

Reduksi Pola Pemotongan Hasil Pattern Generation pada Cutting Stock Problem

By Sisca Octarina

SNMPPM
2017

Prosiding

FENOMENA NON-LINIER DAN
PEMBELAJARAN PEMODELAN MATEMATIKA

SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA DAN
PENDIDIKAN MATEMATIKA



Prosiding SNMPPM 2017

FENOMENA NON-LINIER DAN PEMBELAJARAN PEMODELAN MATEMATIKA



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA DAN PENDIDIKAN MATEMATIKA
PALEMBANG, 21 AGUSTUS 2017

“FENOMENA NON-LINIER DAN PEMBELAJARAN MATEMATIKA”



Dilarang memperbanyak, mencetak, menerbitkan
sebagian maupun seluruh buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit



Ketentuan Pidana

Kutipan Pasal 72 Undang-undang Republik Indonesia
Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000,00 (lima juta rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

PROSIDING

Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika

Ketua Pelaksana : Dr. Darmawijoyo, M.Si.
Penulis : Pemakalah Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika
Editor : Dr. Darmawijoyo, M.Si., Dra. Nyimas Aisyah, M.Pd., Ph.D.,
Ernalida, S.Pd., M.Hum.

Reviewer :
1. Prof. Dr. Julan Hernadi, M.Si. (Universitas Muhammadiyah Ponorogo)
2. Prof. Dr. Siti Maghfirotun Amin, M.Pd. (Universitas Negeri Surabaya)
3. Prof. Dr. Zulkardi, M.I.Komp., M.Sc. (Universitas Sriwijaya)

Layout : Noerfikri Group
Desain Cover : Jihan Rihana

Hak Penerbitan pada Ikatan Alumni Pendidikan Matematika Universitas Sriwijaya bekerjasama dengan Universitas Sriwijaya

Dicetak oleh:
Noer Fikri Offset
Jl. KH. Mayor Mahidin No. 142
30126 Telp/Fax : (0711) 366625
Palembang - Indonesia
E-mail : noerfikri@gmail.com

Cetakan I : Agustus 2017

Hak Cipta dilindungi undang-undang pada penulis
All right reserved

ISBN : 978-602-50167-0-7

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas Karunia-Nya Buku Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika yang diselenggarakan pada tanggal 21-22 Agustus 2017 di Palembang dapat diterbitkan. Seminar Nasional ini merupakan salah satu agenda wajib pada program studi pendidikan matematika.

Kegiatan ini bertema “Fenomena Non-Linier dan Pembelajaran Matematika”. Seminar ini bertujuan untuk mendidik siswa master pada tingkat tinggi di bidang Matematika Terapan dan Fenomena Nonlinier. Selain itu, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta kompleksitas permasalahan dalam dunia pendidikan terutama pendidikan matematika menuntut semua komponen untuk secara terus-menerus dan berkesinambungan melakukan penelitian dan terobosan-terobosan yang inovatif pada pembelajaran matematika.

Artikel dalam Prosiding ini merupakan karya ilmiah yang telah disampaikan oleh *keynote speaker* dan pemakalah-pemakalah pendamping. Seminar nasional dan prosiding ini dapat terselesaikan dengan baik atas bantuan dari berbagai pihak kepada rektor Universitas Sriwijaya, Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE; Pemerintah Provinsi Sumsel; Kepala Dinas Pendidikan Sumatera Selatan atas dukungannya dalam kegiatan ini. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sriwijaya, Prof. Sofendi, M.A., Ph.D., atas kepercayaan dan dukungan yang diberikan.

Ucapan terimakasih juga kami haturkan kepada para peserta baik dari Provinsi Sumatera Selatan, Provinsi lainnya dan dari berbagai daerah-daerah yang tersebar di seluruh Indonesia yang telah berkenan hadir untuk mengikuti kegiatan seminar nasional pendidikan ini.

Kepada segenap anggota panitia pelaksana, kami juga mengucapkan terimakasih dan memberikan reward setinggi-tingginya atas kerjasama dan pengorbanan yang telah diberikan selama pelaksanaan kegiatan ini berjalan dengan lancar dan dapat terlaksana ditengah kesibukan masing-masing.

