang kayu atas kebersamaan dan kekompakannya selama ini serta segala bantuan yang diberikan Kanda Heru selaku Laboran di Laboratorium Sifat Dasar dan Teknologi Kimia Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.

Ucapan terima kasih yang tak terhingga kuhaturkan kepada Ayahanda tercinta Bapak Datuk M.Taher dan ibunda tersayang Ratna Bulan dan Kakak-kakakku Awaluddin, SE dan Putri Damai Yanti atas segala doa dan motivasi yang diberikan untuk keberhasilan penulis selama ini.

Akhir kata penulis mengucapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin

Makassar, Nopember 2007

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Deskripsi Jenis Kayu	3
B. Arang	7
C. Mutu Arang.....	9
D. Metode Pembuatan Arang	10
III. METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat.....	14
B. Bahan dan Alat.....	14
C. Prosedur Penelitian	15
D. Variabel yang Diamati	17
E. Analisis Data.....	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil	23
B. Pembahasan	24
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	29
B. Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR TABEL

No.	<i>Teks</i>	Halaman
1.	Syarat Mutu Arang Kayu untuk Beberapa Negara	10
2.	Hasil Uji Rata-Rata Variabel yang Diamati antara Arang Kayu Pinus dan Arang Kayu Gmelina.....	23

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
1.	Sketsa Kiln Bata.....	32
2.	Jadwal Proses Pengarangan dengan Metode Kiln Bata.....	33
3.	Perhitungan Berat Jenis	34
4.	Analisis Uji t terhadap Berat Jenis Arang Kayu Pinus dan Gmelina.....	35
5.	Perhitungan Nilai Kadar Air (%).....	36
6.	Analisis uji t terhadap Kadar Air Arang Jenis Kayu Pinus dan Gmelina.....	37
7.	Perhitungan Nilai Kadar Zat Mudah Menguap (Volatile Meter)	38
8.	Analisis uji t terhadap Kadar Zat Mudah Menguap Arang Jenis kayu Pinus dan Gmelina	39
9.	Perhitungan Nilai Kadar Abu (%)	40
10.	Analisis uji t terhadap Kadar Abu Arang Jenis Kayu Pinus dan Gmelina	41
11.	Perhitungan Nilai Karbon Terikat (%).....	42
12.	Analisis uji t terhadap Kadar Karbon Terikat	43
	Arang Jenis Kayu Pinus dan Gmelina	44
13.	Nilai Kalor dari Arang Kayu Pinus dan Gmelina.....	45
14.	Analisis uji t terhadap Nilai kalor Arang Jenis Kayu Pinus dan Gmelina.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar.	<i>Teks</i>	Halaman
1.	Kiln Bata.....	47
2.	Perioxide Bomb Calorimeter Digital.....	48
3.	Arang Kayu Jenis Pinus dan Gmelina.....	49
4.	Proses Pengeluaran Arang dari Tungku dan Penyemprotan Air.....	50

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kayu sebagai salah satu sumber bahan baku memegang peranan penting baik pada kelangsungan industri maupun pada kehidupan masyarakat. Penggunaan kayu sebagai bahan bakar tidaklah asing dalam kehidupan manusia, sebab sebelum ditemukannya bahan bakar minyak manusia menggunakan kayu sebagai bahan bakar dalam kehidupan sehari-hari. Seiring dengan perkembangan zaman, maka penggunaan kayu lebih diprioritaskan kepada industri-industri yang lebih komersil terutama untuk kayu yang memiliki nilai keawetan dan kekuatan yang tinggi.

Pemanfaatan kayu pinus dan gmelina dalam sebuah industri perkayuan dan seperti industri mebel, selain menghasilkan mebel yang diinginkan juga akan menghasilkan limbah berupa serbuk gergaji dan potongan-potongan kayu yang berukuran kecil. Kebanyakan dari limbah tersebut sudah tidak dibutuhkan lagi sehingga akan dimusnahkan dan dibuang. Untuk mengoptimalkan penggunaan kayu, maka seluruh sisa atau limbah dari hasil pengolahan industri mebel digunakan dalam menghasilkan produk-produk yang lebih bermanfaat. Selain dari industri mebel, limbah kayu dari hasil penebangan juga dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif dengan cara mengolah limbah menjadi bahan bakar dalam bentuk arang. Untuk mengetahui apakah arang dari suatu kayu dikatakan baik, maka perlu diketahui sifat-sifat arang meliputi kadar air, kadar abu, zat mudah menguap dan nilai kalor dengan metode pengurangan *kiln* bata.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat dan Mutu arang yang dibuat dari jenis kayu pinus dan kayu gmelina dengan metode pengarangan *kiln* bata. Kegunaan dari hasil penelitian ini adalah sebagai bahan informasi tentang pemanfaatan kayu pinus dan kayu gmelina sebagai bahan baku arang serta dapat dijadikan acuan dalam penelitian lebih lanjut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Jenis Kayu

1. Kayu Pinus (*Pinus merkusii* Jungh)

Menurut Tantra (1983), sistematika kayu pinus atau tusam dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- Divisi : Spermatophyta
- Sub Divisi : Gymnospermae
- Kelas : Coniferae
- Ordo : Pinales
- Famili : Pinaceae
- Genus : Pinus
- Spesies : *Pinus merkusii* Jungh

Pinus dapat tumbuh dari permukaan laut sampai dengan pegunungan, tetapi pada ketinggian 800 – 2000 m dpl akan tumbuh dengan baik. Perakaran pinus sangat dalam, terdiri atas akar tunggang dan banyak akar lateral, sehingga akan sangat membantu distribusi air tanah secara kontinyu. Jenis ini tahan terhadap kekurangan zat asam selama 40 – 50 hari. Pohon pinus dapat mencapai tinggi maksimum 70 m, tetapi umumnya hanya mencapai tinggi 35 m, batang yang sudah tua berwarna sawo matang sampai kelabu tua. Pinus merupakan tanaman intoleran, pohon ini mempunyai pertumbuhan yang cepat, sehingga dalam waktu yang singkat cepat menutup tanah (Darsidi, 1983). Menurut Martawijaya, dkk.(1989) bahwa kayu pinus dapat dipergunakan sebagai kayu

bakar dan arang, bangunan, perumahan, lantai, mebel, korek api, *pulp*, dan *tripleks*. Kayu pinus termasuk kelas kuat III dengan berat jenis antara 0,40 – 0,75.

