

## OPTIMASI PEROLEHAN PAPAN KAYU DENGAN PENDEKATAN *GREEDY INTERGER KNAPSACK* PADA *LIVE SAWING* DAN *CANT SAWING*

Sarngadi Palgunadi<sup>1\*</sup>, Jayanti Kartika Putri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Informatika, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta

<sup>2</sup>Jurusan Informatika, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami No. 36 A Surakarta

[palgunadi@uns.ac.id](mailto:palgunadi@uns.ac.id)

### Abstrak

*Industri kayu pada umumnya tidak langsung menggunakan kayu dalam bentuk gelondongan, namun terlebih dahulu mengubahnya menjadi kayu berbentuk papan. Perubahan bentuk bahan baku menjadi suatu bentuk yang lebih kecil dengan jumlah yang maksimal dikenal juga dengan optimasi pada cutting stock. Penelitian ini bertujuan untuk pembuatan algoritma optimasi perolehan papan kayu dari kayu gelondongan dengan diameter depan dan diameter belakang hampir sama (roundwood), seperti pada penggergajian gelondong kayu pohon kelapa (glugu), dengan ketebalan papan 2 cm atau 3 cm. Pendekatan algoritma yang dikembangkan berbasis greedy integer knapsack dengan dua pola penggergajian, yakni Live Sawing dan Cant Sawing. Ukuran papan adalah ukuran papan yang paling banyak diproduksi, dengan ketebalan papan 2 atau 3 cm, dan lebar papan dari 2 cm sampai dengan 6 cm, sedangkan diameter kayu gelondong adalah 16 cm sampai dengan 28 cm. Data simulasi diambil dari penggergajian kayu "Jati Murni Sejahtera" Joyotakan Surakarta, pada bulan Pebruari 2015. Presentase keuntungan diperoleh dari perhitungan total biaya produksi papan dengan keuntungan yang diperoleh dari papan yang dihasilkan menurut simulasi algoritma optimasi. Rerata persentase keuntungan yang diperoleh pada pemotongan Live Sawing adalah 49%, dan pada Cant Sawing hanya sebesar 39%. Penerapan algoritma optimisasi yang dikembangkan dalam penelitian ini memberikan hasil bahwa rata – rata perolehan papan pada Live Sawing meningkat sebesar 46,5%, dan pada Cant Sawing sebesar 20%.*

**Kata Kunci:** *Cant Sawing, Cutting Stock, Greedy Integer Knapsack, Live Sawing, Optimasi perolehan papan.*

## 1. PENDAHULUAN

Hutan Indonesia merupakan hutan tropis yang terluas ketiga di dunia, setelah Brazil dan Republik Demokrasi Kongo. Dengan luas 1.860.359,67 km<sup>2</sup> daratan, 5,8 juta km<sup>2</sup> wilayah perairan dan 81.000 km garis pantai, Indonesia ditempatkan pada urutan kedua setelah Brazil dalam hal tingkat keanekaragaman hayati (Ministry Of Environment, 2009). Besarnya wilayah hutan Indonesia membuat Negara ini berlimpah akan hasil hutan. Pada tahun 2012, kayu gelondongan dari Indonesia, secara global meduduki peringkat 10 besar, dilihat dari volume produksi yang dihasilkan (Jurgensen, et al., 2014).

Suatu industri kayu perlu melakukan optimasi dalam perolehan papan kayu, sebab untuk setiap ukuran papan kayu memiliki nilai jual tersendiri dipasaran. Seperti papan kayu ukuran kecil, dengan kisaran 2 – 6 cm. Papan ukuran ini memiliki kisaran nilai jual Rp 2.000,- Rp 150.000,- (SHBJ, 2014).

