UJI COBA MESIN SERPIH MUDAH DIPINDAHKAN UNTUK PRODUKSI SERPIH DARI LIMBAH INDUSTRI PENGGERGAJIAN KAYU

(Trial Test on Portable Chipper for Chip Production from Wood Sawmill-Generated Wastes)

Oleh/By:

Han Roliadi & Ridwan A. Pasaribu

ABSTRACT

Sawmill waste that potentially reaches 7.8 m³ million per year so far is not yet much utilized. One possible utilization is pulp manufacture for paper and fiberboard, but that waste should be previously reduced in size to chips using technically and economically/financially feasible equipment, such as portable chipper.

Portable chipper trial on mixed sawmill waste containing five wood species (Manii, Pinus, Jeunjing, Duren, and Jengkol) revealed intake capacity of (1.432 ± 0.089) m³ or 1548.48 kg (wet basis) or 854.76 kg (dry basis) per hour, favorably comparable with conventional wood chipping, i.e. 1.5 – 2.0 m³ per hour or 870.28 kg (dry weight) per hour. Gross productivity of portable chipper (unscreened chips) was 1542.18 kg (wet basis) or 854.88 kg (dry basis) per hour. Net productivity (dry screened chips): 732.29 kg per hour or 2933.16 kg per day or 880 tons per year. Chip yield: 98.22 percent (unscreened) or 84.25 percent (screened).

Financial/economic assessments were: production cost reaching Rp 3,343.00 per ton of dry screened chips; break even point at 938.51 tons of chip production, still higher than the calculated production (880 ton per year); short pay-back period (two years); and the positive net-present value (+ Rp 5,734,964.77). Thoses figures indicated technical and economic/financial feasibility of portable chipper operation for sawmill waste.

Keywords: Sawmill waste, portable chipper, wood chips, feasibility, technical and financial/economic

ABSTRAK

Limbah industri penggergajian kayu dengan potensi 7,8 juta m³ per tahun belum banyak dimanfaatkan. Salah satu pemanfaatannya adalah pembuatan pulp untuk kertas dan papan serat, tetapi sebelumnya limbah tersebut perlu dijadikan serpih dengan alat layak teknis dan ekonomis/finansial, diantaranya mesin serpih mudah dipindahkan (SMD).

Hasil percobaan mesin SMD terhadap limbah penggergajian dari campuran lima jenis kayu (Manii, Pinus, Jeunjing, Duren, dan Jengkol): kapasitas penyerpihan ($1,432 \pm 0,089$) m³ atau 1548,48 kg (berat basah) atau 854,76 kg (berat kering) per jam, ternyata secara teknis setara dengan penyerpihan kayu konvensional: 1,5 - 2,0 m³ per jam atau 870,28 kg (berat kering) per jam. Produktifitas mesin SMD (bruto/serpih belum disaring): 1542,18 kg (berat basah) atau 854,88 kg (berat kering) per jam. Produktifitas serpih tersaring: 732,29 kg serpih kering per jam atau 2933,16 kg per hari, atau 880 ton per tahun. Rendemen serpih: 98,22 persen (belum disaring) atau 84,25 persen (sudah disaring).

Hasil penelaahan finansial/ekonomis: harga pokok produk Rp 263.343,00 per ton serpih kering tersaring; BEP (titik impas) 938,51 ton produksi serpih per tahun di mana lebih besar dari perhitungan produktifitasnya (880 ton serpih kering per tahun); pay-back period singkat (dua tahun); dan nilai layak bersih positif (+ Rp 5.734.964,77). Nilai-nilai tersebut mengindikasikan kelayakan finansial ekonomis pengoperasian mesin SMD untuk limbah industri penggergajian.

Kata kunci: Limbah penggergajian, mesin SMD, serpih, kelayakan, teknis dan finansial/ekonomis