Habitat pinus yang sebaran alaminya sampai di Selatan khatulistiwa. Di Asia Tenggara tersebar pada 23^o LU-20^o LS seperti ditemukan di Burma, Thailand, Laos, Kamboja, Vietnam, Indonesia (Sumatra), dan Filipina (P. Luzon dan Mindoro). Di Pulau Hainan (China), di Jawa dan Sulawesi Selatan (Indonesia) tanaman pinus merupakan hasil penanaman. Kayunya untuk berbagai keperluan seperti konstruksi ringan, mebel, *pulp*, korek api dan sumpit. Selain kayunya, juga menghasilkan hasil hutan bukan kayu berupa getah yang disadap dari pohon pinus. Pohon tua dapat menghasilkan 30-60 kg getah, 20-40 kg resin murni dan 7-14 kg terpentin per tahun. Deskripsi botani pinus yaitu pohon besar, batang lurus, silindris. Tegakan tua mencapai tinggi 45 m, diameter 140 cm. Tajuk pohon muda berbentuk piramid, setelah tua lebih rata dan tersebar. Kulit pohon muda abu-abu, sesudah tua berwarna gelap, dan alur dalam (Jajat H. & Christian P.H, 2001).

2. Kayu Gmelina (*Gmelina arborea* Roxb)

Menurut Alrasyid dan Widiarti (1992), klasifikasi dan morfologi gmelina adalah sebagai berikut :

- Regnum : Plantae
- Divisi : Spermatophyta
- Sub Divisi : Angiospermae
- Kelas : Dicotyledoneae
- Ordo : Tubiflorae
- Familia : Verbenaceae
- Genus : *Gmelina*
- Spesies : *Gmelina arborea* Roxb

Bentuk pohon bulat, lurus dan tidak berbanir. Ketinggian pohon dapat mencapai 30 m, dengan diameter dapat lebih besar dari 60 cm. Batang bebas cabang berkisar antara 6 – 9 m, tajuk pohon menyerupai kerucut atau tak teratur dengan percabangan yang banyak.

Penyebaran habitat kayu gmelina secara alami terdapat di Nepal, India, Pakistan, Bangladesh, Sri Lanka, Myanmar, Thailand, Laos, Kamboja, Vietnam dan Cina Selatan. Di hutan alam jenis ini selalu tersebar dan berkelompok dengan jenis lain. Ditemukan di hutan yang selalu hijau di Myanmar dan Bangladesh, dan India Tengah pada musim kering menggugurkan daun. Gmelina sudah ditanam luas di berbagai negara Asia Tenggara termasuk Indonesia, Afrika Barat dan Amerika Selatan. Deskripsi botani kayu gmelina memiliki pohon ukuran sedang, tinggi dapat mencapai 30 - 40 m, batang silindris, diameter rata-rata 50 cm

kadang-kadang mencapai 140 cm. Kulit halus atau bersisik, warna coklat muda sampai abu-abu. Ranting halus licin atau berbulu halus. Bunga kuning terang, mengelompok dalam tandan besar yaitu 30-350 bunga per tandan. Daun bersilang, bergerigi atau bercuping, berbentuk jantung, ukuran 10-25 cm x 5-18 cm. Bunga sempurna, panjang mencapai lebih 25 mm, berbentuk tabung dengan 5 helai mahkota. Bunga mekar malam hari. Penyerbukan umumnya dilakukan lebah (Henny dkk. 2002).

Kayu gmelina tergolong kayu ringan dan memiliki berat jenis yang sedang antara 0,42 – 0,64. Umumnya kayu ini dikenal sebagai kayu penghasil energi karena menghasilkan arang yang berMutu baik, kurang asap dan mudah terbakar. Dewasa ini kayu gmelina banyak digunakan untuk keperluan pembuatan papan partikel, *core*, korek api, *plywood*, peti kemas. Di negara Brazil kayu gmelina banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas *kraft* (Alrasyid dan Widiarti, 1992).

Menurut Pandu (1999), gmelina termasuk jenis tanaman yang cepat tumbuh dengan riap rata-rata 25 m³/ha/tahun. Di Malaysia riap rata-rata gmelina dapat mencapai 28 m³/ha/tahun. dalam proses pertumbuhannya jenis ini dapat mencapai tinggi 20 – 30 m dengan diameter antara 60 – 80 cm. jika dihubungkan dengan tujuan penggunaannya, maka jenis gmelina seperti juga jenis yang lain memiliki daur yang berbeda-beda. Daur untuk produksi korek api adalah 17 tahun, untuk produksi kayu pertukangan adalah 15 – 20 tahun dan untuk kayu energi adalah 5 tahun.

B. Arang

Menurut Djatmiko, dkk. (1985) bahwa arang kayu adalah *residu* yang terjadi dari hasil penguraian atau pemecahan kayu karena panas yang sebagian besar kimianya adalah karbon. Peristiwa ini dilakukan dengan jalan memanasi langsung atau tidak langsung terhadap kayu di dalam timbunan, *kiln*, *retort*, *oven* dengan udara terbatas.

Susunan kimia arang terdiri atas unsur-unsur karbon, oksigen dan komponen mineral non organik (Ando, 1982). Hal ini didukung oleh Djatmiko, dkk. (1985) yang menyatakan bahwa arang merupakan bahan padat yang berpori dari hasil pembakaran bahan yang mengandung unsur C 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 dua yaitu batangan dan halus. Arang batangan digunakan untuk bahan baku memasak, keperluan metalurgi dan sebagai bahan baku untuk pembuatan zat kimia tertentu yang bahan baku utamanya 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 serpih kayu dari sisa penggergajian (Departemen Pertanian, 1976).

