

Research Articles

Implementasi Metode *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure* dan Model *Dotted Board* pada *Cutting Stock Problem* Bentuk Reguler

Sisca Octarina*, Gina Sonia, Ning Eliyati

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

Received 04 Juni 2020; Accepted 03 November 2020; Published 15 Januari 2021

<p>Keyword: Regular CSP; Greedy Randomized Adaptive Search Procedure; Dotted Board</p>	<p>ABSTRACT: <i>Cutting Stock Problem (CSP) is an optimization problem in the selection of alternative cutting patterns for raw materials (stock) where large stock sheets have to be cut into small pieces (items). Finding the optimum solution for the CSP model is to minimize the use of stock and trim loss. This study cut the stock into three types of items with regular shapes. We used the Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) method to determine cutting patterns. In contrast, the Dotted Board model aims to minimize stock usage. The cutting patterns modelled into the Dotted Board model show a minimum stock quantity of 51 pieces used to meet consumer demand. The consumer demand for the first item is 75 pieces, the second item is six pieces, and the third item is four pieces positioned in one stock sheet. The surplus items are in the second and third item. @2020 Published by UP2M, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University.</i></p>
<p>Kata Kunci : Reguler CSP; Greedy Randomized Adaptive Search Procedure; Dotted Board.</p>	<p>ABSTRAK: <i>Cutting Stock Problem (CSP) merupakan masalah optimasi dalam pemilihan alternatif pola pemotongan bahan baku (stock) dimana lembaran stock besar harus dipotong menjadi potongan-potongan kecil (item). Tujuan dari pencarian solusi optimum model CSP adalah meminimumkan penggunaan stock dan sisa pemotongan (trim loss). Penelitian ini memotong stock menjadi 3 tipe item yang berbentuk beraturan (reguler). Metode Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) digunakan untuk menentukan pola-pola pemotongan. Sedangkan model Dotted Board bertujuan untuk meminimumkan penggunaan stock. Pola-pola pemotongan yang dimodelkan ke dalam model Dotted Board menunjukkan jumlah stock minimum sebanyak 51 lembar yang digunakan untuk memenuhi permintaan konsumen. Permintaan konsumen untuk item pertama sebanyak 75 buah, item kedua sebanyak 6 buah dan item ketiga sebanyak 4 buah yang diposisikan dalam satu lembar stock. Jumlah item berlebih terdapat pada item kedua dan ketiga. @2020 Published by UP2M, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University.</i></p>

* Corresponding author.

E-mail address: sisca_octarina@unsri.ac.id

PENDAHULUAN

Saat ini dunia industri telah berkembang pesat sehingga menimbulkan persaingan dalam memperoleh keuntungan. Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam dunia industri adalah bahan baku. Pengendalian penggunaan atau pemotongan bahan baku dapat menekan biaya produksi, yang dalam jumlah besar dapat merugikan perusahaan. Permasalahan pemotongan bahan baku dikenal dengan *Cutting Stock Problem* (CSP) dimana lembaran stok besar harus dipotong menjadi potongan-potongan kecil (*item*). CSP dapat diartikan sebagai salah satu cara meminimalkan sisa bahan baku dan memaksimalkan keuntungan [1].

Bahan baku yang dipotong menjadi *item* seringkali menghasilkan sisa pemotongan (*trim loss*) [2]. *Trim loss* dalam jumlah yang besar menjadi salah satu penyebab terjadinya kerugian dalam industri. Berdasarkan letak *trim loss*, CSP dibedakan menjadi 3 bagian yaitu, CSP satu dimensi, CSP dua dimensi, dan CSP tiga dimensi. Penelitian ini membahas tentang CSP dua dimensi, dimana dalam pemotongan hanya memperhatikan sisi lebar dan panjang bahan baku. CSP dua dimensi dapat diklasifikasikan ke dalam *item* berbentuk reguler dan tidak reguler (non-reguler) [3]. Potongan dapat dalam berbagai bentuk seperti yang dijumpai dalam industri pakaian, sepatu, furniture dan mobil. Model *Integer Linear Programming* (ILP) pada CSP dapat diselesaikan menggunakan algoritma *branch and bound* yang selanjutnya dilakukan analisis sensitivitas [4]. Aplikasi pencarian pola pemotongan pada CSP dua dimensi juga telah dirancang [5], selanjutnya implementasi algoritma *Pattern Generation* (PG) dalam membentuk model Gilmore dan Gomory juga telah diteliti [2].

Formulasi model Gilmore dan Gomory pada CSP dua dimensi untuk kasus *multiple stock* telah diteliti [6] dan selanjutnya implementasi metode *Branch and Cut* pada model *n-sheet* dikembangkan [7]. Algoritma penyelesaiannya

pun beragam, dimana algoritma heuristik berperan penting dalam penyelesaian CSP. Algoritma heuristik terdiri dari metode heuristik paling umum yang digunakan namun seringkali menghasilkan solusi yang tidak optimal, sedangkan pada metode *meta-heuristic* hasilnya bukan solusi optimum lokal seperti pada metode heuristik [8]. Salah satu metode *meta-heuristic* yang sering digunakan yaitu metode *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure* (GRASP). Metode GRASP menggunakan dua tahap dalam proses penyelesaiannya, yaitu tahap konstruksi dan tahap pencarian solusi lokal. Penelitian [2] telah memformulasikan model *Dotted Board* pada CSP dua dimensi dan mengimplementasikan metode GRASP dalam menyelesaikan model CSP bentuk non-reguler.