Pendekatan algoritma *Knapsack* dapat menjadi solusi dalam menyelesaikan permasalahan optimasi. Algoritma *Knapsack* secara garis besar adalah untuk mencari solusi terbaik dari sejumlah solusi yang tersedia (Martello, et al., 2000). Algoritma *Knapsack* umum kerap kali tidak memberikan solusi yang optimal. Sehingga perlu dilakukan modifikasi dengan berbagai pendekatan untuk menyelesaikan permasalahan *Knapsack* 0/1 agar dapat memaksimalkan keuntungan dari sejumlah *item* dalam *Knapsack* tanpa mengubah kapasitas maksimalnya.

Penelitian (Rachmawati & Candra, 2013), menunjukkan masalah *knapsack* dapat diselesaikan dengan pendekatan algoritma *Greedy*. *Greedy Knapsack* cocok untuk kasus yang item barang / objek nya harus diambil keseluruhan (1) atau tidak diambil sama sekali (0) lebih sering disebut *Knapsack Problem* 0/1. Optimasi pemotongan kertas pada penelitian (Tanadi, 2008) menerapkan pendekatan Algoritma *Greedy* sebagai salah satu penyelesaiannya.

Algoritma *Greedy* sangat mudah untuk diimplementasikan dan memiliki kompleksitas waktu yang paling kecil dibanding algoritma - algoritma lainnya. Pendekatan *Greedy Knapsack* akan diterapkan pada tipe penggergajian *Live Sawing* dan *Cant Sawing*.

Metode penggergajian *live sawing* dikenal juga dengan istilah *plane sawn*. Batang kayu di gergaji menurut rangkaian pemotongan yang sejajar dalam satu garis atau *parallel cuts*. Ketebalan dari setiap pasang *parallel cuts* mengikuti suatu urutan yang spesifik dan hampir sama (S, et al., 2007). Kayu gelondongan pada penggergajian *live*, dengan seluruh garis gergaji dalam satu bidang (Lewis, 1985). Pada *cant sawing*, ditentukan sebuah papan ukuran terbesar yang dapat muat dalam satu bidang, yang kemudian disebut *cant*. Kemudian sisi kayu disekitar bidang *cant* digunakan menjadi papan yang lebih kecil dari ukuran *cant* (Hallock & Lewis, 1976). Tipe dari tampilan garis gergaji juga diperhatikan. Tipe garis gergaji yang pernah diteliti adalah tipe *centered sawing* dan tipe *offset sawing*. Tipe *offset sawing* adalah dimana posisi garis gergaji dari kayu gelondongan atau *cant* tidak secara tepat relative terhadap garis tengah geometris kayu (Hallock, et al., 1979). Sementara tipe pola *centered sawing* adalah kebalikan dari tipe *offset sawing*. Tipe *centered sawing* digunakan pada penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk pembuatan algoritma optimasi perolehan papan kayu dari kayu gelondongan dengan diameter depan dan diameter belakang hampir sama (*roundwood*), seperti pada penggergajian gelondong kayu pohon kelapa (*glugu*), dengan ketebalan papan 2 cm atau 3 cm. Pendekatan algoritma yang dikembangkan berbasis *greedy integer knapsack* dengan dua pola penggergajian, yakni *live sawing* dan *cant sawing*.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian berupa ukuran diameter kayu gelondongan yang akan digergaji, data ukuran papan yang dipotong, beserta harga jual dipasaran, serta sejumlah aturan produksi yang ada. Data diperoleh dengan wawancara pada seorang narasumber yakni Bapak Didik dari Penggergajian Jati Murni Sejahterah. Data harga diperoleh sesuai dengan kisaran harga beli kayu gelondongan dan harga jual papan di Penggergajian Jati Murni Sejahterah Joyotokan pada bulan Februari 2015. Data harga jual kayu ditunjukkan pada Tabel 1. Sementara data harga beli kayu, biaya gergaji, dan biaya angkut ditunjukkan pada Tabel 2. Pada penelitian ini ketebalan gergaji yang digunakan pada saat pemotongan diabaikan.

