

# Tempurung Kelapa Sawit (TKS) sebagai Bahan Baku Alternatif untuk Produksi Arang Terpadu dengan *Pyrolegneous* / Asap Cair

## *Oil-Palm Shell as the Alternative Raw Material for the Integrated Production of Charcoal with Pyrolygneous Acid / Liquid Smoke*

Tjutju Nurhayati, Desviana dan Kurnia Sofyan

### Abstract

Oil-palm shell (Ops) can be regarded as a fuel, because it has calorific value almost similar to that of wood. Ops is generated as waste from crude palm oil industries, and its utilization as raw material are based on its chemical composition, which contains among others cellulose, hemicellulose, and lignin, as the wood does so.

Pyrolygneous acid or smoke liquid is produced through the condensation of gas/smoke fraction as generated during the charcoal manufacture from wood or other ligno-cellulosic stuffs such as Ops. Such liquid is also famously called wood vinegar that seems worth for further development. The production of pyrolygneous acid/wood vinegar can therefore be integrated with that of charcoal.

As the relevance, experiment on integrated production of charcoal and pyrolygneous acid/wood vinegar was conducted in the Sakuraba-type portable kiln. The raw material was Ops and Mangium (*Acacia mangium* Willd) wood, the latter used as the comparison/control. The results revealed that the yield of Ops charcoal was lower than that of Mangium charcoal, i.e. 11.37% vs. 24%, respectively. However, the yield of Ops pyrolygneous acid (24.8%) was almost comparable to that of Mangium pyrolygneous acid (24.5%). In addition, the qualities of charcoal from both Ops and Mangium wood could meet those of Indonesian National Standard (SNI). Likewise, the qualities of their corresponding pyrolygneous acids/wood vinegars from both could also comply with those of Japan wood vinegar.

**Key words:** Oil-palm shell, charcoal, pyrolygneous acid / wood vinegar, integrated production, standard qualities

### Pendahuluan

Penggunaan kayu untuk bahan baku arang umumnya berasal dari sisa tebangan hutan produksi alam dan tebang habis jenis kayu tertentu, antara lain kayu Bakau dan Tancang. Ketersediaan kayu untuk bahan baku arang ini semakin terbatas seiring dengan menurunnya produksi kayu dari hutan alam, sedang kayu yang berasal dari hutan tanaman industri (HTI) lebih banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri kayu pertukangan dan pulp. Menurunnya produksi kayu berdampak pada menurunnya produksi arang. Hal ini dapat dilihat pada data ekspor arang yang cenderung menurun sejak 5 tahun terakhir (BPS 1997-2001)

Arang ekspor mampu memberi devisa bagi negara dan juga sumber pendapatan anggaran daerah (PAD) meskipun dalam jumlah relatif kecil. Pada masa krisis ekonomi tahun 1998, industri arang tetap mapan berproduksi untuk ekspor, sementara banyak industri besar yang tidak operasional karena mengandalkan bahan dan komponen produksi dari luar negeri (Anonim 1998).

Sebaran konsumsi penggunaan arang dalam negeri untuk bahan bakar di rumah tangga, *barbaque* dan lain-lain rendah. Penggunaan sebagai bahan bakar alternatif akan meningkat apabila harga bahan bakar minyak bumi tidak disubsidi lagi, dimana harga bahan bakar rumah

tangga tidak terjangkau oleh rakyat terutama di pedesaan.

Tempurung kelapa sawit (TKS) (*Elaeis guineensis* Jacq) yang merupakan limbah dari industri *Crude Palm Oil* (CPO) dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku arang dan diharapkan dapat menggantikan bahan baku kayu. Hal ini didasarkan atas kandungan komponen kimia dan energi yang relatif sama antara kayu dan TKS yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin dan nilai kalor.

Industri arang Indonesia saat ini hanya mengutamakan arang sebagai produknya, sedang sisanya sekitar 70 ~ 80% berupa limbah uap/gas yang dibuang bebas ke udara sebagai polutan. Dalam upaya meningkatkan nilai tambah produk dari asap agar lebih ramah lingkungan, telah dilakukan penelitian pemanfaatan limbah asap dalam bentuk cairan yang disebut cuka kayu atau asap cair. Produksinya dapat dipadukan dengan proses pembuatan arang (Nurhayati 2000).