I. PENDAHULUAN

Industri kayu di Indonesia menghasilkan limbah dalam jumlah besar setiap tahunnya. Industri penggergajian merupakan salah satu industri kayu yang juga menghasilkan limbah kayu dalam jumlah besar yaitu 7,8 juta m³ per tahun (Anonim 1997/1998; dan Idris 1995). Limbah penggergajian tersebut saat ini hanya dimanfaatkan sebagai kayu bakar dan arang, sehingga limbah tersebut memberikan nilai tambah yang relatif rendah. Selanjutnya dalam rangka meningkatkan nilai tambah limbah tersebut, maka perlu dilakukan peningkatan efisiensi pemanfaatan bahan baku kayu, mendorong pengembangan industri skala kecil, dan menciptakan pemanfaatan sumber daya hutan yang mengarah pada "zero waste" serta lapangan usaha/kerja bagi masyarakat perlu. Atas dasar ini maka perlu dilakukan pengkajian terhadap teknologi produksi pemanfaatan limbah industri kayu, khususnya limbah penggergajian, menjadi produk yang lebih memiliki nilai tambah antara lain pulp untuk kertas dan papan serat/MDF. Namun, sebelum limbah penggergajian tersebut diolah menjadi pulp, perlu terlebih dahulu diubah menjadi serpih kayu dengan menggunakan alat yang layak teknis dan ekonomis/finansial, yaitu mesin penyerpih serpih mudah dipindahkan (SMD).

Sehubungan dengan itu, telah dilakukan kegiatan penelitian "Uji coba mesin SMD untuk produksi serpih dari limbah industri penggergajian kayu", dalam rangka meningkatkan nilai tambah limbah kayu yang berguna untuk mengembangkan kehutanan sosial, dan mendukung pengelolaan sumber daya hutan yang menuju *zero waste* dan restrukturisasi industri kehutanan.

II. BAHAN DAN METODA

A. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah contoh limbah penggergajian yang terdiri dari 5 macam campuran jenis kayu yaitu: Manii, Pinus, Jeunjing, Duren, dan Jengkol berasal dari limbah

industri penggergajian kayu rakyat yang terdapat di daerah Sukabumi, Jawa Barat. Peralatan utama yang digunakan untuk produksi serpih adalah mesin SMD yang tersedia di Balai Besar Pulp dan Kertas (BPPK), Bandung. Peralatan lain yang diperlukan adalah alat penyaring/fraksionasi serpih, gergaji tangan, gergaji mesin, golok, timbangan, dan sebagainya.

B. Metoda

1. Persiapan

Limbah industri penggergajian kayu berupa sebetan (slabs) dan potongan ujung dolok kayu gergajian untuk percobaan penyerpihan adalah berdiameter < 10 cm dan panjang sekitar 2 m, lalu dibuang terlebih dahulu bagian kulitnya. Apabila limbah kayu melebihi panjang sekitar 2 m, dipotong dengan gergaji tangan (chain saw) untuk dijadikan panjang 2 m. Sedangkan limbah penggergajian yang melebihi diameter 10 cm dibelah dengan menggunakan golok atau kapak. Selanjutnya sejumlah tertentu limbah kayu yang telah bebas kulit dan kotoran segera siap dimasukkan ke mesin SMD melalui bagian lubang umpannya.

2. Percobaan pembuatan serpih kayu

Percobaan penyepihan menggunakan mesin SMD juga dilakukan di laboratorium BPPK (Bandung). Selanjutnya, serpih-serpih kayu yang dihasilkan ditimbang. Pada umumnya serpih yang dihasilkan mesin chipper berukuran 1,5 - 2,0 cm, lebar 2.0 - 3.0 cm, dan tebal sekitar 0,2 - 0,3 cm; dan selanjutnya dianggap sebagai serpih bruto (belum disaring) dan kemudian ditentukan beratnya.

3. Pemeriksaan hasil penyerpihan

Pemeriksaan mencakup rendemen serpih bruto (belum tersaring) dan netto (tersaring). Selanjutnya dilakukan fraksionasi terhadap serpih bruto tersebut menggunakan alat penyaring bertingkat yang juga tersedia di BPPK, Bandung. Alat penyaring tersebut dirancang untuk beroperasi secara *batch* dalam skala laboratoris yang mana terdiri dari saringan-saringan dengan berbagai ukuran lubang diameter (mesh) yaitu 0.15, 0.80, dan 2.54 inch. Fraksi serpih yang lolos saringan berdiameter 0.8 inch dan tertahan tertahan pada saringan berdiameter 2.54 inch dianggap sebagai serpih tersaring (netto) dan kemudian diukur beratnya.

4. Pengumpulan data terkait dengan uji coba penyerpihan

Data terkait tersebut mencakup data aspek teknis dan data aspek ekonomis/ finansial. Data aspek teknis terutama adalah: kemampuan *input* bahan baku dan kemampuan produktifitas portable chipper. Sedangkan data aspek ekonomis meliputi biaya investasi, biaya produksi, dan harga jual serpih berdasarkan mutu dan harga limbah kayu per m^3 atau per stapel meter.