Semoga Prosiding ini dapat bermanfaat serta menambah khasanah baik untuk para akademisi maupun pendidik di bidang matematika dan pendidikan matematika.

Palembang, 21 Agustus 2017
Panitia Seminar Nasional

36.	IMPROVED PERMASALAHAN INTEGER NONLINEAR PADA SKEMA PEMBIAYAAN INTERNET WIRELESS BERDASARKAN PADA FUNGSI UTILITAS PERFECT SUBSTITUTE <i>Fitri Maya Puspita, Maijance Oktaryna, Yayan Febrian</i>	185-189
37.	IMPLEMENTASI BRANCH AND CUT DALAM PENYELESAIAN MODEL GILMORE ANG GOMORY HASIL PATTERN GENERATION <i>Sisca Octarina, Putra Bj Bangun, Mutia Radiana</i>	190-197
38.	REDUKSI POLA PEMOTONGAN HASIL PATTERN GENERATION PADA CUTTING STOCK PROBLEM <i>Putra Bahtera Jaya Bangun, Sisca Octarina, Nanda Paradilla</i>	198-206
39.	PENERAPAN PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH PADA POKOK BAHASAN BANGUN DATAR SEGI EMPAT DI KELAS V SD N.02 CURUP REJANG LEBONG TAHUN AJARAN 2016/2017 <i>Dewi Sribudi</i>	207-211
40.	UPAYA MENINGKATKAN HASIL BELAJAR SISWA DENGAN MODEL PEMBELAJARAN PROBLEM SOLVING PADA MATERI VOLUME KERUCUT KELAS VI DI SD NEGERI 02 CURUP REJANG LEBONG <i>Nuril Hasanah</i>	212-217
41.	MENINGKATKAN HASIL BELAJAR SISWA DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA DENGAN METODE PROBLEM BASED LEARNING (PBL) DI KELAS IVSD N 02 CURUP REJANG LEBONG <i>Nurbaiti</i>	218-223
42.	PEMBELAJARAN MATEMATIKA HUMANIS MEMBANGUN SIKAP PERCAYA DIRI SISWA <i>Clara Ade Utami</i>	224-229
43.	PENGEMBANGAN BAHAN AJAR BERBASIS MULTIMEDIA INTERAKTIF MATERI TRIGONOMETRI MENGGUNAKAN SOFTWARE ADOBE FLASH CS3 <i>Novia Ayu Lestari, Wahyu Widada</i>	230-237
44.	PENDEKATAN MATEMATIKA REALISTIK INDONESIA (PMRI) PADA PEMBELAJARAN PERMUTASI DAN KOMBINASI DI KELAS XI <i>Susanti, Somakim, Darmawijoyo</i>	238-241

REDUKSI POLA PEMOTONGAN HASIL PATTERN GENERATION PADA CUTTING STOCK PROBLEM (CSP) DUA DIMENSI

Putra BJ Bangun¹, Sisca Octarina², Nanda Paradilla³

^{1,2,3} Jurusan Matematika Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya
Palembang, Indonesia

¹ (E-mail: s.octarina@gmail.com)

Abstrak-Cutting Stock Problem (CSP) 2 dimensi merupakan permasalahan pemotongan bahan baku yang bertujuan untuk mendapatkan sisa pemotongan (trim loss) seminimum mungkin. Salah satu hal yang menyebabkan trim loss adalah peletakan pola yang kurang tepat. Penelitian ini menggunakan algoritma pattern generation untuk menghasilkan pola-pola pemotongan. Berdasarkan hasil dan pembahasan didapatkan bahwa dengan menggunakan algoritma pattern generation diperoleh 15 pola pemotongan dengan cut loss maksimal 30 mm untuk sisi panjang dan 25 pola pemotongan dengan cut loss maksimal 20 mm untuk sisi lebar. Hasil reduksi dari 15 pola pemotongan menghasilkan 10 pola pemotongan sedangkan dari 25 pola pemotongan menghasilkan 12 pola pemotongan. Solusi optimal yang dihasilkan yaitu pola pemotongan ke-3.