Menurut Kuriyama (1961) dalam Ando (1982) proses destilasi kering kayu dapat dibagi ke dalam empat tahap sebagai berikut :

1. Pada permulaan pemanasan, air dalam kayu menguap, kemudian selulosa terurai pada suhu antara 200 – 260°C. Destilat sebagian besar mengandung asam-asam kayu dan methanol.

2. Pada suhu 260 – 310°C sebagian besar selulosa terurai secara intensif. Pada tingkatan ini banyak dihasilkan *piroligneous liquor*, gas dan sedikit ter yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengawet. *Piroligneous liquor* berwarna kecoklatan dan mengandung persenyawaan yang memiliki titik didih rendah seperti asam cuka, methanol dan ter terlarut. Gas kayu yang dihasilkan terdiri atas CO₂ dan CO yang berjumlah kurang lebih 50 liter per kilogram kayu kering tanur.
3. Pada suhu 310 – 500°C lignin terurai dan ter yang terbentuk lebih banyak, sedangkan cairan *piroligneous* dan gas menurun. Pada suhu tersebut volume gas menurun dari 50 liter menjadi 30 liter per kilogram kayu kering tanur. Ter yang dihasilkan sebagian besar berasal dari penguraian lignin. Dengan meningkatnya suhu dan lamanya waktu, maka gas CO₂ semakin berkurang sedangkan CO, CH₄ dan H₂ semakin bertambah.
4. Pada suhu 500 – 1000°C diperoleh gas kayu yang sukar dikondensasikan, terutama gas hidrogen. Pada tahap ini merupakan proses pemurnian arang.

Perubahan komponen kayu dalam proses destilasi kering terjadi pada suhu 100 – 1000°C, di mana perubahan terbesar terjadi pada suhu 200 – 500°C. Reaksinya eksoterm yaitu jumlah panas yang dikeluarkan lebih besar daripada yang diperlukan. Reaksi eksoterm terjadi pada suhu antara 300 – 400°C, di mana suhu melonjak dengan cepat meskipun jumlah panas yang diterima tetap (Ando, 1982).

C. Mutu Arang

Penilaian mutu arang kayu dilakukan berdasarkan ukuran (batangan, halus atau pecahan), sifat fisik (warna, bunyi, nyala, kekerasan, kerapuhan, nilai kalor, berat jenis), analisa arang (kadar air, abu, karbon sisa dan zat mudah menguap) serta suhu maksimum pengarangan dan kemurnian arang (Departemen Pertanian, 1976). Sedangkan menurut Djatmiko, dkk. (1985) yang mempengaruhi Mutu arang kayu antara lain jenis kayu dan proses pengolahan.

Syarat mutu arang sebagai bahan bakar mempunyai karbon sisa antara 55 – 70 %, untuk metalurgi mempunyai karbon sisa minimum 70 %, abu lebih kecil dari 4 %, zat mudah menguap maksimum 10 % dan nilai kalor minimum 7.000 kalori, untuk arang aktif mempunyai karbon sisa 70 – 80 %, zat mudah menguap 15 – 20 % dan kadar abu 1 – 2 % (Departemen Pertanian, 1976).

Djatmiko, dkk. (1985) menyatakan bahwa kayu untuk produksi arang memerlukan persyaratan Mutu tertentu dan jenisnya dapat diperoleh dalam jumlah besar pada areal tertentu. Pada umumnya kayu yang digunakan untuk pembuatan arang mempunyai berat jenis 0,6 – 0,7, kadar air 30 – 40 % dan diameter kayu bulat 10 – 20 cm. Menurut Departemen Pertanian (1976) bahwa persyaratan teknis kayu untuk penggunaan arang mempunyai berat jenis tinggi.

Menurut Departemen Perindustrian (1983) mutu arang yang baik mempunyai sifat-sifat fisik antara lain warna hitam, nyala kebiru-biruan, mengkilap pada pecahannya, tidak mengotori tangan, tidak terlalu cepat terbakar, terbakar tanpa berasap dan dapat menyala terus tanpa dikipas. Di samping sifat-sifat fisik, Mutu arang juga ditentukan oleh kadar air, kadar abu, zat mudah

menguap dan nilai kalor. Secara khusus standar penilaian Mutu arang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat Mutu Arang Kayu untuk Beberapa Negara

Negara	Ka (%)	Kadar Abu (%)	Zat Mudah Menguap (%)	Karbon Terikat (%)	Nilai Kalor (kalori/gram)
Amerika	6	3	10 – 30	60 – 80	-
Eropa	6	3	20 – 30	60 – 70	-
Jepang	6 – 10	3	5 – 10	70 – 85	-
Inggris	-	1 – 3	12 – 15	± 80	-
Malaysia	-	4	10	70	7000

Sumber : SII 2041 – 87 dalam Departemen Perindustrian, 1983.

Batasan-batasan mutu bakar arang kayu dapat dikategorikan berMutu baik apabila zat mudah menguap < 24 %, karbon yang terikat > 70 % dan nilai kalor > 7000 kal/gram (Anang, 1983 dalam Departemen Perindustrian, 1983).

D. Metode Pembuatan Arang

1. Metode Destilasi Kering (*Retort Method*)

Pada metode *retort*, kayu tidak langsung berhubungan dengan sumber panas atau api dengan produksi utamanya adalah ter, alkohol, asam serta senyawa organik lainnya dan arang kayu merupakan produk sampingan (Anang, 1983 dalam Departemen Perindustrian, 1983). *Retort* umumnya dibuat dari besi dengan sumber panas dari luar seperti misalnya memanfaatkan panas dari aliran tenaga listrik, selama proses karbonisasi berlangsung sampai selesai (Hasyim, 1983 dalam Departemen Perindustrian, 1983). Destilasi kering kayu adalah proses perlakuan panas terhadap kayu pada suhu tinggi tanpa udara atau dengan udara terbatas, sehingga kayu tersebut akan terurai menjadi komponen-komponen kimia

yang dapat mempunyai nilai komersil. Lebih lanjut dijelaskan bahwa dalam proses destilasi kering kayu dapat dihasilkan cairan piroligneous, ter kayu, gas dan sisanya adalah arang (Ando, 1982).