C. Analisis Data

Data hasil pemeriksaan terhadap penyerpihan dan data aspek teknis terkait digunakan untuk evaluasi kelayakan teknis mesin SMD memproduksi serpih dari limbah penggergajian kayu. Sedangkan data aspek ekonomis seperti tersebut sebelumnya (di atas) digunakan untuk evaluasi kelayakan ekonomis/finansial mesin SMD juga untuk memproduksi serpih dari limbah penggergajian kayu. Evaluasi kelayakan teknis tersebut mencakup antara lain: biaya investasi portable chipper, biaya produksi dan harga pokok, harga jual serpih, dan analisa finansial, antara lain:

- Titik impas atau *break-even point* (BEP): keadaan di mana usaha komersial suatu produk tidak dalam keadaan untung dan rugi, dengan perkataan lain khusus untuk produk serpih dari limbah penggergajian kayu merupakan besarnya penerimaan finansial dari penjualan serpih dalam jumlah tertentu sama dengan banyaknya seluruh biaya pengeluaran produksi serpih sejumlah tersebut;
- Jangka waktu pengembalian modal atau *pay-back period* (PBP); khusus untuk produksi serpih dari limbah adalah jangka waktu yang diperlukan untuk memperoleh kembali seluruh pengeluaran dari kegiatan produksi serpih tersebut; dan
- Nilai layak bersih atau *net-present value* (NPV): dipakai untuk menilai kelayakan suatu penanaman modal (investasi) suatu usaha dalam hal ini produksi serpih dari limbah penggergajian kayu menggunakan mesin penyerpih bergerak dengan memperhitungkan pendapatan kotor penjualan serpih, suku bunga pinjaman bank, dan umur pakai peralatan dan bangunan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari percobaan ini adalah: rata-rata kerapatan limbah penggergajian yang terdiri dari campuran 5 jenis kayu adalah 0,919 gram per cm³ (dasar basah) atau 0,504 gram per cm³ (dasar kering). Berat jenis adalah 0,504 (dasar kering) atau 0,5035 (dasar basah). Kadar air 44,80 persen (dasar basah) atau 84,57 persen (dasar kering). Nilai konversi limbah penggergajian adalah 0,2943 ton berat basah per *staple meter* (sm) atau 0,1673 ton berat kering per sm, atau 0,3233 m³ per sm.

Kapasitas penyerpihan mesin SMD (input) adalah 1548,48 kg limbah (berat basah) per jam, atau 854,76 kg limbah (berat kering) per jam, atau $1,4320 \pm 0,089$ m³ limbah per jam. Kapasitas tersebut ternyata secara teknis masih setara dengan kapasitas penyerpihan kayu regular yaitu: 1,5 - 2,0 m³ per jam atau 870,28 kg berat kering per jam (Anonim 2000). Sedangkan produktifitas mesin SMD (output) adalah 1542,18 kg serpih basah bruto (belum disaring) atau 854,88 kg serpih kering bruto per jam. Rendemen serpih belum disaring adalah 98,22 persen (dasar berat kering), sedangkan rendemen serpih tersaring adalah 84,25 persen (dasar berat kering). Produktifitas mesin SMD yang melibatkan alat penyaringan/fraksionasi serpih adalah 732,29 kg serpih kering tersaring (berat kering) per jam atau 2933,16 kg per hari (satu hari = 5 jam efektif kerja), atau 880 ton serpih kering tersaring per tahun (satu tahun = 300 hari efektif kerja).

Penelaahan finansial/ekonomis terhadap mesin serpih SMD berikut alat penyaring/fraksionasi serpih memperhitungkan data seperti standar harga limbah penggergajian (yaitu Rp. 40.300,91 per m³ limbah); biaya berubah-ubah (variable) seperti pemakaian limbah, bahan pembantu (antara lain bahan bakar, bahan pelumas, listrik, dsb); biaya tetap (pemeliharaan alat yaitu 10 persen dari harga portable chipper yaitu Rp. 20 000 000, penyusutan alat yaitu 10 tahun, bunga bank sebesar 15 persen, investasi, dan modal kerja); dan biaya produksi. Adapun perincian biaya investasi disajikan pada Tabel 1. Sedangkan perincian biaya produksi pada Tabel 2.