I. PENDAHULUAN

Proses pemotongan kertas sering menghasilkan sisa potongan material yang tidak dapat digunakan lagi. Sisa potongan material tersebut harus diminimalkan agar tidak menimbulkan kerugian. Persoalan ini dikenal dengan *cutting stock problem (CSP)* dalam bidang Optimasi [10].

Kerugian pemotongan tidak dapat dihindari karena bahan baku yang diterima dari pemasok tidak selalu dapat memenuhi ukuran sesuai dengan yang diharapkan dalam setiap proses. Kerugian pemotongan ini dikenal dengan istilah *trim loss*. Salah satu hal yang menyebabkan *trim loss* adalah peletakan pola pemotongan yang kurang tepat sehingga mengakibatkan ketidakefisienan penggunaan bahan baku.

Menurut [11], masalah pemotongan material menurut dimensi atau arah pemotongan terbagi menjadi 1 dimensi, 2 dimensi dan 3 dimensi. Pola pemotongan dilakukan secara *guillotine* yaitu pemotongan yang dilakukan dari ujung ke ujung dan *non-guillotine* yaitu pemotongan yang dilakukan tidak harus dari ujung ke ujung pada material

lembaran atau *roll* untuk produk yang memiliki bentuk *regular* atau *irregular*.

CSP telah banyak diteliti sebelumnya menggunakan berbagai metode yang berbeda. Ref. [7] melakukan pembentukan pola pemotongan berdasarkan *Modified Branch and Bound Algorithm* pada CSP dua dimensi sehingga pencarian pola pemotongan tidak perlu dilakukan secara manual. Ref [9] menggunakan prosedur algoritma *pattern generation (PG)* untuk menyelesaikan masalah pemotongan bahan baku sehingga menghasilkan pola pemotongan yang berbeda dan sisa pemotongan yang minimum. Algoritma PG dengan model *arc-flow* pada CSP satu dimensi dapat menghasilkan pola yang optimal. *Trim loss* dari pola-pola hasil PG dapat ditentukan dengan model *arc-flow* [3].

Proses pemotongan kertas diatur sesuai pola pemotongan yang diperoleh menggunakan mesin pemotong. Semakin banyak pola pemotongan maka semakin banyak pula jumlah pengaturan pisau pada mesin pemotong kertas. Jumlah pola yang berbeda dapat diminimalkan dengan reduksi pola. Reduksi pola merupakan cara mengurangi jumlah pola yang banyak menjadi lebih sedikit agar pengaturan pisau pada mesin pemotong kertas lebih sedikit. Ref. [1] mengembangkan reduksi pola pada pemotongan kertas. Ref. [5] melanjutkan penelitian reduksi pola pada CSP satu dimensi yang menghasilkan jumlah pola pemotongan yang lebih sedikit sehingga tidak banyak campur tangan manusia dalam proses pemotongan. Reduksi pola pemotongan kertas pada CSP satu dimensi menghasilkan jumlah pola pemotongan yang optimal sehingga bahan baku kertas yang digunakan lebih sedikit [8].

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti meneliti lebih lanjut reduksi pola pada CSP dua dimensi. Penelitian ini dilakukan pada pemotongan kertas dengan data berasal dari CV Proda. CV Proda merupakan salah satu percetakan

kertas di kota Palembang. Percetakan CV Proda melayani berbagai jenis cetakan, diantaranya: undangan, kartu nama, brosur, cover yasin/buku, dan lain sebagainya. CV Proda memakai satu lembar bahan baku kertas untuk satu jenis produk. Penelitian ini membentuk model pola pemotongan yang optimal, yang selanjutnya diselesaikan dengan metode *Branch and Bound*. Metode ini melakukan percabangan dan pembatasan solusi sehingga iterasi jadi lebih sedikit dan menghasilkan solusi *integer*[4].

II. KAJIAN PUSTAKA

A. *Algoritma Pattern Generation*

Pembentukan pola pemotongan menggunakan *Pattern Generation* pada CSP biasanya suatu *stock* dengan ukuran lebar standar w'_k dan panjang standar l'_k dimana ($k = 1, 2, \dots, h$) dipotong ke n ukuran dengan lebar dan panjang tertentu, secara berurut dinotasikan dengan w_i dan l_i dimana ($i = 1, 2, \dots, n$).