2. Metode Tungku (*Kiln Method*)

a. *Earth* (Timbun/Konvensional)

Pembuatan arang dengan cara timbun merupakan cara tradisional, banyak dilakukan di pedesaan dan tidak memerlukan biaya produksi tinggi. Arang yang dihasilkan umumnya hanya digunakan untuk bahan bakar dalam rumah tangga (Departemen Pertanian, 1976). Pada metode pembuatan arang dengan *kiln* baik *earth* maupun *portable kiln*, kayu langsung berhubungan dengan pemanas atau api dan tujuan utamanya memproduksi arang kayu (Anang, 1983 dalam Departemen Perindustrian, 1983). Prinsip kerjanya adalah kayu yang membara memberikan panas untuk berlangsungnya proses pengarangan (Hasyim, 1983 dalam Departemen Perindustrian, 1983).

Keuntungan pembuatan arang dengan cara timbun diperoleh kemudahan dalam penetapan lokasi pengarangan, penyesuaian timbunan dengan jumlah bahan baku yang tersedia dan dalam memproduksi arang dapat dilakukan dengan modal yang kecil (Nurhayati, 1990). Selain itu, metode timbun juga mempunyai kelemahan yaitu proses karbonisasi tidak dapat diamati secara cermat atau sulit dikontrol dan proses pengarangan memerlukan waktu lama serta rendemen arang umumnya rendah (Hasyim, 1983 dalam Departemen Perindustrian, 1983).

b. *Kiln Bata*

Pembuatan arang dengan metode kiln bata umumnya digunakan untuk tujuan komersil. Pada metode kiln bata, proses karbonisasi dapat diamati dan diawasi melalui pengatur udara masuk dan tidak tergantung dari cuaca pada saat itu. Metode kiln bata ini sesuai untuk dikembangkan bagi penduduk yang berada di sekitar hutan guna memanfaatkan limbah tebangan dari areal hutan produksi (Hasyim, 1983 dalam Departemen Perindustrian, 1983).

Kiln bata merupakan modifikasi dari model Thailand yang dirancang untuk kemudahan operasi dan Mutu arang yang dihasilkan. Dengan menggunakan dinding terbuat dari bata yang diplester atau kombinasinya dengan campuran pasir dan semen, maka *kiln* dapat dibuat dalam ukuran besar dan permanen, sehingga bahan baku dapat masuk lebih banyak. Selain itu, proses pengarangan lebih sempurna dan terkontrol sehingga waktu proses lebih cepat serta menghasilkan arang dalam jumlah lebih banyak, seragam dan Mutu yang lebih baik. Perkembangan lanjut tipe ini mengarah kepada variasi bentuk dinding, atap, bahan konstruksi, jumlah cerobong asap, lubang pengapian dan ukuran pintu pemasukan bahan baku.

Kiln terdiri atas ruang pembakaran, pintu pemasukan kayu, lubang pembakaran, lubang udara, lubang penguapan dan cerobong asap. Badan dan atap *kiln* terbuat dari bata dengan ukuran diameter 50 cm dan tinggi 80 cm. Lubang pembakaran berjumlah 1 buah, lubang udara 4 buah, lubang penguapan 4 buah, cerobong asap 1 buah dan pintu pemasukan kayu 1 buah. Ukuran kayu berdiameter 5-10 cm dan panjang antara 10 - 20 cm, lama proses pengarangan dari saat pembakaran sampai arang dikeluarkan dari *kiln* adalah ± 20 jam.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Pelaksanaan penelitian ini berlangsung selama dua bulan yaitu dari bulan April – Juni 2007 yang terdiri atas pembuatan *kiln* bata dan melakukan pengarangan di Laboratorium Keteknikan dan Diversifikasi Produk Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin. Pengujian Mutu arang di Laboratorium Sifat Dasar dan Teknologi Kimia Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin serta pengujian nilai kalor di PT. Succofindo.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu pinus dan kayu gmelina, umpan bakar berupa ranting kayu kering dan serutan kayu kering, korek api, batu bata, batu gunung, kerikil, semen, pasir, bambu, tanah liat (sebagai plaster) dan tenda. Alat yang digunakan adalah cangkul, sekop, sendok tembok, meteran, waterpas, palu, gergaji, *oven*, *desikator*, alat timbang, pembakar spritus, air, kaki tiga, kasa asbes, gelas kimia, *statif*, *parafin*, spritus, gegep, cawan porselin, *oven* pengabuan dan *perioxide bomb calorimeter*.

C. Prosedur Penelitian

Contoh kayu pinus dan kayu gmelina yang akan dibuat menjadi arang adalah kayu yang berdiameter 5 - 10 cm. Contoh kayu tersebut dipotong sampai ukuran panjang 10 - 20 cm, kemudian dilakukan proses pengarangan sebagai berikut :

1. Menyusun serutan kayu kering (tebal 3 cm) dan ranting kayu pada dasar tungku.
2. Memasukkan dan menyusun sampel di dalam *kiln* bata dengan susunan berdiri tegak serapat mungkin sampai penuh.
3. Setelah selesai penataan kayu, menutup rapat lubang pemasukan dan memplaster sela-sela lubang penutupan dengan tanah liat.
4. Membuka lubang udara, lubang penguapan dan lubang cerobong asap seluruhnya, kemudian membakar kayu umpan di lubang pembakaran.
5. Menghentikan pembakaran kayu umpan, setelah kayu dalam *kiln* terlihat terbakar yaitu dalam waktu sekitar ± 40 menit.
6. Menutup sebagian lubang pembakaran.
7. Menutup lubang udara di samping kiri dan kanan (lubang III dan IV) yang berdekatan dengan cerobong asap agar pembakaran mengarah pada lubang I dan II.
8. Menutup keempat lubang penguapan apabila telah terlihat asap tebal hitam dan memberi plester agar aliran asap seluruhnya ke luar melalui cerobong asap. Waktu yang diperlukan dari mulai pembakaran sampai keluar asap tebal hitam adalah ± 60 menit.