Penelitian CSP dua dimensi untuk *item* berbentuk reguler dapat diselesaikan dengan menggunakan pemrograman dinamik dan generasi kolom. Pada penelitian [9] terdapat 3 tipe *item* yang berbentuk persegi panjang dengan berbagai ukuran yang dipotong. Tipe pemotongan yang dilakukan adalah *guillotine*, yang artinya potongan sejajar dengan salah satu sisi objek bergerak dari satu sisi ke sisi yang berlawanan dan pemotongan *oriented* artinya pemotongan tidak dapat dirotasi atau diputar. Model CSP dua dimensi juga dapat diselesaikan dengan melakukan analisis perbandingan pemotongan *guillotine* dua tahap [10].

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diimplementasikan metode GRASP untuk pembentukan pola pemotongan *item* berbentuk reguler. Selanjutnya pola-pola tersebut dimodelkan ke dalam model *Dotted Board* yang akan dicari pola pemotongan optimalnya. Pendekatan model *Dotted Board* dilakukan dengan mempresentasikan sejumlah titik (*dot*) pada sebuah papan (*board*) untuk masing-masing baris dan kolom sehingga dapat meminimumkan penggunaan panjang dan lebar *board*.

BAHAN DAN METODE



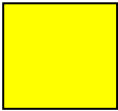
Data yang digunakan adalah data penelitian pemotongan kertas pada percetakan [10]. Data-data tersebut meliputi ukuran panjang dan lebar *stock*, panjang dan lebar *item*, jumlah permintaan, dan batas atas jumlah permintaan untuk setiap *item*. *Stock* dan *item* yang digunakan berbentuk persegi panjang. Penentuan pola pemotongan diselesaikan menggunakan metode GRASP [2] yang selanjutnya diformulasikan ke dalam model *Dotted Board* di mana formula ini diselesaikan dengan bantuan program LINGO 13. Program ini berfungsi secara terpisah memecahkan masalah optimasi nonlinear untuk mendapatkan solusi optimal. Model optimasi dibuat berdasarkan

parameter dan variabel yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

CSP dua dimensi pada penelitian ini diselesaikan dengan mengimplementasikan metode *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure* (GRAPS) [2] dan selanjutnya memformulasikan model *Dotted Board*. *Stock* yang digunakan berbentuk *rectangular* atau persegi panjang. Ukuran panjang dan lebar *stock* yang digunakan yaitu $3000\text{ mm} \times 3000\text{ mm}$. Ukuran *item*, jumlah permintaan dan batas atas banyaknya pemotongan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran *Item*, Jumlah Permintaan dan Batas Atas Banyaknya Pemotongan

No.	Bentuk <i>Item</i> (mm)	Ukuran <i>Item</i> L_i (mm^2)	Jumlah Permintaan v_i (buah)	Batas Atas Banyaknya Pemotongan Q_i (buah)
1.	 378×200	75.600	3.825	75
2.	 555×496	275.280	300	6
3.	 555×755	419.025	200	4

Tipe permasalahan dalam penelitian ini memiliki nilai $P_i = 0$, sehingga pemotongan yang dilakukan terhadap e_i . Nilai e_i pada setiap *item* diurutkan dari yang terbesar. Nilai efisiensi setiap *item* i dapat dicari dengan menggunakan Persamaan (1):

$$e_i = \frac{v_i}{L_i} \quad (1)$$

Tabel 2. Data yang Digunakan pada Metode GRASP

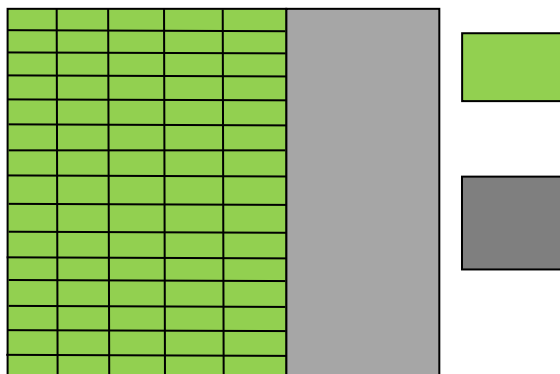
<i>Item</i>	L_i (mm^2)	P_i	Q_i	v_i	e_i
1	75.600	0	75	3.825	0,0506
2	275.280	0	6	300	0,0011
3	419.025	0	4	200	0,0005

Tahapan pemotongan dengan metode GRASP sebagai berikut:

a. Pemotongan Pertama

Langkah-langkah pemotongan pertama adalah sebagai berikut:

1. Menginisialisasikan $\mathcal{L} = \{(0, 0, 3000, 3000)\}$, $\mathcal{P} = \{3, 2, 1\}$, dan $\mathcal{C} = \emptyset$.
2. Mengambil \mathcal{L}^* pada \mathcal{L} yang memungkinkan untuk dipotong sesuai dengan ukuran-ukuran *item* pada \mathcal{P} , diperoleh $\mathcal{L}^* = \{(0, 0, 3000, 3000)\}$.
3. *Item* yang dipotong berdasarkan nilai e_i terbesar yaitu p_1 dengan batasan $n_1 \leq 75$ kemudian membentuk blok b^* untuk dipotong pada \mathcal{L}^* seperti Gambar 1.