**Tabel 1 Data Harga Jual Kayu**

Kategori	Dimensi (cm)	Harga / meter
Kusen	6 x 8	Rp 100.000
	6 x 10	Rp 120.000
	6 x 12	Rp 150.000
Papan	6 x 2	Rp 11.000
	5 x 2	Rp 8.000
	4 x 2	Rp 6.000
	6 x 3	Rp 15.000
	5 x 3	Rp 10.000
	4 x 3	Rp 8.000
	3 x 3	Rp 5.000
Reng	3 x 2	Rp 4.000
	2 x 2	Rp 2.000

Terdapat sejumlah aturan produksi dari produksi Penggergajian Jati Murni Sejahterah Joyotokan, antara lain:

1. Diameter kayu gelondongan yang akan di gergaji adalah merupakan diameter utuh setelah melewati proses pembuangan kulit kayu.

2. Kayu yang dipotong berbentuk bulat utuh (*round shape*).
3. Kayu dengan *wane* tidak diperbolehkan dalam penggergajian.
4. Papan yang dihasilkan memiliki bentuk persegi utuh, tanpa lengkungan.
5. Ukuran ketebalan papan yang dihasilkan tidak persis sama dengan yang diharapkan, sebab ukuran ketebalan gergaji pada saat pemotongan diabaikan.
6. Kayu gelondongan mengalami pengeringan terlebih dahulu sebelum masuk proses penggergajian.

## 2.2 Pemodelan

Permasalahan tersebut perlu dibuat menjadi model matematis yakni ke model *knapsack problem* dengan tetap mempertimbangkan sejumlah aturan produksi yang telah dijelaskan sebelumnya. Terdapat  $n$  item (papan kayu) yang akan dimasukkan, dengan setiap item ke  $i$ , akan memiliki bobot ( $w_i$ ) dengan nilai keuntungan ( $p_i$ ). Bobot untuk setiap dimensi papan adalah lebar ( $w_i$ ) dan tebal papan ( $t_i$ ). Variabel keputusan  $X_i$  akan banyak papan ke  $i$  yang dapat diperoleh dari gelondong kayu. Pemodelan masalah dibuat dalam model matematis untuk *live sawing* dan *cant sawing*.

Nilai optimum fungsi tujuan ( $Z$ )

$$Z = \sum_{i=1}^n x_i \times p_i \quad (1)$$

Nilai maksimal pada pemodelan *live sawing* dan *cant sawing* diperoleh dari hasil kali cacah papan yang berhasil disimpan dalam *knapsack* dengan *profit* dari masing - masing ukuran papan. Perolehan nilai optimum pada *live sawing* dibatasi dengan batasan - batasan keadaan, antara lain:

### a. Batasan luas

Nilai bobot dari setiap ukuran papan adalah lebih kecil atau sama dengan  $M$ . Bobot setiap ukuran papan adalah nilai lebar dikalian ketebalan ( $w \times t$ ), dengan nilai  $w$  dan  $t$  yang memenuhi batasan lebar dan batasan tebal. Sehingga dapat dituliskan:

$$\sum_{i=1}^n w_i \times t_i \times x_i \leq \pi r^2 \quad (2)$$

### b. Batasan Lebar keping

Lebar papan diperbolehkan jika dan hanya jika nilainya lebih kecil sama dengan diameter lingkaran yakni  $2r$ , sehingga dapat dituliskan:

$$\forall_i, w_i \leq 2r \quad (3)$$

dengan,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ . dan  $r$  adalah jari - jari lingkaran.

### c. Batasan Tebal keping

Ketebalan lebih kecil sama dengan diameter lingkaran yakni  $2r$ , sehingga dapat dituliskan:

$$\sum t_i \leq 2r \quad (4)$$

dengan,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ . dan  $r$  adalah jari - jari lingkaran.

## 2.3 Perancangan Algoritma

Setelah dibuat model matematis dari permasalahan yang ada, selanjutnya diusulkan sebuah algoritma untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Tahapan pada algoritma yang diusulkan baik untuk pola *live sawing* maupun *cant sawing* adalah sebagai berikut Input pokok dalam algoritma adalah jari - jari ( $r$ ) kayu gelondong yang akan dipotong dan dimensi papan yang diperoleh dan parameter harga.