9. Menutup lubang udara terdekat kepada lubang pembakaran (lubang I) apabila terlihat bara api. Lalu membuka lubang udara di samping kiri dan kanan (Lubang III dan IV) yang berdekatan dengan cerobong asap, dengan demikian pembakaran akan mengarah kepada lubang udara berikutnya di mana tiga buah lubang udara masih terbuka.
10. Mengulangi perlakuan tersebut sampai kepada penutupan lubang udara terakhir (lubang IV) yang berdekatan dengan cerobong asap.
11. Apabila pembakaran berjalan baik, dalam jangka waktu ± 4 jam ter kayu sudah menetes keluar.
12. Pada tahap pembakaran akhir yaitu pada keadaan 1 buah lubang udara terakhir masih terbuka, maka asap telah menipis, tak berwarna dan ter sudah tidak menetes lagi.
13. Tahap berikutnya adalah menutup seluruh lubang udara, lubang pembakaran, dan cerobong asap selama ± 7 jam. Setelah itu, maka proses pengarangan telah selesai dan arang dikeluarkan dari *kiln* kemudian segera disiram air agar tidak terbakar.
14. Mengering udarakan arang sampai beratnya konstan atau selama 1 – 2 hari.

D. Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati untuk menentukan sifat arang kayu meliputi berat jenis, kadar air, zat mudah menguap, kadar abu, karbon terikat dan nilai kalor. Pengujian dan pengukuran yang dilakukan disesuaikan dengan standar ASTM part 8 dan part 26 serta prosedur yang dilakukan Lembaga Penelitian Hasil Hutan (Sudrajat, 1992 dalam Suprpto, dkk. 1995). Arang yang diperoleh pada keadaan basah perlu dikeringkan di dalam *oven* listrik pada suhu 60°C selama 24 jam sampai beratnya konstan.

1. Berat Jenis

Berat jenis dinyatakan sebagai hasil perbandingan antara kerapatan arang dengan kerapatan air dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis} = \frac{Bkt / V}{Ka}$$

Dimana :

Bkt = Berat kering tanur (gram)

V = Volume arang dengan metode pencelupan (cm³)

Ka = Kerapatan air (1 gram/cm³)

2. Kadar air

Berat contoh arang sebanyak kurang lebih 1 gram dikeringkan dalam tanur listrik pada suhu 105°C selama ± 6 jam, lalu ditimbang kembali. Penentuan kadar airnya dinyatakan dengan rumus :

$$\text{Kadar Air} = \frac{Ba - Bkt}{Bkt} \times 100 \%$$

Dimana :

Ba = Berat sampel sebelum dikeringkan (gram)

Bkt = Berat kering tanur (gram)

3. Kadar Zat Mudah Menguap (*Volatile Matter*)

Cawan porselin yang berisi contoh uji penentuan kadar air (kering tanur) dipanaskan dalam oven listrik/tanur pada suhu $\pm 950^\circ\text{C}$ selama 6 menit lalu didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang. Kadar zat mudah menguap dinyatakan dengan rumus :

$$\text{VM} = \frac{L}{Bkt} \times 100 \%$$

Dimana :

VM = Kadar zat mudah menguap (%)

L = Kehilangan berat sampel (gram)

Bkt = Berat kering tanur (gram)

4. Kadar Abu

Cawan porselin yang berisikan contoh uji penentuan kadar zat mudah menguap ditempatkan dalam *oven* listrik/tanur pada suhu $\pm 750^{\circ}\text{C}$ selama 6 jam lalu didinginkan dalam desikator. Kadar abu ditentukan dengan rumus :

$$\text{Kadar abu} = \frac{S}{Bkt} \times 100 \%$$

Dimana :

S = Berat sisa sampel (gram)

Bkt = Berat kering tanur (gram)

5. Kadar Karbon Terikat (*Fixed Carbon*)

Kadar karbon terikat dinyatakan dalam persen dengan rumus :

$$\text{FC} = (100 - \text{VM} - \text{Ash}) \%$$

Dimana :

FC = Kadar karbon terikat (%)

VM = Kadar zat mudah menguap (%)

Ash = Kadar abu (%)

6. Nilai Kalor

Pengukuran nilai kalor dilakukan dengan alat *perioxide bomb calorimeter* digital, dengan proses sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan sampel sebanyak 1 gram, kemudian meletakkan di mangkok pembakaran.
- 2) Memasang kawat yang telah dihubungkan dengan elektroda pada sampel.

- 3) Memasukkan rangkaian ini ke dalam silinder bom yang sebelumnya diisi dengan aquades sebanyak 5 ml.
- 4) Memasukkan oksigen murni kedalam silinder bom sampai tekanannya mencapai 30 – 35 atmosfer.
- 5) Memasukkan bom silinder ke dalam panci silinder yang telah diisi 2 liter aquades, kemudian memasukkan panci silinder kedalam mantel silinder serta memasang elektroda-elektrodanya.
- 6) Memasang penutup mantel silinder sedemikian rupa, sehingga pengaduk bisa berputar bebas dalam panci silinder yang berisi air.
- 7) Menginput data yang diperlukan seperti kode sampel, berat sampel dan nomor panci.