Cuka kayu atau *wood vinegar* merupakan komoditas yang relatif baru berkembang, sehingga masyarakat belum banyak mengenalnya. Pemanfaatan cuka kayu umumnya pada sektor pertanian antara lain dapat membuat tanaman menjadi sehat, mereduksi jumlah insektisida dan parasit tanaman; sedangkan pencampurannya dengan nutrisi pupuk dapat membuat tanaman tumbuh lebih baik, sebagai *growth* promotor

dan pupuk alam, dapat menggantikan pupuk kimia, mereduksi bau dari kompos dan pupuk kandang serta menyempurnakan kualitasnya (Anonim 2001). Hasil penelitian menunjukkan bahwa cuka kayu pada konsentrasi rendah dapat dipakai pada budi daya tanaman antara lain jahe, kemangi, ketimun, buncis dan tanaman padi. Perkembangan pemanfaatan dari cuka TKS atau asap cair TKS sampai saat ini diketahui untuk pengolahan karet remah, RSS (sit asap) dan karet blok skim serta produk-produk baru (Solichin dan Tedjaputra 2004).

Pembuatan arang sendiri tidak mutlak memerlukan spesifikasi bahan baku. Berbagai dimensi dan bentuk dapat diproses menjadi arang disesuaikan dengan model tungku yang telah berkembang dan rekayasannya. Asap/uap yang dihasilkan dari proses karbonisasi merupakan penguraian karena panas dari komponen kimia kayu. Secara kualitas komponen kimia kayu tersebut terdapat dalam biomassa dengan kadar yang berbeda, sehingga semua jenis biomassa termasuk TKS dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang dan cuka kayu; namun harus tersedia dalam jumlah cukup dan berkesinambungan untuk memenuhi kebutuhan produksi.

Dipilihnya TKS sebagai bahan baku untuk produksi arang dan asap cair yang potensial didasarkan juga karena di Indonesia banyak terdapat kebun kelapa sawit baik milik pemerintah, swasta ataupun rakyat, sehingga dapat memenuhi kebutuhan bahan baku. Sampai akhir tahun 1996 luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia telah mencapai 2 juta ha dengan penambahan luas sekitar 8.5% per tahun sejak tahun 1993 (Dirjen Perkebunan 1996 dalam Solichin dan Tedjaputra 2004). Pada tahun 1995 luas perkebunan kelapa sawit adalah 2.025 juta ha dan diperkirakan pada tahun 2005 luas perkebunan menjadi 2.7 juta ha.

Dari data yang ada diketahui bahwa pada tahun 2002 di Sumatra Utara terdapat 19 pabrik pengolahan CPO yang memiliki kapasitas produksi mencapai 1130 ton/jam, bahkan dalam beberapa tahun ke depan perkembangannya akan semakin pesat. Dari nilai produksi tersebut, sekitar 7% merupakan limbah berupa TKS yang berarti setiap jamnya mampu menghasilkan 79 ton limbah TKS. Lima puluh persen limbah yang berasal dari pabrik pengolahan CPO tersebut digunakan sebagai bahan bakar *boiler* (IPORI 2002 dalam Solichin dan Tedjaputra 2004), sisanya biasanya digunakan sebagai bahan campuran pengeras jalan atau hanya dibakar. Dengan begitu besarnya limbah TKS yang ada tersebut, maka potensi penggunaan TKS untuk bahan baku produksi asap cair cukup besar yaitu sekitar 40 ton TKS/jam atau sekitar 800 ton/hari. Hasil penelitian sementara menunjukkan bahwa rendemen asap cair yang dihasilkan adalah 35%, jika produksi cuka kayu yang dihasilkan adalah sebesar 280 ton/hari.

Bahan baku TKS yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PTPN VIII Kertajaya Kabupaten Banten yang setiap harinya menghasilkan kurang lebih 21 ton limbah tempurung kelapa sawit dari 300 ton buah kelapa sawit segar. Limbah tersebut digunakan sebagai bahan campuran pengeras jalan dan sebagai bahan bakar *boiler* pembuatan minyak kelapa sawit, meski demikian masih menyisakan limbah yang cukup banyak. Karenanya, pembuatan arang terpadu asap cair dengan menggunakan bahan baku TKS diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan nilai tambah limbah TKS tersebut yang secara ekonomis akan menambah pendapatan.