Gambar 1. Pola Pemotongan Pertama

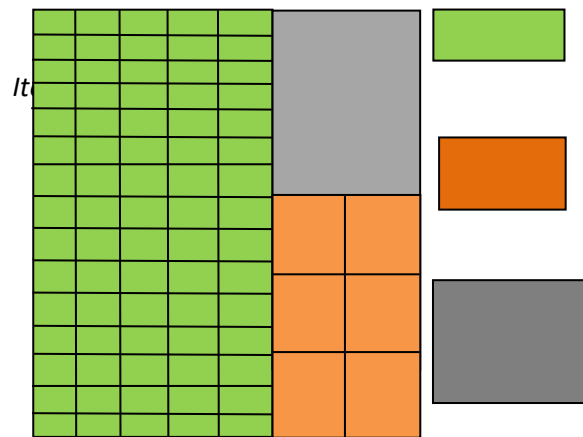
Berdasarkan Gambar 1. diperoleh banyaknya pemotongan pada *item* ke-1 yaitu $n_1 = 75$, maka $Q_1 = Q_1 - n_1 = 75 - 75 = 0$. Selanjutnya meng-*update* nilai \mathcal{P} , \mathcal{C} , dan Q_1 , sehingga diperoleh $\mathcal{P} = \{2, 3\}$ adalah kumpulan *item* yang selanjutnya dipotong, $\mathcal{C} = \{1\}$ artinya *item* yang dipotong pada pola pertama adalah *item* ke-1. $Q_1 = 0$ artinya tidak ada lagi *item* ke-1 yang harus dipotong.

4. Meng-*update* nilai \mathcal{L} untuk pemotongan selanjutnya dan lanjutkan ke Langkah 1, diperoleh $\mathcal{L} = \{(1890, 0, 3000, 3000)\}$.

b. Pemotongan Kedua

Langkah-langkah pemotongan kedua adalah sebagai berikut:

1. Mengambil \mathcal{L}^* pada \mathcal{L} yang memungkinkan untuk dipotong sesuai dengan ukuran-ukuran *item* pada \mathcal{P} , diperoleh $\mathcal{L}^* = \{(1890, 0, 3000, 3000)\}$.
2. *Item* yang dipotong berdasarkan nilai e_i yaitu p_2 dengan batasan $n_2 \leq 6$, kemudian membentuk blok b^* untuk dipotong pada \mathcal{L}^* dan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola Pemotongan Kedua

Berdasarkan Gambar 2 diperoleh banyaknya pemotongan pada *item* ke-2 yaitu $n_2 = 6$, maka $Q_2 = 6 - 6 = 0$. Selanjutnya meng-*update* nilai \mathcal{P} , \mathcal{C} , dan Q_2 , sehingga diperoleh $\mathcal{P} = \{3\}$, $\mathcal{C} = 2$, dan $Q_2 = 0$.

3. Meng-*update* nilai \mathcal{L} untuk pemotongan selanjutnya dan lanjutkan ke Langkah 1, diperoleh $\mathcal{L} = \{(1890, 1488, 3000, 3000)\}$.

c. Pemotongan Ketiga

Langkah-langkah pemotongan ketiga adalah sebagai berikut:

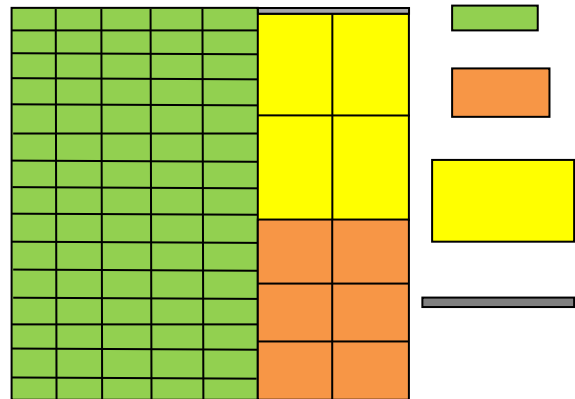
1. Mengambil \mathcal{L}^* pada \mathcal{L} yang memungkinkan untuk dipotong sesuai dengan ukuran-ukuran *item* pada \mathcal{P} , sehingga diperoleh $\mathcal{L}^* = \{(1890, 1488, 3000, 3000)\}$.

- Item yang dipotong berdasarkan nilai e_i yaitu p_3 dengan batasan $n_3 \leq 4$, membentuk blok b^* untuk dipotong pada \mathcal{L}^* dan dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3 diperoleh banyaknya pemotongan pada item ke-3 yaitu $n_3 = 4$, maka $Q_3 = 4 - 4 = 0$. Selanjutnya meng-update nilai \mathcal{P} , \mathcal{C} , dan Q_3 , sehingga diperoleh $\mathcal{P} = \{\}$, $\mathcal{C} = 3$ dan $Q_3 = 0$. $\mathcal{P} = \{\}$ artinya tidak ada kumpulan item yang selanjutnya harus dipotong.