E. Analisis Data

Variabel yang diamati dianalisis dengan menggunakan uji t untuk dua populasi. Uji t dipakai untuk membedakan pengamatan yang diamati pada arang kayu pinus dan gmelina dengan 3 (tiga) kali ulangan. Menurut Sudjana (1996), untuk membandingkan dua populasi dilakukan pengujian kesamaan dua rata-rata dengan uji dua pihak. Pasangan hipotesis nol dan tandingannya yang akan diuji adalah sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

1. $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ tetapi σ tidak diketahui

Jika H_0 benar dan $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ sedangkan σ tidak diketahui harganya, statistik yang digunakan adalah :

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S(1/n_1 + 1/n_2)^{1/2}}$$

$$S^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Keterangan :

n_1 = Jumlah sampel uji arang jenis kayu pinus

n_2 = Jumlah sampel uji arang jenis kayu gmelina

\bar{X}_1 = Nilai rata-rata sampel uji arang jenis kayu pinus

\bar{X}_2 = Nilai rata-rata sampel uji arang jenis kayu gmelina

S_1^2 = Keragaman sampel uji arang jenis kayu pinus

S_2^2 = Keragaman sampel uji arang jenis kayu gmelina

Kriteria pengujian adalah terima H_0 jika $-t_{1-1/2\alpha} < t < t_{1-1/2\alpha}$, di mana $t_{1-1/2\alpha}$ didapat dari daftar distribusi t dengan db = $(n_1 + n_2 - 2)$ dan peluang $(1 - 1/2\alpha)$. Untuk harga-harga t lainnya, H_0 ditolak.

2. $\sigma_1 \neq \sigma_2$ dan kedua-duanya tidak diketahui

Jika kedua simpangan baku tidak sama maka dilakukan pendekatan dengan menggunakan statistik t sebagai berikut :

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\left((S_1^2 / n_1) + (S_2^2 / n_2) \right)^{1/2}}$$

$$S^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Kriteria pengujian adalah terima H_0 jika :

$$\frac{w_1 t_1 + w_2 t_2}{w_1 + w_2} < t < \frac{w_1 t_1 + w_2 t_2}{w_1 + w_2}$$

dengan :

$$w_1 = S_1^2 / n$$

$$w_2 = S_2^2 / n$$

$$t_1 = t_{(1 - \frac{1}{2}\alpha), (n_1 - 1)}$$

$$t_2 = t_{(1 - \frac{1}{2}\alpha), (n_2 - 1)}$$

Untuk nilai t lainnya, H_0 ditolak.

Jika H_0 diterima berarti rata-rata kedua variabel yang dibandingkan tidak berbeda nyata, sedangkan jika H_1 diterima berarti rata-rata kedua variabel tersebut berbeda nyata.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Hasil pengamatan dan perhitungan berat jenis, kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon terikat, dan nilai kalor arang kayu jenis pinus dan gmelina, masing-masing dapat dilihat pada lampiran 3 – 14.

Hasil uji t terhadap semua variabel yang diamati antara arang kayu pinus dan arang kayu gmelina dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Rata-Rata Variabel yang Diamati antara Arang Kayu Pinus dan Arang Kayu Gmelina

No.	Variabel	Hasil pengamatan rata-rata dan uji t pada tiap jenis arang	
		Arang kayu pinus	Arang kayu gmelina
1.	Berat jenis	0,51 a	0,38 b
2.	Kadar air (%)	4,07 a	6,92 b
3.	Kadar zat mudah menguap (%)	26,78 a	24,91 b
4.	Kadar abu (%)	1,70 a	5,88 b
5.	Kadar karbon terikat (%)	71,52 a	69,21 b
6.	Nilai kalor (kal/g)	7011 a	6381 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang tidak sama berbeda nyata

Hasil pengukuran mutu arang kayu pinus dan arang kayu gmelina yang disajikan pada Tabel 2, jika dibandingkan dengan syarat mutu arang kayu untuk beberapa negara (Tabel 1), maka mutu arang kayu pinus memenuhi standar amerika. Arang kayu gmelina tidak memenuhi semua standar pada Tabel 1 karena kadar air arang gmelina lebih besar dari 6% dan kadar abunya lebih besar dari 3%, walaupun kadar zat mudah menguap dan kadar karbon terikat memenuhi standar.

B. Pembahasan

1. Berat Jenis

Hasil uji t pada Tabel 2 menunjukkan bahwa berat jenis arang kayu pinus dan arang kayu gmelina berbeda nyata pada taraf 5%. Berat jenis arang kayu pinus lebih tinggi daripada berat jenis arang kayu gmelina yaitu masing-masing sebesar 0,51 dan 0,38. Perbedaan berat jenis arang kayu pinus dan gmelina dapat disebabkan karena perbedaan berat jenis kayu yang digunakan sebagai bahan baku arang, Menurut Oey Djoen Seng (1990) menyatakan bahwa kayu dengan berat jenis tinggi akan menghasilkan arang yang lebih berat dalam setiap volume bila dibandingkan kayu yang memiliki berat jenis rendah. Berat jenis kayu pinus 0,40 – 0,75 (Martawijaya, dkk. 1989) dan berat jenis kayu gmelina berkisar antara 0,42 – 0,64. (Alrasyid dan Widiarti, 1992).

Pada dasarnya berat jenis kayu menunjukkan besarnya jumlah zat padat yang terdapat pada dinding sel kayu yang merupakan kumpulan bahan polimer yang bercampur secara kompleks. Sebenarnya selain zat padat berupa bahan polimer pada dinding sel, terdapat pula komponen ekstraktif. Dengan keberadaan komponen ekstraktif ini, maka sebenarnya pengukuran berat jenis kayu hanya merupakan indeks relatif dari zat dinding sel (Panshin dan de Zeeuw, 1980).

2. Kadar Air

Hasil uji t pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar air arang kayu pinus dan arang kayu gmelina berbeda nyata pada taraf 5%. Kadar air arang kayu pinus lebih rendah daripada kadar air arang kayu gmelina yaitu masing-masing sebesar 4,07% dan 6,92%. Perbedaan kadar air dari arang kayu pinus dan gmelina

tersebut disebabkan karena perbedaan berat jenis kayu yang digunakan sebagai bahan baku arang. Menurut Suprptono, dkk. (1995) bahwa kayu dengan kerapatan lebih rendah mempunyai kemampuan mengikat uap air lebih tinggi karena lebih banyak rongga sel pada kayu tersebut. Kayu yang memiliki berat jenis tinggi mempunyai kerapatan yang tinggi pula karena serat kayunya lebih rapat dan komposisi selulosa pada dinding sel yang lebih banyak. Kerapatan kayu berhubungan langsung dengan proporsi volume rongga kosong.