Untuk mengetahui karakteristik TKS sebagai bahan baku alternatif pengganti kayu dilakukan pengujian sifat TKS seperti kadar air, kerapatan, nilai kalor dan lain-lain, produksi arang dan asap cair TKS pada suhu karbonisasi 450°C dan 705°C, serta pengujian dan analisis kedua produk tersebut. Hasil produksi arang dan asap cair TKS ini dibandingkan dengan produksi arang dan cuka kayu dari jenis kayu Mangium (*Acacia mangium* Willd).

## Bahan dan Metode

### Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Kayu dan Energi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan Bogor. Bahan utama berupa TKS berasal dari PTPN VIII Kertajaya, Malingping, Kabupaten Lebak, Banten.

### Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan dalam pembuatan arang dan asap cair pada penelitian ini adalah TKS, kayu sebagai bahan bakar, indikator *phenolphthalein* (PP), NaOH 1 N, air suling dan lain-lain.

Alat yang digunakan dalam pembuatan arang terpadu dengan asap cair adalah *thermocouple*, seperangkat alat suling, pH-meter, kawat kasa, kipas angin listrik, termometer, ember plastik, oven, timbangan, bunsen, gelas ukur, cawan petri, piknometer dan lain-lain, serta tungku/kiln *portable* yang telah dimodifikasi disesuaikan dengan bahan baku yang digunakan. Kiln ini terbuat dari besi, dimana badan kiln berbentuk silindris. Unit pendingin yang digunakan terdiri dari unit pendingin tegak berdiameter 10 cm dibuat dari pipa besi tahan karat (*stainless steel*) yang dihubungkan dengan tabung penampung destilat dan digabung dengan bak pendingin berupa drum 330 liter sebagai mantel. Uap/gas yang mengalir dari tungku masuk ke penampung destilat dan terjadi kondensasi, selanjutnya sisa uap/gas ini masuk ke unit pendingin tegak dan terjadi lagi kondensasi. Cairan kondensat atau destilat tertampung pada penampung tersebut. Untuk mengalirkan air pendingin yang masuk ke mantel drum

dan unit pendingin tegak digunakan turen volume 300 liter dan penampung air yang disirkulasikan dengan tenaga listrik secara periodik.

### Metode

**Pengadaan dan Persiapan Bahan Baku:** TKS yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan asap cair adalah limbah dari pembuatan minyak kelapa sawit, berupa partikel berbentuk *granular*. Berat TKS yang digunakan ditimbang dan diambil beberapa gram untuk dilakukan pengujian kadar air, kerapatan dan rendemen yang diperoleh.

**Produksi Asap Cair Terpadu dengan Arangnya:** Produksi ini dilakukan dengan menggunakan tungku/kiln. Bahan baku dimasukkan ke dalam tungku dan dibakar secara langsung. Untuk menjadi cuka kayu, proses pembakaran (karbonisasi) dilakukan melalui tiga tahap yaitu: (1) proses awal sekitar 1 ~ 2 jam; (2) proses endotermis meliputi penguapan kadar air, penguraian komponen selulosa, hemiselulosa dan lain-lain; dan (3) proses eksotermis meliputi penguraian lignin dan pemurnian arang. Proses pembakaran umumnya dilakukan selama 24 ~ 25 jam tergantung pada bahan baku yang digunakan, kadar air bahan dan selama itu pula produksi cuka kayu diamati. Selama produksi cuka kayu berlangsung, air pendingin disirkulasikan dan dikontrol suhunya agar asap/uap dapat terkondensasi dalam jumlah yang banyak. Proses pemurnian arang dilakukan dengan cara penguapan selama beberapa jam untuk memperoleh kualitas arang yang baik tanpa disertakan proses pendinginan asap/uap, artinya produksi cuka kayu dihentikan. Produksi cuka kayu dapat diketahui dari penimbangan destilat yang dihasilkan.