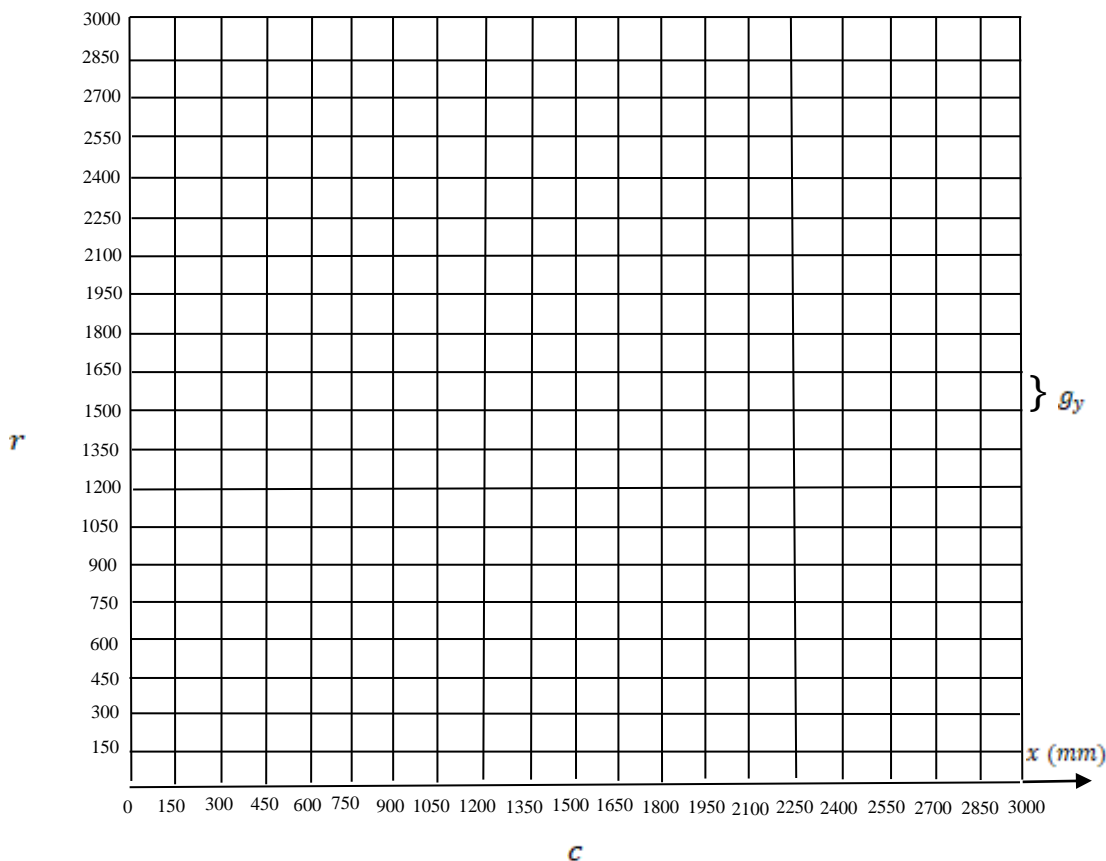
$\mathcal{C} = \{3\}$ artinya item yang dipotong pada pola pemotongan ketiga adalah item ke-3. $Q_3 = 0$ artinya tidak ada lagi item ke-3 yang harus dipotong. Hasil pola pemotongan ketiga menunjukkan nilai $\mathcal{P} = \{\}$ maka pemotongan dihentikan karena tidak ada lagi item yang harus dipotong. Pola pemotongan ketiga merupakan pola pemotongan optimal karena semua batas atas banyaknya pemotongan tiap item telah

terpenuhi yaitu untuk item 1 sebanyak 75 buah, item kedua sebanyak 6 buah, dan item ketiga sebanyak 4 buah potongan.



Gambar 3. Pola Pemotongan Ketiga

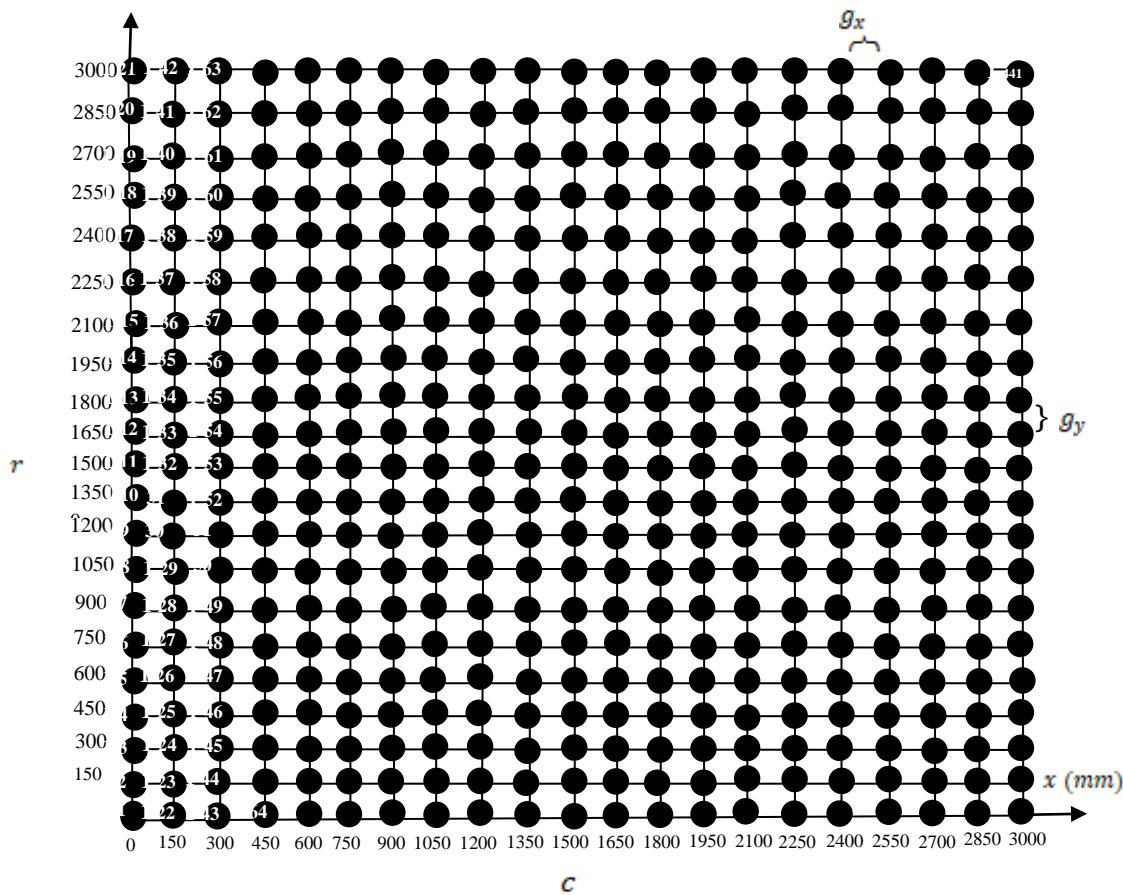
Penelitian ini mengasumsikan perputaran potongan item tidak diperbolehkan. Board yang digunakan berbentuk *rectangular* dengan panjang $L = 3000$ mm dan lebar $W = 3000$ mm (3000, 3000) dimana terdapat 3 tipe item diletakkan pada board tersebut. Sebuah board disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Board dengan $c = 3000$ mm dan $r = 3000$ mm