Jika  $X_i$  adalah nilai titik koordinat pertama terhadap sumbu X dari papan,  $X_{i+1}$  adalah nilai titik koordinat terhadap sumbu X berikutnya dari papan setelah titik  $X_i$ ,  $Y_i$  adalah

setengah lebar papan pertama, dan  $Y_{i+1}$  adalah  $\frac{1}{2}$  lebar papan berikutnya, maka Algoritma Live Sawing adalah sebagai berikut:

1. Menentukan posisi gergaji untuk papan pertama dengan menganggap lebar papan adalah 6 cm, dengan tebal papan  $t = 2$  atau 3 cm
2. Menentukan posisi gergaji pada pemotongan berikutnya, misalnya posisi gergaji adalah  $X_i$ , dengan  $i=1,2,\dots,n$  dan  $Y_i$ , dengan  $i= 1,2,\dots,n$ .
3. Mengulangi langkah 2 sampai posisi gergaji ( $X_i$ ) < diameter kayu
4. Melakukan perhitungan jumlah papan kayu yang dapat masuk pada keping ke  $-i$  (FindLargestLumber).

```

FUNCTION FindLargestLumber (Ynew)

/*Input : fungsi ini diinisialisasi awal dengan
inputan Ynew, serta memanggil array dimensi yang
berisi ukuran papan yang diperoleh
Output : keluaran dari fungsi ini adalah array
jumlah papan cacah untuk setiap Ynew (cacahpapan
[perhitunganke] [j])*/

For j=0 to j=Ynew.length do
  nilaiMin(Ynew[j],Ynew[j+1])← NilaiMin
  if (dimensi[0])≤ NilaiMin)then
    cacah[0][0] = NilaiMin div dimensi[0]
    Ybaru[1] = Ynew[i] - W[0] * cacah[0]
    Ybaru[0] = Ynew[i] - W[0] * cacah[0]

  For k=1 to k=dimensi.length do
    if (dimensi[k])≤ NilaiMin)then
      cacah[j][k]= NilaiMin div dimensi[k]
      Ybaru[k+1]= Ybaru[k]-dimensi[k]*cacah[k]
      Ybaru[k] = Ybaru[k-1]- dimensi[k]*cacah[k]

```

5. Menghitung profit yang diperoleh pada keping ke  $-i$ .
6. Menghitung total keuntungan.

Algoritma *cant sawing*, adalah sebagai berikut:

1. Menentukan lebar papan dengan dimensi terbesar yang akan masuk (misal: 6 x 12 cm). Papan ini kemudian disebut *cant*. Hasil pemotongan kayu gelondong untuk mendapatkan *cant* menyebabkan kayu gelondong terbagi menjadi 4 bagian. *Slab 1* (kiri), *Slab 2* (kanan), *Slab 3* (atas), dan *Slab 4* (bawah).
2. Melakukan perhitungan untuk **bagian papan cant**. Perhitungan untuk bagian ini terdiri dari beberapa hal yakni:
  - 2.1 Menentukan posisi gergaji untuk papan pertama dengan menganggap lebar papan adalah 6 cm, dengan tebal papan  $t = 2$  atau 3 cm.
  - 2.2 Menghitung potongan papan *cant* yang dapat masuk
  - 2.3 Menghitung profit yang diperoleh pada potongan papan ke  $-i$ .
3. Melakukan perhitungan perolehan papan pada **slab 2** dengan algoritma seperti Algoritma *Live Sawing*.
4. Melakukan perhitungan perolehan papan pada **slab 3** dan **slab 4** dengan algoritma seperti Algoritma *Live Sawing*.
5. Menghitung profit yang diperoleh pada semua bagian: papan *cant*, *slab2*, *slab 3*, dan *slab 4*.