Hal yang diperlukan untuk menentukan susunan pola pemotongan yaitu meminimumkan sisa pemotongan (*trim loss*) sehingga permintaan dapat terpenuhi. Pola pemotongan dengan *trim loss* minimum yang dihasilkan disebut sebagai pola pemotongan fisibel. CSP dapat diformulasikan sebagai berikut:

Minimumkan

$$\sum_{k=1}^h \sum_{j=1}^{m_k} c_{jk} x_{jk} + \sum_{i=1}^n w_i s_i \tag{1}$$

dengan kendala:

$$\sum_{k=1}^h \sum_{j=1}^{m_k} a_{ijk} x_{jk} - s_i = l_i \text{ untuk semua } i, \tag{2}$$

$$x_{jk}, c_{jk}, s_i, a_{ijk} \geq 0 \text{ untuk semua } i, j, k, \tag{3}$$

dengan

a_{ijk} adalah jumlah *item* dengan lebar w_i yang diperoleh menurut pola pemotongan ke- j dari *stock* ke- k ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, h$).

x_{jk} adalah panjang *stock* ke- k yang dipotong menurut pola pemotongan ke- j .

c_{jk} adalah sisa pemotongan dari *stock* ke- k yang dipotong menurut pola pemotongan ke- j .

s_i adalah panjang yang berlebih atau kelebihan panjang yang akan menghasilkan potongan dengan lebar w_i .

Pembangkitan pola pemotongan yang fisibel diperoleh melalui sebuah pohon pencarian. Level dari pohon menyatakan lebar yang diperlukan, yang disusun secara menurun dimana ukuran terbesar di level pertama sedangkan ukuran terkecil diletakan di level terakhir dari pohon. Verteks awal dari level pertama menyatakan lebar standar dari potongan *stock* ke- k (w'_k) yang digunakan untuk membangkitkan pola. Oleh karena itu, sebuah pohon pencarian terpisah digunakan untuk membangkitkan pola disesuaikan dengan masing-masing lebar standar.

Cabang dari level i pada pohon pencarian menyatakan perkalian antara jumlah *item* dengan lebar w_i yang diperoleh menurut pola pemotongan ke- j . Perkalian ini menyatakan jumlah lebar yang dipotong dari *stock* ke- k untuk memenuhi lebar w_i . Verteks dari level ke-2 sampai level ke- n menyatakan sisa lebar setelah memenuhi pemotongan tertentu dari cabang $i - 1$ sebelumnya. Verteks akhir dari pohon pencarian menunjukkan sisa pemotongan yang dihasilkan dari pola pemotongan yang berbeda. Pohon pencarian dibangun dari atas ke bawah lalu dari kiri ke kanan. Langkah-langkah algoritma PG adalah sebagai berikut:

8. Susun ukuran lebar yang diperlukan w_i ($i = 1, 2, \dots, n$) dengan urutan menurun.

9. Gunakan $a_{ik} = \left\lfloor \frac{w'_k - \sum_{z=1}^{i-1} a_{z1k} w_z}{w_i} \right\rfloor$ untuk

mengisi kolom pertama ($j = 1$) dari matriks.

10. Gunakan $c_{jk} = w'_k - \sum_{i=1}^n a_{ijk} w_i$ untuk menentukan *trim loss* dari masing-masing pola.

11. Atur indeks level i ke $n - 1$.

12. Periksa verteks pada level i misalnya verteks (i, j). Jika verteks memiliki nilai sama dengan nol ($a_{ijk} = 0$), lanjutkan ke Langkah 7. Jika tidak, bangkitkan kolom baru $j = j + 1$ dengan elemen-elemen berikut:

a. $a_{zjk} = a_{z(j-1)k}$ ($z = 1, 2, \dots, i - 1$) adalah elemen-elemen untuk mengisi verteks yang mendahului verteks (i, j).