Berdasarkan Gambar 4, *Board* berbentuk *rectangular* dengan ukuran panjang $L = 3000$ mm dan lebar $W = 3000$ mm. Selanjutnya

masing-masing baris dan kolom *board* diberi titik-titik (*dot*) yang disajikan pada Gambar 5. *Dotted Board*.



Gambar 5. *Dotted Board* dengan $c = 3000$ mm dan $r = 3000$ mm

Titik-titik pada model *dotted board* sesuai Gambar 5 diperoleh dari Persamaan (2) sebagai berikut:

$$a = x_a (w + 1) + (y_a + 1) (2)$$

Penjelasan titik (0,0) dengan lingkaran nomor 1 artinya

$$x_1 (w + 1) + (y_1 + 1) = 0(3000 + 1) + (0+1) = 0(3001) + 1 = 0+1 = 1$$

Penjelasan titik (0,150) dengan lingkaran nomor 2 artinya

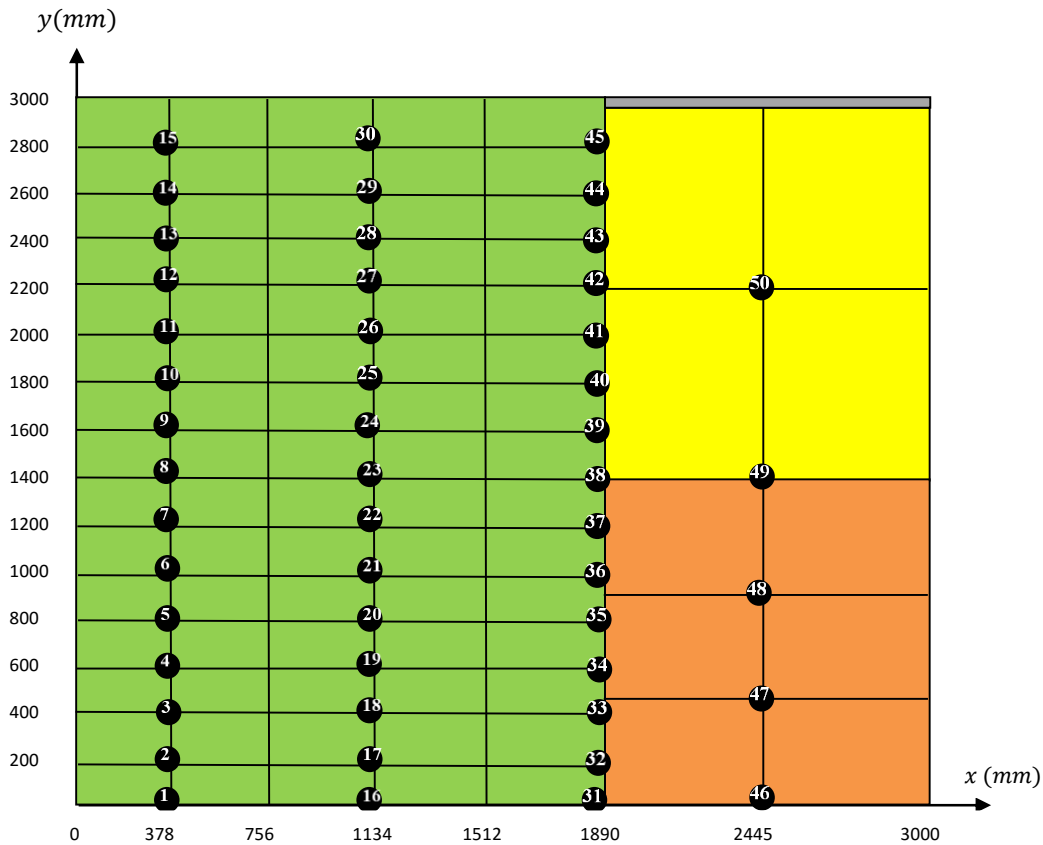
$$x_2 (w + 1) + (y_2 + 1) = 0(3000 + 1) + (150+1) = 0(3001) + 151 = 0+151 = 151$$