Tabel 1. Biaya investasi pembangunan unit pengolahan limbah industri penggergajian menjadi serpih tersaring menggunakan mesin serpih mudah dipindahkan (SMD)

Table 1. Investment cost for erecting the processing unit of wood-sawmill waste into the screened wood chips using portable chipper

No	Perincian (<i>Description</i>)	Biaya (<i>Cost</i>) Rp
1	Mesin penyerpih bergerak (<i>Portable chipper</i>)	20.000.000
2	Alat penyaring/fraksionasi serpih (<i>Chip screener/fractionator</i>)	10.000.000
3	Pompa tangan (<i>Portable water pump</i>)	200.000
4	Generator (<i>Electric generator</i>)	5.000.000
5	Mesin tik (<i>Typewriter</i>)	250.000
6	Mesin hitung (<i>Calculator</i>)	200.000
7	Meja, kursi, lemari, dan lain-lain inventaris kantor (<i>Desks, chairs, cupboards, and other office inventories</i>)	1.500.000
8	Bangunan (<i>Building</i>)	20.000.000
Jumlah (<i>Sub total</i>)		57.150.000
Tidak terduga (<i>Miscellaneous</i>), 20%		11.430.000
Jumlah keseluruhan (<i>Overall total</i>)		68.580.000

Keterangan (*Remarks*): Rp = Rupiah: mata uang Indonesia (*Indonesian currency*)

Tabel 2. Biaya produksi serpih dari limbah industri penggergajian kayu, dan harga pokoknya**Tabel 2. Production cost of chip from wood-sawmill waste, and the base price**

No	Perincian (Description)	Biaya produksi sebanyak 880 ton serpih kering tersaring per tahun (Production cost for 880 tons of dry screened chips per year), Rp
A	Biaya langsung (Direct cost)	
1	Bahan baku limbah (Sawmill waste materials)	83.576.034
2	Bahan pembantu (Facilitating materials)	
	- Solar (Diesel fuel)	4.140.780
	- Oli mesin (Machine oil)	960.000
	- Gemuk pelumas (Lubricating grease)	90.000
	- Listrik untuk alat penyaring/fraksionasi serpih (Electricity for chip screeners/fractionators)	1.500.000
	- Pisau mesin portable chipper (Knives for portable chipper)	5.000.000
	- Batu asah gurinda (Sharpening/grinding stone)	1.600.000
3	Gaji dan upah (Salary and wages)	
	- Pekerja (Workers)	44.000.000
	- Pimpinan unit (Head of workers)	18.000.000
	- Operator mesin (Machine operators)	9.000.000
	- Satuan pengamanan (Security/guardian), 2 orang (persons)	12.000.000
	- Lain-lain (Others related)	5.000.000
	Jumlah biaya langsung/operasi (Total of direct/operational cost), A	184.866.814
B	Biaya tidak langsung (Indirect cost):	
1	Pemeliharaan alat/mesin (Maintenance of Equipment/tool/machinery), 10% dari harga mesin SMD (10% of portable chipper price)	2.000.000
2	Penyusutan alat/mesin dan bangunan (Depreciation of equipment/tool/machineries and building), 10 tahun (10 years)	6.858.000
3	Bunga bank (Bank interest), 15%	
	Investasi (Investment)	10.287.000 ¹⁾
	Modal kerja (Working/Operational capital)	27.730.022 ²⁾
	Jumlah biaya tidak langsung (Total of indirect cost), B	44.589.022
	Jumlah biaya produksi (Total of production cost), A + B	231.741.836
	Harga pokok per ton serpih kering tersaring (Base price of dry screened chips)	263.343

Keterangan (Remarks): ¹⁾Diperoleh dari (Obtained from) 15 % x Rp 68.580.000 (Lihat Tabel 1 / Refer to Table 1); ²⁾Diperoleh dari (Obtained from) 15 % x Rp 184.866.814 (Jumlah biaya operasi / Total of operational cost)

Hal-hal yang bisa disarikan dari perincian-perincian di Tabel 1 dan 2 adalah sebagai berikut:

- Harga pokok produk = Rp 263.343 per ton serpih tersaring (berat kering);
- Titik impas (BEP) dicapai pada produksi serpih sebesar 938,51 ton serpih tersaring (berat kering) per tahun, yaitu diperoleh dengan membagi jumlah seluruh biaya investasi (Rp 68.580000; lihat Tabel 1) dan biaya produksi serpih (Rp 231.741.836; lihat Tabel 2) atau sebesar Rp 300.321.836 dengan harga jual serpih tersaring di pasar yaitu sebesar US \$ 40 per ton atau Rp 360.000 per ton kering udara di mana pada kadar airnya dianggap 12 - 15 persen dasar kering (Rachman, dkk. 2002), atau Rp 301.803,81 per ton per serpih kering tersaring. Titik impas tersebut ternyata (938,51 ton) lebih besar dari perhitungan produktifitasnya yaitu 880 ton serpih kering per tahun (Tabel 2). Sehingga pada tahun-tahun awal pengoperasian mesin SMD akan mengalami kerugian/defisit, yaitu pada tahun-tahun sebelum biaya investasi tertutupi;
- Jangka waktu pengembalian modal (PBP) relatif singkat dengan memperhitungkan proyeksi pendapatan berjangka waktu 10 tahun (dianggap sebagai masa pakai peralatan dan bangunan) yaitu: pada tahun ke dua atau dua tahun, di mana laba kotor dan laba bersih menjadi positif (Tabel 3).

Tabel 3. Proyeksi pendapatan produksi serpih kering tersaring dari limbah industri penggergajian

Tabel 3. Projected revenue of chip production from sawmill waste

Tahun ke (Order of year)	Laba kotor (Gross profit) Rp.	Laba bersih (Net profit) Rp.
1	- 34.734.483,20 ¹⁾	- 29.524.310,72
2	+ 33.845.516,80 ²⁾	+ 28.768.689,28
3	+ 33.845.516,80	+ 28.768.689,28
4	+ 33.845.516,80	+ 28.768.689,28
5	+ 33.845.516,80	+ 28.768.689,28
6	+ 33.845.516,80	+ 28.768.689,28
7	+ 33.845.516,80	+ 28.768.689,28
8	+ 33.845.516,80	+ 28.768.689,28
9	+ 33.845.516,80	+ 28.768.689,28
10	+ 33.845.516,80	+ 28.768.689,28
Rata-rata (Average)	+ 26.987.516,80	+ 22.939.389,28

Keterangan (Remarks): Laba bersih (Net profit) = Laba kotor (Gross profit) Pajak sebesar 15% terhadap laba kotor (Tax as much as 15% on gross benefit); ¹⁾Diperoleh dari (Obtained from) 880 ton x (Rp 301.803,81 / ton) Rp 68.500.000 (Tabel 1 / Table 1) Rp 231.741.836 (Tabel 2 / Table 2); ¹⁾Diperoleh dari (Obtained from) 880 ton x (Rp 301.803,81 / ton) Rp 231.741.836 (Tabel 2 / Table 2).

- Nilai layak bersih (NPV) ternyata positif yaitu: + Rp 5.734.964,77 yang diperoleh dengan memperhitungkan pendapatan kotor penjualan serpih (Rp 300.321.836), suku bunga pinjaman bank (15 persen), dan umur pakai peralatan dan bangunan (10 tahun).

Nilai-nilai berupa: harga pasar serpih kering tersaring (Rp 301.803,81 per ton), BEP (produksi 938,51 ton serpih kering tersaring per tahun), PBP (2 tahun), NPV (+ Rp 5.734.964,77) tersebut memberi indikasi akan kelayakan pengoperasian mesin SMD berikut alat penyaring/fraksionasi dalam memproduksi serpih dari limbah industri penggergajian.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil percobaan mesin serpih mudah dipindahkan (SMD) untuk limbah penggergajian diperoleh hasil rendemen serpih, kapasitas penyerpihan, dan hasil fraksionasi serpih, dan juga diperoleh data penunjang/pelengkap seperti kadar air/ kerapatan/berat jenis limbah penggergajian dan faktor konversi tumpukan limbah penggergajian. Rata-rata kerapatan campuran limbah penggergajian, yang terdiri dari 5 jenis asal kayu (Manii, Pinus, Duren, Jeunjing, Jengkol) adalah 0,919 gram per cm^3 (dasar basah) atau 0,504 gram per cm^3 (dasar kering); berat jenis 0,504 (dasar kering) atau 0,5035 (dasar basah); dan kadar air 44,80 persen (dasar basah) atau 84,57 persen (dasar kering).

Nilai konversi limbah penggergajian adalah 0,2943 ton basah per *staple meter* (sm), atau 0,1673 ton kering per sm, atau 0,3323 m^3 basah per sm.