3. Kadar Zat Mudah Menguap

Hasil uji t pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar zat mudah menguap arang kayu pinus dan arang kayu gmelina berbeda nyata pada taraf 5%. Kadar zat mudah menguap arang kayu pinus lebih tinggi daripada kadar zat mudah menguap arang kayu gmelina yaitu masing-masing sebesar 26,78% dan 24,91%. Perbedaan kadar zat mudah menguap dari masing-masing arang tersebut disebabkan karena perbedaan zat ekstraktif dari kayu yang digunakan sebagai bahan baku arang. Menurut Sudrajat (1983) bahwa kayu dengan kadar zat ekstraktif yang tinggi cenderung menghasilkan arang dengan kadar zat mudah menguap yang tinggi pula. Menurut Sjostrom (1995) bahwa kandungan ekstraktif kayu gmelina 4,6%, sedangkan kadar ekstraktif kayu pinus 6,3% (Martawijaya dkk. 1989).

Zat ekstraktif merupakan komponen sekunder penyusun dinding sel kayu yang terdiri atas bahan-bahan organik non polimer termasuk di dalamnya minyak volatile, resin, lilin, lemak, tanin, getah, lateks, alkaloid, dan bahan pewarna yang dapat dipisahkan melalui pelarut organik. Selain sebagai bahan yang berinfiltrasi di dalam dinding sel, zat ekstraktif juga terdapat sebagai endapan pada permukaan

rongga sel atau bahan yang mengisi rongga sel. Umumnya kadar zat ekstraktif dalam kayu hanya sedikit yaitu berkisar antara 2 – 15 % dari berat kering tanur (Panshin dan de Zeeuw, 1980).

Menurut Badri (1987) *dalam* Said (1998), perbedaan kadar zat mudah menguap dipengaruhi oleh suhu dan lamanya proses karbonisasi. Semakin tinggi suhu dan lamanya proses karbonisasi, penguapan yang terjadi semakin besar sehingga diperoleh arang yang mempunyai kadar zat mudah menguap yang rendah. Kadar zat mudah menguap akan berpengaruh pada mutu arang yang dihasilkan, semakin rendah kadar zat mudah menguap akan semakin baik mutunya karena zat menguap yang tinggi akan menimbulkan asap yang lebih banyak pada saat dinyalakan.

4. Kadar Abu

Hasil uji t pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar abu arang kayu pinus dan arang kayu gmelina berbeda nyata pada taraf 5%. Kadar abu arang kayu pinus lebih rendah daripada kadar abu arang kayu gmelina yaitu masing-masing sebesar 1,70% dan 5,88%. Persentase kadar abu arang dipengaruhi oleh kandungan mineral dalam kayu yang digunakan sebagai bahan baku arang. Kandungan mineral dalam kayu tergabung dengan zat organik/anorganik yang tidak dapat larut seperti kalsium, kalium, dan magnesium yang merupakan bagian terbesar dari pada logam. Logam-logam ini biasanya terdapat dalam bentuk karbonat, fosfat, oksalat, sulfat, dan silika. Jika kadar abu tinggi biasanya silika merupakan unsur yang utama.

Menurut Dumanauw (1990) bahwa setelah proses pembakaran kayu, komponen abu akan tertinggal setelah lignin dan holoselulosa habis terbakar. Panshin dan de Zeeuw (1980) mengemukakan bahwa komponen utama abu pada beberapa kayu tropika adalah kalium, kalsium, magnesium, dan silika. Kadar abu kayu biasanya kurang dari 1% berdasarkan berat kering tanur. Silika biasanya terdapat dalam jenis kayu tertentu dan dapat mencapai kadar lebih dari 2% berdasarkan berat kering tanur.

5. Kadar Karbon Terikat

Hasil uji t pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar karbon terikat arang kayu pinus dan arang kayu gmelina berbeda nyata pada taraf 5%. Kadar karbon terikat arang kayu pinus lebih tinggi daripada kadar karbon terikat arang kayu gmelina yaitu masing-masing sebesar 71,52% dan 69,21%. Perbedaan kadar karbon terikat dipengaruhi oleh perbedaan berat jenis kayu yang digunakan sebagai bahan baku arang. Menurut Nurhayati dan Hartoyo (1976) dalam Saripudin (1996) berat jenis bahan baku yang tinggi akan meningkatkan rendemen arang dan kadar karbon terikat. Hal ini didukung oleh Sudrajat (1983) yang menyatakan bahwa secara tidak langsung sifat arang dipengaruhi oleh sifat kayu. Kayu dengan berat jenis tinggi akan menghasilkan arang dengan kerapatan, kadar karbon terikat, serta nilai kalor yang tinggi pula.

6. Nilai Kalor

Hasil uji t pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai kalor arang kayu pinus dan arang kayu gmelina berbeda nyata pada taraf 5%. Nilai kalor arang kayu pinus lebih tinggi daripada nilai kalor arang kayu gmelina yaitu masing-masing

sebesar 7011 kal/g dan 6381 kal/g. Perbedaan nilai kalor dari masing-masing arang tersebut disebabkan oleh karena perbedaan berat jenis arang setiap kayu. Menurut Nurhayati, dkk. (1997) menyatakan nilai kalor dari semua jenis kayu tiap satuan berat bahan kering mutlak hampir sama. Hal ini berarti bahwa dalam keadaan pembakaran yang sama kemampuan memberi panas dari kayu bakar yang kering udara tiap satuan isi sebanding dengan berat jenisnya. Makin berat, makin tinggi pula nilai kalornya.