Penjelasan titik (0,300) dengan lingkaran nomor 3 artinya

$$x_3 (w + 1) + (y_3 + 1) = 0(3000 + 1) + (300+1) = 0(3001) + 301 = 0+301 = 301$$

Penjelasan selanjutnya untuk lingkaran nomor 4 sampai nomor 441 dapat dihitung dengan cara yang sama seperti di atas. Berdasarkan Gambar 5. *dotted board* berupa *board* yang diberi titik (*dot*) untuk masing-masing baris dan kolomnya. Titik-titik tersebut dijadikan sebagai titik referensi untuk tiap *item*. Penomoran titik referensi dimulai dari angka 1 pada koordinat (0,0), selanjutnya setiap

penambahan satu satuan pada koordinat sumbu y maka nomor untuk titik referensi bertambah 1 menjadi 2, 3, dan seterusnya. Setiap penomoran titik referensi terdapat perhitungannya sendiri, penomoran dilakukan terurut dari bawah hingga ke atas untuk tiap kolomnya, dimulai dari kolom pertama, kedua, ketiga, dan seterusnya. Pola pemotongan optimal pada Gambar 5 disajikan kembali dalam *dotted board* (Gambar 6).



Gambar 6. Pola Pemotongan Optimal pada Dotted Board

Bentuk umum model Dotted Board untuk CSP dua dimensi dapat dilihat pada fungsi

objektif (3) dan kendala (3.1) sampai (3.4) sebagai berikut:

Fungsi tujuan:

Minimumkan
$$z = (c \cdot g_x + x_t^M) \cdot \delta_t^d \quad \forall d \in IFP_t, \quad \forall t \in T \tag{3}$$

dengan kendala:

$$\sum_{d \in IFP_t} \delta_t^d = q_t \quad \forall t \in T; \tag{3.1}$$

$$\delta_{t,u}^e + \delta_t^d \leq 1 \quad \forall e \in NFP_{t,u}^d, \quad \forall t, u \in T, \quad \forall d \in IFP_t; \tag{3.2}$$

$$\delta_t^d \in \{0,1\} \quad \forall d \in IFP_t, \quad \forall t \in T; \tag{3.3}$$

$$z \geq 0 \tag{3.4}$$

dimana:

$$\delta_t^d = \begin{cases} 1 & \text{jika titik referensi dari item tipe } t \text{ diposisikan pada titik } d \\ 0 & \text{sebaliknya.} \end{cases}$$

Gambar 6 menunjukkan pola pemotongan optimal hasil dari implementasi metode GRASP yang diletakkan pada Dotted Board. Setiap item memiliki titik referensi yang diletakkan pada

masing-masing sudut bangun tiap item. Gambar 6 dapat diformulasikan ke dalam model Dotted Board : Minimumkan

$$z = 1134\delta_1^{1.134.379} + 1134\delta_1^{1.134.579} + 1134\delta_1^{1.134.779} + 1134\delta_1^{1.134.979} + 1134\delta_1^{1.135.179} + 1134\delta_1^{1.135.379} + 1134\delta_1^{1.135.579} + 1134\delta_1^{1.135.779} + 1134\delta_1^{1.135.979} + 1134\delta_1^{1.136.179} + 1134\delta_1^{1.136.379} + 1134\delta_1^{1.136.579} + 1134\delta_1^{1.136.779} + 1134\delta_1^{1.136.979} + 1134\delta_1^{1.137.179} +$$

$$\begin{aligned}
 &2646\delta_1^{3.403.135} + 2646\delta_1^{3.403.335} + 2646\delta_1^{3.403.535} + 2646\delta_1^{3.403.735} + 2646\delta_1^{3.403.935} + \\
 &2646\delta_1^{3.404.135} + 2646\delta_1^{3.404.335} + 2646\delta_1^{3.404.535} + 2646\delta_1^{3.404.735} + 2646\delta_1^{3.404.935} + \\
 &2646\delta_1^{3.405.135} + 2646\delta_1^{3.405.335} + 2646\delta_1^{3.405.535} + 2646\delta_1^{3.405.735} + 2646\delta_1^{3.405.935} + \\
 &1890\delta_1^{5.671.891} + 1890\delta_1^{5.672.091} + 1890\delta_1^{5.672.291} + 1890\delta_1^{5.672.491} + 1890\delta_1^{5.672.691} + \\
 &1890\delta_1^{5.672.891} + 1890\delta_1^{5.673.091} + 1890\delta_1^{5.673.291} + 1890\delta_1^{5.673.491} + 1890\delta_1^{5.673.691} + \\
 &1890\delta_1^{5.673.891} + 1890\delta_1^{5.674.091} + 1890\delta_1^{5.674.291} + 1890\delta_1^{5.674.491} + 1890\delta_1^{5.674.691} + \\
 &5445\delta_2^{7.337.446} + 5445\delta_2^{7.337.942} + 5445\delta_2^{7.338.438} + 5445\delta_3^{7.338.934} + 5445\delta_3^{7.339.689} \quad (4)
 \end{aligned}$$

dengan kendala :