Kapasitas mesin SMD adalah 1548,48 kg limbah penggergajian basah per jam atau 854,76 kg limbah kering per jam, atau $1,4230 \pm 0,089 \text{ m}^3$ limbah per jam (secara teknis setara dengan kapasitas penyerpihan kayu konvensional yaitu sekitar 1,5 - 2,0 m^3 per jam), atau 870,28 kg limbah kering per jam. Sedangkan produktifitas mesin SMD 1524,18 kg serpih basah bruto (belum disaring) per jam atau 854,88 kg serpih kering bruto per jam. Produktifitas portable chipper yang melibatkan alat penyaring/fraksionasi serpih adalah 586,67 kg serpih tersaring (dasar berat kering) per jam, atau 2933,16 kg serpih kering tersaring per hari, atau 880 ton serpih kering tersaring per tahun. Rendemen serpih: 98,22 persen (belum disaring) atau 84,25 persen (sudah disaring).

Penelaahan finansial/ekonomis terhadap mesin SMD berikut alat penyaring/fraksionasi serpih adalah: titik impas (BEP) pada produksi 938,51 ton serpih tersaring (dasar berat kering) per tahun yang mana lebih besar dari perhitungan produktifitasnya (880 ton serpih kering tersaring per tahun) dengan harga pasaran serpih tersaring kering sebesar Rp 301.803,81 per ton. Jangka waktu pengembalian modal (PBP) relatif singkat yaitu tahun ke dua (atau 2 tahun), dan nilai layak bersih (NPV) yang positif (+ Rp 5.734.964,77) di mana mengindikasikan kelayakan pengoperasian mesin SMD berikut alat penyaring/fraksionasi serpih untuk limbah industri penggergajian.

Ucapan Terima Kasih

Sehubungan dengan tersusunnya karya tulis ilmiah: Uji coba mesin SMD untuk produksi serpih dari limbah industri penggergajian kayu, penulis ingin menyampaikan rasa penghargaan dan terima kasih sebesar-besarnya pada Bapak. Ir. Hendro Prahasto, M.P., Staf

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Budaya Ekonomi Kehutanan, Bogor atas bantuan dan kerjasamanya dalam melaksanakan peneleaaahan kelayakan ekonomis mesin penyerpih bergerak tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1952. Standard mathematical tables, 12th edition. Chemical Rubber Publishing Co., Cleveland, Ohio.
- _____. 1972. Pembuatan chips dan masalahnya di daerah tropis. Bahan untuk seminar di Norwegia, Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- _____. 1982. Standard and suggested methods. Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). New York.
- _____. 1997/1998. Forestry Statistics of Indonesia 1997/1998. Ministry of Forestry and Estate Crops, Jakarta.
- _____. 2000. Mesin serpih bergerak. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, Bandung.
- Haroen, W.K. dan A.R. Supratman 2003. Rekayasa alat penyerpih bergerak untuk kayu dan pelepah kelapa sawit. Departemen Perindustrian dan Perdagangan, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri dan Perdagangan, Balai Besar Pulp dan Kertas, Bandung
- Idris, M.M. 1995. Kecenderungan meningkatnya nilai faktor eksploitasi di hutan produksi alam. Prosiding Ekspor Hasil Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan, hal 67 - 78, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.
- Kliwon, S., M.I. Iskandar, and R. Effendi 1995. Studi pemanfaatan limbah eksploitasi hutan di Kalimantan Barat untuk industri papan partikel. No. 28, hal. 145 - 167, Bulletin Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta
- Martono, D. 2003. Kajian potensi kayu pertukangan dari hutan rakyat pada beberapa Kabupaten di Jawa. Laporan Proyek Hasil Penelitian. Departemen Kehutanan, Badan Litbang Kehutanan, Bogor.
- Rachman, O., R.A. Pasaribu, Dulsalam, dan S. Kliwon 2002. Pemanfaatan portable / mobile chipper di hutan tanaman. Laporan Hasil Penelitian, Sumber Dana SKO Tahun 2002. Departemen Kehutanan, Badan Litbang Kehutanan, Bogor.
- Syafii, W and Y. Sudohadi 1996. Development of wood industries and research trend in Indonesia. Department of Forest Products Technology, Faculty of Forestry, Bogor Agricultural University, Bogor - Indonesia. Paper presented at the International Wood Science Seminar, 6 - 7 December 1996, 18 pages, Kyoto, Japan.