b. $a_{ijk} = a_{i(j-1)k} - 1$ adalah elemen-elemen untuk mengisi verteks (i, j).

c. Isi sisa verteks dari kolom j . Misalnya, $a_{(i+1)jk}, a_{(i+2)jk}, \dots, a_{njk}$ menggunakan

$$a_{ijk} = \left\lfloor \frac{w'_k - \sum_{z=1}^{i-1} a_{zjk} w_z}{w_i} \right\rfloor$$

13. Gunakan $c_{jk} = w'_k - \sum_{i=1}^n a_{ijk} w_i$ untuk mendapatkan cut loss dari pola pemotongan ke j . Kembali ke Langkah 4.
14. Aturi $i = i - 1$. Jika $i > 0$, ulangi Langkah 5. Jika tidak, iterasi berhenti.

B. Reduksi Pola Pemotongan pada CSP

Reduksi pola pemotongan pada CSP adalah usaha untuk mengurangi jumlah pola yang berbeda, sehingga dapat meminimalkan jumlah pengaturan pisau pada mesin pemotong kertas [5]. Ada dua jenis algoritma reduksi pola pemotongan, diantaranya reduksi pola 2 → 1 dan reduksi pola 3 → 2.

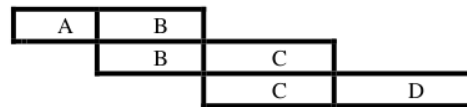
Algoritma reduksi pola yang digunakan pada penelitian ini adalah algoritma reduksi pola 3 → 2. Misal diberikan P_1 bahan baku kertas pola ke-1, P_2 bahan baku kertas pola ke-2, P_3 bahan baku kertas pola ke-3, P_4 bahan baku kertas pola ke-4, P_5 bahan baku kertas pola ke-5. P_4 dan P_5 merupakan hasil reduksi pola P_1 , P_2 , dan P_3 , dengan $P_1 + P_2 + P_3 = P_4 + P_5$.

Reduksi pola 3 → 2 mempunyai dua langkah kerja. Langkah pertama membentuk sub matriks dari matriks data yang berdasarkan panjang dan lebar dengan memilih *trim loss* yang minimum. Sub matriks tersebut terdiri dari tiga atau lebih pola. Langkah kedua menyelesaikan reduksi pola 3 → 2 di setiap sub matriks dengan mengasumsikan bahwa pola dalam sub matriks hanya digunakan sekali, karena jumlah pengulangan (jumlah persediaan) tidak berpengaruh pada pengoperasian algoritma setelah pola tereduksi. Algoritma reduksi pola 3 → 2 adalah sebagai berikut:

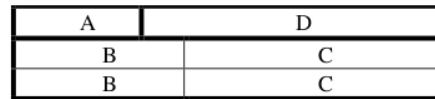
1. Pilih sub matriks pertama.
2. Ambil tiga pola pertama dari sub matriks.
3. Periksa apakah reduksi memungkinkan.
4. Jika tidak memungkinkan untuk dilakukan reduksi, maka ambil tiga pola berikutnya dan ulangi langkah 3.
5. Jika memungkinkan untuk dilakukan reduksi maka berhenti mencari pola dalam sub matriks, lalu pilih pola berikutnya pada sub matriks dan kembali ke langkah 2.
6. Jika sub matriks telah tereduksi, maka ulangi kembali algoritma ini pada sub matriks lainnya.

Contoh permasalahan reduksi pola 3 → 2. Diberikan 3 pola pemotongan yaitu pola 1 terdapat dua potongan berukuran A dan B, pola 2 terdapat dua potongan berukuran B dan C, dan pola 3 terdapat dua potongan berukuran C dan D.