**Analisis Fisiko-Kimia Asap Cair:** Untuk mengevaluasi hasil penelitian asap cair dilakukan dengan menganalisis berat jenis, keasaman, kadar asam organik, kadar tar terlarut, warna, bau dan transparansi mengikuti metode Jepang (Yatagai 2002).

Table 1. Standard of wood vinegar quality in Japan (Japan Wood Vinegar Association 2001).

Parameter	Wood vinegar	Distilled wood vinegar
pH value	1.5 ~ 3.7	1.5 ~ 3.7
Specific gravity	> 1.005	> 1.001
Percentage of organic acid	1 ~ 18 %	1 ~ 18 %
Color	Yellow Pale reddish brown Reddish brown	Colorless Pale yellow Pale reddish brown
Transparency	Transparent	Transparent
Floating matters	No floating matters	No floating matters

## Hasil dan Pembahasan

Pada Tabel 2 tercantum kadar air, kerapatan, nilai kalor dan dimensi dari TKS dan kayu Mangium. Kerapatan dan dimensi (panjang dan lebar) TKS menunjukkan angka lebih rendah, sedang kadar air dan nilai kalor TKS lebih tinggi dari kayu Mangium. Angka nilai kalor TKS memberi indikasi terhadap hasil pembakaran sempurna dari senyawaan kimia yang mengandung komponen C, H dan O. Selain parameter dari karakteristik ini, secara kuantitas TKS dan kayu memiliki komponen kimia yang sama seperti selulosa, lignin, zat ekstraktif dan lain-lain. Hal ini memberi pengertian bahwa TKS dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan arang dan asap cair, seperti halnya pada kayu.

Table 2. Characteristic of Oil palm shell and Mangium wood as raw materials for carbonization.

Parameter	Oli palm shell	<i>Acacia mangium</i>
Moisture content (%)	25.5	16.7
Density	0.56	0.54
Calorific value (cal/g)	4465	4177
pH value	-	5.9
Ash content (%)	2.42	0.46
Silica content (%)	0.92	0.15
Lignin content (%)	50.03	28.51
Cellulose content (%)	65.45	50.82
Solubility in cold water (%)	2.97	3.87
Solubility in hot water (%)	4.96	4.81
Solubility in alcohol-benzene (%)	2.60	4.90
Solubility in NaOH 1% (%)	22.12	16.30
Length of particle (cm)	3 ~ 9	5 ~ 22

Pada Tabel 3 tercantum nilai produksi arang dan *acid pyroligneous* (Wise 1944) atau asap cair menggunakan tungku baja Sakuraba dari bahan baku TKS dan kayu Mangium. Ada perbedaan pada proses pembakaran TKS dan kayu, pada pembakaran TKS diperlukan pemasangan ram kawat dan *pole* masing-masing di lantai dan di ujung tungku. Produksi arang pada suhu 450°C hanya dipasang ram, memerlukan waktu pengarangan selama 151 jam dan pada suhu 705°C dipasang ram dan *pole* memerlukan waktu pengarangan hanya 44.5 jam. Proses produksi pada suhu 705°C lebih baik, oleh karena udara yang diperlukan untuk masuk ke dalam tungku pada saat pembakaran lebih sempurna dibandingkan pada suhu 450°C. Pada pembakaran menggunakan bahan baku kayu tidak diperlukan saluran udara, oleh karena udara terdapat pada jarak antara log kayu Mangium satu dengan lainnya sehingga melancarkan proses pembakaran secara langsung.

Pada suhu karbonisasi yang relatif sama, rendemen arang TKS (11.4%) lebih rendah dari kayu mangium (24%). Hal ini disebabkan adanya arang TKS yang menjadi abu (4.2%) dan arang bubuk (5%). Akan tetapi rendemen asap cair TKS dan cuka kayu Mangium menunjukkan rendemen yang sama yaitu masing-masing 24.2% dan 24.5%. Produksi asap cair maupun cuka kayu memiliki perbedaan yaitu pada proses kondensasi suhu awal, akan tetapi tidak menunjukkan perbedaan dalam nilai rendemennya, sedangkan proses akhir produksi dihentikan pada suhu yang relatif sama yaitu sekitar 450°C.