$$\begin{aligned}
 &2\delta_1^{1.134.379} + 2\delta_1^{1.134.579} + 2\delta_1^{1.134.779} + 2\delta_1^{1.134.979} + 2\delta_1^{1.135.179} + 2\delta_1^{1.135.379} + 2\delta_1^{1.135.579} + \\
 &2\delta_1^{1.135.779} + 2\delta_1^{1.135.979} + 2\delta_1^{1.136.179} + 2\delta_1^{1.136.379} + 2\delta_1^{1.136.579} + 2\delta_1^{1.136.779} + 2\delta_1^{1.136.979} + \\
 &2\delta_1^{1.137.179} + 2\delta_1^{3.403.135} + 2\delta_1^{3.403.335} + 2\delta_1^{3.403.535} + 2\delta_1^{3.403.735} + 2\delta_1^{3.403.935} + 2\delta_1^{3.404.135} + \\
 &2\delta_1^{3.404.335} + 2\delta_1^{3.404.535} + 2\delta_1^{3.404.735} + 2\delta_1^{3.404.935} + 2\delta_1^{3.405.135} + 2\delta_1^{3.405.335} + 2\delta_1^{3.405.535} + \\
 &2\delta_1^{3.405.735} + 2\delta_1^{3.405.935} + \delta_1^{5.671.891} + \delta_1^{5.672.091} + \delta_1^{5.672.291} + \delta_1^{5.672.491} + \delta_1^{5.672.691} + \delta_1^{5.672.891} + \\
 &+ \delta_1^{5.673.091} + \delta_1^{5.673.291} + \delta_1^{5.673.491} + \delta_1^{5.673.691} + \delta_1^{5.673.891} + \delta_1^{5.674.091} + \delta_1^{5.674.291} + \delta_1^{5.674.491} + \\
 &+ \delta_1^{5.674.691} = 75 \quad (5)
 \end{aligned}$$

$$2\delta_2^{7.337.446} + 2\delta_2^{7.337.942} + 2\delta_2^{7.338.438} = 6 \quad (6)$$

$$2\delta_3^{7.338.934} + 2\delta_3^{7.339.689} = 4 \quad (7)$$

$$\delta_u^e + \delta_t^d \leq 1 \quad (8)$$

$$\delta_u^e, \delta_t^d \in \{0,1\} \quad (9)$$

$$z \geq 0 \quad (10)$$

Kendala (5) sampai kendala (7) menunjukkan bahwa banyaknya *item* tipe ke-1 sampai *item* tipe ke-3 yang diposisikan di dalam *board* masing-masing sebanyak 75 buah, 6 buah, dan 4 buah. Kendala (8) menunjukkan bahwa tiap *item* yang diposisikan pada *board* tidak saling tumpang tindih satu sama lain. Kendala (9)



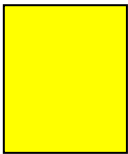
menunjukkan bahwa tiap *item* diposisikan di dalam *board*. Fungsi objektif pada (3) dan kendala pada (5) sampai (10) yang diperoleh selanjutnya diselesaikan dengan menggunakan program LINGO 13 sehingga didapat solusi optimal sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 &\delta_1^{1.134.379} = 1, \delta_1^{1.134.579} = 1, \delta_1^{1.134.779} = 1, \delta_1^{1.134.979} = 1, \delta_1^{1.135.179} = 1, \delta_1^{1.135.379} = 1, \\
 &\delta_1^{1.135.579} = 1, \delta_1^{1.135.779} = 1, \delta_1^{1.135.979} = 1, \delta_1^{1.136.179} = 1, \delta_1^{1.136.379} = 1, \delta_1^{1.136.579} = 1, \\
 &\delta_1^{1.136.779} = 1, \delta_1^{1.136.979} = 1, \delta_1^{1.137.179} = 1, \delta_1^{3.403.135} = 1, \delta_1^{3.403.335} = 1, \delta_1^{3.403.535} = 1, \\
 &\delta_1^{3.403.735} = 1, \delta_1^{3.403.935} = 1, \delta_1^{3.404.135} = 1, \delta_1^{3.404.335} = 1, \delta_1^{3.404.535} = 1, \delta_1^{3.404.735} = 1, \\
 &\delta_1^{3.404.935} = 1, \delta_1^{3.405.135} = 1, \delta_1^{3.405.335} = 1, \delta_1^{3.405.535} = 1, \delta_1^{3.405.735} = 1, \delta_1^{3.405.935} = 1, \\
 &\delta_1^{5.671.891} = 1, \delta_1^{5.672.091} = 1, \delta_1^{5.672.291} = 1, \delta_1^{5.672.491} = 1, \delta_1^{5.672.691} = 1, \delta_1^{5.672.891} = 1, \\
 &\delta_1^{5.673.091} = 1, \delta_1^{5.673.291} = 1, \delta_1^{5.673.491} = 1, \delta_1^{5.673.691} = 1, \delta_1^{5.673.891} = 1, \delta_1^{5.674.091} = 1,
 \end{aligned}$$

$\delta_1^{5.674.291} = 1$, $\delta_1^{5.674.491} = 1$, $\delta_1^{5.674.691} = 1$, $\delta_2^{7.337.446} = 1$, $\delta_2^{7.337.942} = 1$, $\delta_2^{7.338.438} = 1$,
 $\delta_3^{7.338.934} = 1$, $\delta_3^{7.339.689} = 1$ dengan $z = 112.275$ dan sisa pemotongan pada setiap bahan baku
 adalah 2200 mm^2 diperoleh dari $(3000 - 1890) \times (3000 - 2998)$ artinya
 diperoleh stock optimum yang digunakan untuk memenuhi jumlah permintaan ketiga item yaitu 112.275 mm^2 (51 lembar) stock. 51 lembar
 stock diperoleh dari hasil bagi antara nilai optimum dengan sisa pemotongan pada setiap
 bahan baku. Solusi $\delta_1^{1.134.379} = 1$ berarti item

dan sisa pemotongan pada setiap bahan baku dengan tipe 1 diposisikan pada titik 1.134.379 dalam board, solusi $\delta_2^{7.337.446} = 1$ berarti item dengan tipe 2 diposisikan pada titik 7.337.446, dan solusi $\delta_3^{7.338.934} = 1$ berarti item dengan tipe 3 diposisikan pada titik 7.338.934. Jumlah potongan yang dihasilkan untuk masing-masing tipe item berdasarkan solusi optimal dari fungsi objektif pada persamaan (4) dan kendala pada (5) sampai (10) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Solusi Optimal Model *Dotted Board*