Ilustrasi gambar sebelum reduksi dapat dilihat pada Gambar 1 dan gambar setelah reduksi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Pola Sebelum Direduksi 3 → 2



Gambar 2. Pola Setelah Direduksi 3 → 2

III. METODE PENELITIAN

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan data sekunder yaitu nama produk, ukuran produk, dan permintaan produk.
2. Mengurutkan produk berdasarkan ukuran pesanan dari ukuran terbesar ke ukuran terkecil
3. Membentuk pola pemotongan tahap pertama untuk ukuran panjang dan pola pemotongan tahap kedua untuk ukuran lebar pada pencarian pola menggunakan algoritma PG.
4. Membentuk sub matriks berdasarkan pola pemotongan tahap pertama dan pola pemotongan tahap kedua.
5. Mereduksi setiap pola pemotongan pada masing-masing sub matriks melalui langkah berikut:
 - a. Mengambil 3 pola pemotongan secara berurutan dan mengubahnya ke dalam bentuk matriks reduksi, kemudian jumlahkan setiap baris dalam sub matriks.
 - b. Menyusun potongan-potongan pola pada matriks reduksi ke dalam matriks array M berdasarkan panjang dan lebar mulai dari ukuran terbesar ke ukuran terkecil.
 - c. Membagi matriks array M menjadi matriks array M_a dan M_b .
 - d. Memasangkan setiap potongan pola yang sama pada matriks array M_a .
 - e. Memperbaiki matriks array M_a dan M_b , jika matriks array $M_a \geq L$ atau $M_a \geq W$ maka pola pemotongan matriks array M_b diperbaiki dengan mengambil potongan pola matriks array M_a , sedangkan jika matriks array $M_a \leq L$ atau $M_a \leq W$ maka pola pemotongan matriks array M_a diperbaiki dengan mengambil pola pemotongan matriks array M_b . Sampai memenuhi $M_a, M_b \leq L$ dan $M_a, M_b \leq W$
 - f. Membentuk matriks hasil reduksi dan kemudian mengubahnya ke dalam bentuk pola pemotongan.

- g. Menyajikan hasil reduksi pola ke dalam tabel pola pemotongan.
- 6. Mengkombinasikan pola pemotongan tahap pertama terhadap pola pemotongan tahap kedua dan memilih pola yang bersesuaian.
- 7. Menggambar setiap pola yang terbentuk dari kombinasi tersebut.

No	Nama Produk (Item)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Jumlah Pesanan (Lembar)
1	Undangan	325	225	300
2	Kartu Nama	90	60	1.000
3	Brosur	210	150	3.000
4	Cover Yasin / Buku	230	160	500

- 8. Menyajikan hasil pola pemotongan dua dimensi ke dalam tabel pola pemotongan.
- 9. Membuat model ILP dari fungsi tujuan dan kendala.
- 10. Menyelesaikan model ILP dengan metode *Branch and Bound* dan bantuan aplikasi LINDO.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diambil dari data penelitian [7]. CV Proda merupakan salah satu percetakan kertas yang berdiri sejak tahun 1997 di kota Palembang. Percetakan CV Proda melayani berbagai jenis cetakan diantaranya: undangan, kartu nama, brosur, cover yasin/buku, dan lain sebagainya. CV Proda memakai satu lembar bahan baku kertas untuk pemotongan satu jenis produk.

Permasalahan yang dihadapi CV Proda yaitu mendapatkan pola pemotongan bahan baku yang tepat untuk mengoptimalkan *trim loss*. Penyelesaian masalah dapat dilakukan dengan cara mengkombinasikan ukuran potongan-potongan kertas yang dipesan berdasarkan ukuran bahan baku kertas yang tersedia. Setiap kemungkinan pola dapat dilakukan reduksi pola berdasarkan panjang dan lebar masing-masing untuk mengurangi banyaknya pola dan mendapatkan pola pemotongan optimal.

CV Proda menyediakan standar bahan baku kertas konstruk dengan ukuran 1.090 mm x 970 mm dengan berat 150 gr – 260 gr. Tabel 1 menunjukkan data nama-nama produk yang dihasilkan CV Proda beserta ukurannya masing-masing dan jumlah pesanan untuk tiap produk.