Sifat dan kualitas arang TKS yang dihasilkan tercantum pada Tabel 4. Pada tabel ini menunjukkan bahwa kadar air dan kadar abu arang TKS lebih tinggi dari kayu Mangium, akan tetapi kisaran kedua parameter

ini memenuhi spesifikasi standar arang menurut Standar Nasional Indonesia (SNI). Kadar zat mudah terbang TKS pada suhu karbonisasi 450°C menunjukkan angka lebih tinggi dari suhu karbonisasi 705°C, juga lebih tinggi dari kayu Mangium sebagai pembanding. Hal ini memberi pengertian bahwa proses karbonisasi pada suhu tinggi menyebabkan terjadi proses penguraian komponen zat mudah terbang yang lebih tinggi. Sebagai efektivitas dari proses ini, maka terjadi pula peningkatan nilai kalor dan kadar karbon tertambat. Perbedaan kadar zat mudah terbang dari suhu karbonisasi yang berbeda pula dan bila dibandingkan dengan kayu Mangium menunjukkan kisaran angka kadar zat mudah terbang antara 14.1% ~ 27.9%. Kisaran angka kadar ini termasuk spesifikasi persyaratan arang SNI.

Table 3. Production of oil palm shell (ops) charcoal and pyroligneous acid/ Liquid smoke.

Parameter	Oil palm shell 450°C	Oil palm shell 705°C	<i>Acacia mangium</i> 700°C
Raw material weight (kg)	150.50	145	184.5
Raw material dry weight (kg)	115.92	119.70	-
Starting temperature of Liquid smoke manufacture (°C)	100	50	150
Flow of water circulation (liter/minute)	6.2	6.2	6
Duration of carbonisation (hours)	151	44.5	77
Charcoal weight (kg)	23.50	13	
Charcoal weight (kg/ton)	156.15	89.66	166.7
Liquid smoke weight (kg)	28.75	27.70	
Liquid smoke weight (kg/ton)	192	193	217.6
Liquid smoke yield (%)			
Wet weight	19.10	19.10	20.01
Dry weight	24.80	24.22	24.50
Raw charcoal weight (kg)	4	-	-
Charcoal powder weight (kg)	8.50	5	-
Charcoal yield (%)			
Wet weight	15.61	10.86	19.70
Dry weight	20.72	11.37	24.00
Charcoal powder yield (%)			
Wet weight	5.65	3.45	-
Dry weight	7.33	4.18	-
Raw charcoal yield (%)			
Wet weight	2.66	-	-
Dry weight	3.45	-	-
Charcoal refining (mikro ohm /cm)	6 - 8	5.5	4 - 5

Table 4. Properties of Oil palm shell (ops).

Charcoal properties	Oil palm shell 450°C	Oil palm shell 705°C	<i>Acacia mangium</i>	SNI * (1989)
Moisture content (%)	3.90	7.49	2.68	6
Ash content (%)	4.20	6.24	1.27	4
Volatile matter content (%)	27.99	14.08	20.01	30
Fixed carbon content (%)	67.82	79.68	81.26	-
Calorific value(cal/g)	4947	6001	6905	-

Source: \* Indonesian National Standard (SNI 1989).

Table 5. Properties of pyrolegneous acid /liquid smoke Ops and wood vinegar.

Parameter	Crude Liquid Smoke 450°C	Distillate Liquid Smoke 450°C	Crude Liquid Smoke 705°C	Distillate Liquid Smoke 705°C	Crude Wood Vinegar <i>Acacia mangium</i>	Distillate <i>Acacia Mangium</i> Wood Vinegar
PH/ Acidity	3	2	3	2	4.09	2.97
Specific gravity	1.0129	1.0063	1.0154	1.0053	1.007	1.003
Color	Reddish Brown yellow	Pale yellow	Reddish brown	Pale reddish brown	Greenish black	Yellowish
Odor	Sharp smell	Rather sharp smell	Sharp smell	Rather sharp smell	Sharp smell	Weak smell
Trans parency	No turbid and some suspension	No turbid and no suspension	No turbid and some suspension	No turbid and no suspension	Some suspension	No suspension
Organic acid (%)	3.04	2.21	4.87	2.28	2.08	1.91