No.	Bentuk Item (mm)	Ukuran Item $L_i \text{ (mm}^2\text{)}$	Jumlah Potongan yang Dihasilkan (buah)	Jumlah Permintaan v_i (buah)	Jumlah Produk Berlebih (buah)
1		75.600	3.825	3.825	0
2		275.280	306	300	6
3		419.025	204	200	4

Berdasarkan Tabel 3, jumlah permintaan masing-masing item terpenuhi, dan diperoleh produk berlebih (*surplus*) yang dapat digunakan untuk memenuhi pemesanan berikutnya. Pola pemotongan optimal dengan metode GRASP menyatakan bahwa permintaan untuk tiap item dapat terpenuhi. Jumlah item ke-1, item ke-2, dan item ke-3 yang dihasilkan dari pola pemotongan adalah 3.825 buah, 300 buah, dan 200 buah dengan produk berlebih pada item ke-1, item ke-2, dan item ke-3 berturut-turut tidak ada, 6 buah, dan 4 buah. Produk berlebih yang dihasilkan dapat digunakan untuk memenuhi pemesanan berikutnya. Dari pola pemotongan hasil metode GRASP yang diformulasikan ke

dalam model *Dotted Board* digunakan stock sebanyak 51 lembar untuk memenuhi permintaan konsumen.

KESIMPULAN

Implementasi metode GRASP dengan menggunakan data penelitian [10] menghasilkan pola pemotongan yang optimal, dimana semua jumlah permintaan ketiga item berbentuk reguler terpenuhi. Solusi optimal model *Dotted Board* berdasarkan pola pemotongan hasil implementasi metode GRASP menghasilkan jumlah stock minimum sebanyak 51 lembar, dimana semua jumlah permintaan ketiga item berbentuk reguler terpenuhi. Jumlah item ke-1

yang dihasilkan dari pola pemotongan adalah 3.825 buah dan tidak ada produk berlebih. Selain itu jumlah *item* ke-2 yang dihasilkan dari pola pemotongan adalah 300 buah dengan 6 buah produk berlebih. Sedangkan jumlah *item* ke-3 yang dihasilkan dari pola pemotongan adalah 200 buah dengan 4 buah produk berlebih.

REFERENSI

- [1] N. Rodrigo and S. Shashikala, "One-dimensional cutting stock problem with cartesian coordinate points," *International Journal of Systems Science and Applied Mathematics*, vol. 2, no. 5, p. 99, 2017.
- [2] S. Octarina, S. Yahdin, dan B. Wardhani, "Implementasi algoritma greedy randomized adaptive search procedure (GRASP) dan formulasi model dotted board pada penyelesaian cutting stock problem bentuk irregular," *Proceeding Annual Research Seminar*, vol. 4, no. 1, pp. 978–979, 2018.
- [3] S. M. A. Suliman, "A sequential heuristic procedure for the two-dimensional cutting-stock problem," *International Journal Production Economics*, vol. 99, no. 1–2, pp. 177–185, 2006.
- [4] D. Nurkertamanda, S. Saptadi, dan A. Permasari, "Optimasi cutting stock pada industri pemotongan kertas dengan menggunakan metode integer linear programming (Studi Kasus di Bhinneka – Semarang)," *Jurnal Teknik Industri Universitas Diponegoro*, vol. 2, no. 1, pp. 46–54, 2012.
- [5] S. Octarina, P. B. J. Bangun, and S. Hutapea, "The application to find cutting patterns in two dimensional cutting stock problem," *Journal of Informatics and Mathematical Sciences*, vol. 9, no. 4, pp. 1–5, 2017.
- [6] S. Octarina, V. Ananda, and E. Yuliza, "Gilmore and gomory model on two dimensional multiple stock size cutting stock problem," *Journal of Physics. Conf. Ser.*, vol. 1282, no. 1, 2019.
- [7] P. B. J. Bangun, S. Octarina, and A. P. Pertama, "Implementation of branch and cut method on n-sheet model in solving two dimensional cutting stock problem," *Journal of Physics. Conf. Ser.*, vol. 1282, no. 1, 2019.
- [8] J. Karelaiti, "Solving the cutting stock problem in the steel industry," *Helsinki Univ. Technol. Helsinki, Finlandia*, 2002.
- [9] G. F. Cintra, F. K. Miyazawa, Y. Wakabayashi, and E. C. Xavier, "Algorithms for two-dimensional cutting stock and strip packing problems using dynamic programming and column generation," *European Journal of Operational Research*, vol. 191, no. 1, pp. 61–85, 2008.
- [10] N. Ma, Y. Liu, Z. Zhou, and C. Chu, "Combined cutting stock and lot-sizing problem with pattern setup," *Computers and Operation Research*, vol. 95, pp. 44–55, 2018.