Selain perbedaan berat jenis arang, perbedaan nilai kalor arang juga disebabkan oleh kadar karbon terikat arang. Sudrajat (1983) menyatakan bahwa semakin sempurna proses karbonisasi, kadar karbon semakin tinggi sedangkan kadar hidrogen dan oksigen menurun sehingga nilai kalor semakin tinggi. Lebih lanjut dijelaskan bahwa kadar karbon terikat berhubungan dengan nilai kalor. Semakin tinggi kadar karbon terikat maka nilai kalornya semakin tinggi pula.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Arang kayu pinus memiliki berat jenis rata-rata sebesar 0,51, kadar air rata-rata sebesar 4,07%; kadar zat mudah menguap rata-rata sebesar 26,78%; kadar abu rata-rata sebesar 1,70%; kadar karbon terikat rata-rata sebesar 71,52%; dan nilai kalor rata-rata sebesar 7011 kal/g. Ditinjau dari semua variabel yang diamati arang kayu pinus hanya memenuhi syarat Mutu arang menurut standar amerika, tapi tidak memenuhi standar eropa, jepang, inggris, dan malaysia.
2. Arang kayu gmelina memiliki berat jenis rata-rata sebesar 0,38; kadar air rata-rata sebesar 6,92%; kadar zat mudah menguap rata-rata sebesar 24,91%; kadar abu rata-rata sebesar 5,88%; kadar karbon terikat rata-rata sebesar 69,21%; dan nilai kalor rata-rata sebesar 6381 kal/g. Ditinjau dari semua variabel yang diamati arang kayu gmelina tidak memenuhi standar amerika, eropa, jepang, inggris, dan malaysia.

B. Saran

Untuk penelitian dengan topik yang sama, disarankan meneliti suhu, ukuran sampel dan lama pengarangan pada setiap jenis kayu untuk mendapatkan nilai Mutu arang yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alrasyid dan Widiarti, 1992. **(Teknik Pemanenan dan Pemungutan Hasil Gmelina (Gmelina arborea Roxb).** Departemen kehutanan Balai Penelitian dan pengembangan Kehutanan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Bogor.
- Ando, J. 1982. **Hasil Destilasi Kering Beberapa Jenis Kayu Indonesia.** Laporan BPPH, No. 161. Hal 29 – 35, Bogor,
- Darsidi, A. 1983. **Penyebaran dan Potensi Kayu Pinus di Luar Jawa.** Badan Inventarisasi dan tata Guna Hutan.
- 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.
- Departemen Pertanian, 1976. **Vedemecum Kehutanan Indonesia.** Direktorat Jenderal Kehutanan, Jakarta.
- Djarmiko, Kataren, Setyahartini, S. 1985. **Pengolahan Arang dan Kegunaannya.** Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Dumanauw, 1990. **Mengenal Kayu.** Gramedia, Jakarta.
- Haygreen John, G. dan Bowyer Jim, L., 1983. **Hasil Hutan dan Ilmu Kayu.** Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Henny Rachmawati, Djoko Iriantono dan Christian P. Hansen. 2002. **Informasi Singkat Benih Gmelina (Gmelina arborea Roxb).** Direktorat Pembenihan Tanaman Hutan, Bandung.
- Jajat Hidayat dan Christian P. Hansen, 2001. **Informasi Singkat Benih Pinus merkusii, Jungh et de Vriese.** Direktorat Pembenihan Tanaman Hutan, Bandung.
- Martawijaya A., Kartasujana I., Mandang Y.I., Prawira S.A., dan Kadir S., 1989. **Atlas Kayu Indonesia Jilid II.** Departemen Kehutanan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.
- Nurhayati Tjutju, 1990 **Pembuatan Arang 4 Jenis Bambu dengan Cara Timbun.** Jurnal Hasil Penelitian Hasil Hutan Vol.6 No. 8 Hal. 495 - 498. Bogor

- Nurhayati, S.T., Setiawan D., Mahpudin, 1997. **Hasil Destilasi Kering dan Nilai Kalor 15 Jenis Kayu.** Buletin Hasil Penelitian Hasil Hutan Vol.15. Bogor .
- Oey Djoen Seng, 1990. **Berat Jenis dari Jenis-Jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya.** Pusat Penelitian dan pengembangan hasil hutan. Bogor
- Panshin, A.G., dan C. de Zeeuw, 1980. **Textbook of Wood Technology vol. II.** Mc Graw-Hill Book Company Inc. New York.
- Pandu. 1999. **Riap dan Pertumbuhan Gmelina di Unit HPH PT Taman Daulat Wana Nusa.** Procceding Pertemuan Tahunan Jaringan Kerja Litbang Terpadu Perusahaan HTI Patungan Lingkup PT Inhutani I. Kalimantan Timur Samarinda.
- Said, S. 1997. **Studi Beberapa Sifat Arang Kayu Jawa (*Lamnea grandis* Engl), Kayu Ki hujan (*Samanea saman*, Merr) dan Kayu Bakau (*Rhizophora mucronata*, Lamk).** Skripsi Mahasiswa Jurusan Kehutanan Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Saripudin, 1996. **Studi Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Baku Terhadap Sifat-Sifat Briket Arang.** Skripsi Sarjana Kehutanan. Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Samarinda.
- Sjostrom, E., 1995. **Kimia Kayu, Dasar-Dasar dan Penggunaan Edisi II.** Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sudrajat, R. 1983. **Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perekat dan Tekanan Pengempaan Terhadap Mutu Briket Arang.** Laporan Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Sudjana, M.A, 1996. **Metoda Statistika,** Tarsito, Bandung
- Suprptono, Sukaton, Wardhani, Wagiman, 1995. **Studi Pemanfaatn Limbah Serbuk Gergaji Untuk Bahan Baku Briket Arang.** Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Lembaga Penelitian Universitas Mulawarman, Samarinda.
- Tantra, I.G.M., 1983. **Pelestarian Plasma Nutfah serta Taksonomi *Pinus merkusii* Jungh et de Vriese.** Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Bogor.