## 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi implementasi algoritma pola *live sawing* dan *cant sawing* disajikan pada Tabel 3 sampai dengan Tabel 6 .

Dari Tabel 3 dan Tabel 4, untuk kayu gelondong dengan jari – jari sama dengan 8 cm, 9.5 cm, 11 cm, 12.5 cm, dan 14 cm pada ketebalan papan 2 cm, pola *live sawing* lebih tepat digunakan, jika dilihat dari banyaknya papan yang diperoleh. Papan yang diperoleh dengan pola *live sawing* lebih banyak dibandingkan *cant sawing*. Namun, jika dilihat dari harga jual papan, pola *cant sawing* memberikan total harga jual yang lebih tinggi.

Tabel 2 Hasil perhitungan papan *live sawing* t = 2

Jari-jari (R)	Cacah papan diperoleh dengan lebar					Total harga jual (Rp)
	6	5	4	3	2	
8	11	1	0	3	1	143000
9.5	19	0	2	0	0	221000
11	23	2	1	2	1	285000
12.5	32	2	1	2	1	384000
14	41	1	1	4	2	485000

Tabel 3 Hasil perhitungan papan *cant sawing* t = 2

Jari-jari <sup>®</sup>	Jenis papan cant	Cacah papan cant	Cacah papan diperoleh dengan lebar					Total harga jual (Rp)
			6	5	4	3	2	
8	6 x 12	1	5	0	2	1	2	225000
	6 x 10	1	7	0	0	1	2	205000
	6 x 8	2	7	0	2	2	0	297000
9.5	6 x 12	1	11	2	1	2	0	301000
	6 x 10	1	12	0	3	2	0	278000
	6 x 8	2	11	0	2	2	0	341000
11	6 x 12	1	13	3	0	2	1	355000
	6 x 10	2	16	2	0	4	0	448000
	6 x 8	2	13	5	1	2	0	397000
12.5	6 x 12	2	22	4	2	0	2	590000
	6 x 10	2	21	0	2	1	0	509000
	6 x 8	3	22	4	2	0	2	590000
14	6 x 12	2	30	2	2	4	0	674000
	6 x 10	2	30	4	1	0	2	612000
	6 x 8	3	30	2	2	4	0	674000

Tabel 4 Hasil perhitungan papan *live sawing* t = 3

Jari-jari (R)	Cacah papan diperoleh dengan lebar					Total harga jual (Rp)
	6	5	4	3	2	
8	7	1	0	1	0	120000
9.5	12	0	0	0	2	186000
11	15	0	1	2	1	246000
12.5	20	2	1	1	0	333000
14	26	2	0	1	3	424000

Tabel 5 Hasil perhitungan papan *cant sawing* t = 3

Jari-jari (R)	Jenis papan cant	Cacah papan cant	Cacah papan diperoleh dengan lebar					Total harga jual (Rp)
			6	5	4	3	2	
8	6 x 12	1	2	1	0	2	0	200000
	6 x 10	1	3	1	0	0	0	175000
	6 x 8	2	3	2	0	1	1	274000
9.5	6 x 12	1	7	0	2	0	1	275000
	6 x 10	1	6	1	2	0	2	244000
	6 x 8	2	6	0	2	0	2	314000
11	6 x 12	1	10	0	3	0	1	328000
	6 x 10	2	10	0	0	2	0	400000
	6 x 8	2	8	2	0	0	3	352000
12.5	6 x 12	2	16	0	2	2	2	574000
	6 x 10	2	14	2	2	0	0	486000
	6 x 8	3	16	0	4	2	2	574000
14	6 x 12	2	17	2	2	2	1	605000
	6 x 10	2	19	2	0	0	1	549000
	6 x 8	3	17	2	2	2	1	605000

Dari Tabel 5 dan Tabel 6, untuk kayu gelondong dengan jari – jari sama dengan 9.5 cm, 11 cm, dan 14 cm pada ketebalan papan 3 cm, memberikan hasil yang sama, yakni pola *live sawing* lebih tepat digunakan jika dilihat dari total papan yang dihasilkan. Untuk kayu gelondong dengan jari – jari sama dengan 8 cm pada ketebalan papan 3 cm, pola *cant sawing* lebih tepat digunakan.