Sifat dan kualitas asap cair TKS yang tercantum pada Tabel 5 menunjukkan keasaman, baik yang *crude* maupun distilat lebih rendah dari *wood vinegar* Mangium sebagai pembanding, akan tetapi untuk kadar asam organik menunjukkan sebaliknya yaitu lebih tinggi dari kayu Mangium. Bila dibandingkan dengan mutu *wood vinegar* menurut standar Jepang, dimana untuk kedua parameter ini baik TKS maupun kayu Mangium dan juga berat jenis memberikan kualitas yang memenuhi persyaratan Jepang. Hasil analisis warna dan transparansi untuk *crude* asap cair TKS tidak memenuhi persyaratan Jepang, akan tetapi untuk distilat TKS parameter warna dan transparansinya memenuhi persyaratan tersebut.

#### Kesimpulan dan Saran

1. Limbah TKS dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang dan asap cair sebagai pengganti bahan baku kayu.
2. Rendemen arang TKS masing-masing pada suhu karbonisasi 450°C dan 705°C adalah 20.7% dan 11.4%. Dibandingkan dengan rendemen arang dari kayu Mangium, maka rendemen arang TKS ini lebih rendah. Berbeda dengan rendemen asap cairnya menunjukkan rendemen yang relatif sama yaitu pada kisaran 24%.
3. Sifat dan kualitas arang TKS dari parameter kadar air, abu dan kadar zat mudah terbang memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia. Demikian pula asap cair TKS dari parameter keasaman, berat jenis dan kandungan asam organik memenuhi mutu *wood vinegar* Jepang. Untuk parameter warna dan

transparansi yang memenuhi mutu tersebut dihasilkan dari distilasi asap cair TKS.

4. Disarankan agar dilakukan pengujian dan analisis komponen kimia yang terkandung dalam asap cair TKS dan pemanfaatan TKS, antara lain pada budidaya tanaman pertanian dan persemaian tanaman kehutanan.

#### Daftar Pustaka

- Anonim. 1998. Posisi dan Pengembangan Industri Pengolahan Arang. Direktorat Industri Kayu dan Rotan. Jakarta.
- Anonim. 2001. Wood Vinegar. Forest Energy Forum No. 9. FAO.
- Biro Pusat Statistik (BPS) Jakarta. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia 1997, 1998, 1999, 2000 dan 2001. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 1989. Mutu Arang Kayu. Badan Standar National Indonesia. Jakarta.
- Nurhayati, T. 2000. Produksi Arang dan Destilat Kayu Mangium dan Tusam dari Tungku Kubah. Buletin Penelitian Hasil Hutan 18 (3): 137-151.
- Solichin, M; N. Tedjaputra. 2004. Deorub Liquid Smoke as a New Innovation for the Future of Natural Rubber Industry and Others Industry.
- Wise. 1944. Wood Chemistry, p. 685. Reinhold Publishing. Wisconsin.
- Yatagai, M. 2001. Miracle Charcoal Water-wood Vinegar, Its Characteristics and New Utilization. Komunikasi pribadi. Bogor.

Diterima (*accepted*) tanggal 28 Januari 2005

Tjutju Nurhayati

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan, Bogor.

(*Research and Development Center for Forest Products Technology (RDCFPT), Bogor*)

Jl. Gunung Batu 5, PO.BOX 182, Bogor 16610

Telp : (0251) 633 378

Fax : (0251) 633413

Email : tju-tju@plasa.com

Desviana

Mahasiswa Tk. IV Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor

(*Former Undergraduate Student at the Faculty of Forestry, Bogor Agricultural University, Bogor*)

Kampus IPB, Darmaga, PO.BOX 168, Bogor 16001

Telp : (0251) 621 285

Fax : (0251) 621 256

Email : jthh-ipb@indo.net.id

Kurnia Sofyan

Guru Besar Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor

(*Professor of Faculty of Forestry, Bogor Agricultural University, Bogor*)

Kampus IPB, Darmaga, PO.BOX 168, Bogor 16001

Telp : (0251) 621 285

Fax : (0251) 621 256

Email : jthh-ipb@indo.net.id