Perolehan papan dengan pola ini untuk ukuran 6 x 8 sama dengan pada pola *live sawing*, namun total harga jual yang diperoleh dengan pola *cant sawing* lebih tinggi. Untuk kayu gelondong dengan jari – jari sama dengan 12.5 cm pada ketebalan papan 3 cm, pola *cant sawing* lebih tepat digunakan. Perolehan papan dengan pola ini untuk ukuran 6 x 12 sama dengan pada pola *live sawing*, namun total harga jual yang diperoleh dengan pola *cant sawing* lebih tinggi. Bahkan ada pola 6 x 8, jumlah papan yang dihasilkan dengan pola *cant sawing* lebih banyak dibandingkan *live sawing*.

Dari hasil perhitungan pada Tabel 3 sampai dengan Tabel 6 yang diperoleh estimasi rata – rata perolehan keuntungan *live sawing* adalah sebesar 49% dan *cant sawing* adalah sebesar 39%. Perbandingan dengan pemotongan manual, penggunaan algoritma optimasi pada perolehan papan membuat perolehan papan meningkat sebesar 46,5% untuk *Live Sawing* dan 20% untuk *Cant Sawing*.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

1. *Live Sawing* memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan *Cant Sawing*.
2. Penelitian selanjutnya adalah pengembangan algoritma optimalisasi dengan mempertimbangkan ketebalan gergaji yang digunakan, kayu dengan *wane* dapat diperbolehkan dengan batasan toleransi tertentu, menambah jenis dimensi papan kayu, dan diameter kayu gelondongan yang dipotong. Kayu gelondong yang digunakan bisa divariasikan dengan yang tidak bulat utuh (*irregular shape*), sehingga metode penggergajian akan berkembang pada penggergajian dengan orientasi *full-taper* dan *split-taper*.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Hallock, H. & Lewis, D. W., 1976. *Is There A "Best" Sawing Method?*, Wisconsin: Forest Product Laboratory.
- Hallock, H., Stem, A. R. & Lewis, D. W., 1979. *A Look At Centered Vs Offset Sawing*, Wisconsin: Forest Product Laboratory.
- Jurgensen, C., Kollert, W. & Lebedys, A., 2014. *Assessment Of Industrial Roundwood Production From Planted Forests*. 4 Ed. Rome: Food And Agriculture Organization Of The United Nations.
- Lewis, D. W., 1985. *Sawmill Simulation And The Best Opening Face System*, Wisconsin: Forest Product Laboratory.
- Martello, S., Pisinger, D. & Toth, P., 2000. New Trends In Exact Algorithms For The 0-1 Knapsack Problem. *European Journal Of Operational Research*, Volume 123, Pp. 325-332.
- Ministry Of Environment, 2009. *Fourth National Report The Convention On Biological Diversity*, Jakarta: Biodiversity Conservation Unit.
- Rachmawati, D. & Candra, A., 2013. Implementasi Algoritma Greedy Untuk Menyelesaikan Masalah Knapsack Problem. *Jurnal Ilmiah Sains Dan Komputer (Saintikom)*, 12(3), Pp. 185-192.
- SHBJ, 2014. *Standarisasi Harga Barang Dan Jasa Nomor 79 Tahun 2014*, Yogyakarta: Shbj Bantul.
- S, S. H., H, S. S. & I, A., 2007. *Review On Six Type Of Log Cutting Methods In Various Application: Part I*. Selangor: Forest Research Institute.
- Tanadi, K., 2008. Perbandingan Algoritma Yang Dipakai Dalam 2d Knapsack Problem. *Makalah If2251 Strategi Algoritmik*.