Data-data pada Tabel 1 selanjutnya dibuat pola pemotongan menggunakan algoritma Pattern Generation yang bersesuaian dengan lebar dan panjang. Diperoleh 34 pola pemotongan tahap pertama berdasarkan ukuran panjang dan 57 pola pemotongan tahap kedua berdasarkan ukuran lebar. Pola pemotongan dipilih dengan *cut loss* yang

minimum, yaitu maksimal 30 mm untuk ukuran panjang 20 mm untuk ukuran lebar. Pemilihan ini dilakukan agar pada saat reduksi pola jumlah *cut loss* tidak akan melebihi ukuran dari produk yang dipesan. Kriteria pemilihan pola pemotongan yang optimum diperoleh 15 pola pemotongan tahap pertama untuk ukuran panjang dan 25 pola pemotongan tahap kedua untuk ukuran lebar. Pola pemotongan tahap pertama dapat dilihat pada Tabel 2 dan pola pemotongan tahap kedua dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 1
Ukuran Produk dan Pesanan Produk

TABEL 2
Pola Pemotongan dari Pohon Pencarian Tahap Pertama (Ukuran Panjang)

Pola ke-i	325 mm	230 mm	210 mm	90 mm	Cut loss (mm)
1	3	0	0	1	25
2	2	1	1	0	0
3	2	1	0	2	30
4	2	0	2	0	20
5	1	2	1	1	5
6	1	1	2	1	25
7	1	0	1	6	15
8	0	3	1	2	10
9	0	2	3	0	0
10	0	2	2	2	30
11	0	2	0	7	0
12	0	1	4	0	20
13	0	1	1	7	20
14	0	0	3	5	10
15	0	0	0	12	10

TABEL 3.
Pola Pemotongan dari Pohon Pencarian Tahap Kedua (Ukuran Lebar)

Pola ke-j	225 mm	160 mm	150 mm	60 mm	Cut loss (mm)
1	4	0	0	1	10
2	3	1	0	2	15
3	2	2	0	3	20
4	2	1	2	1	0
5	2	1	0	6	0
6	2	0	3	1	10
7	2	0	1	6	10
8	1	2	2	2	5
9	1	2	0	7	5
10	1	1	3	2	15
11	1	1	1	7	15
12	0	6	0	0	10
13	0	5	1	0	20
14	0	4	1	3	0
15	0	3	2	3	10
16	0	3	0	8	10
17	0	2	3	3	20
18	0	2	1	8	20
19	0	1	5	1	0
20	0	1	3	6	0
21	0	1	1	11	0
22	0	0	6	1	10

23	0	0	4	6	10
24	0	0	2	11	10
25	0	0	0	16	10

Jumlah pola pemotongan tahap pertama pada Tabel 2 untuk ukuran panjang dan jumlah pola pemotongan tahap kedua untuk ukuran lebar pada Tabel 3, selanjutnya dibentuk dalam matriks. Sub matriks dibagi berdasarkan ukuran panjang dan ukuran lebar. Misal $S_m (m = 1, \dots, n)$ menyatakan sub matriks pola pemotongan. Baris pada sub matriks merupakan pola pemotongan P_i dan Q_j . Pola pemotongan tahap pertama P_i untuk ukuran panjang dan pola pemotongan tahap kedua Q_j untuk ukuran lebar, sedangkan kolom pada sub matriks menyatakan l_i untuk ukuran panjang pesanan dan w_j untuk ukuran lebar pesanan. Sub matriks berdasarkan pola pemotongan yang terbentuk dapat dilihat pada S_1 dan S_2 .

Sub matriks S_1 terdiri dari 15 pola pemotongan dan sub matriks S_2 terdiri dari 25 pola pemotongan. Kolom ke-1 sampai ke-4 pada sub matriks S_1 menunjukkan ukuran pesanan dengan panjang $l_1 = 325$ mm, $l_2 = 230$ mm, $l_3 = 210$ mm, dan $l_4 = 90$ mm. Kolom ke-1 sampai ke-4 pada sub matriks S_2 menunjukkan ukuran pesanan dengan lebar $w_1 = 225$ mm, $w_2 = 160$ mm, $w_3 = 150$ mm, dan $w_4 = 60$ mm.

$$S_1 = \begin{bmatrix} 300 & 1 \\ 211 & 0 \\ 210 & 2 \\ 202 & 0 \\ 121 & 1 \\ 112 & 1 \\ 101 & 6 \\ 031 & 2 \\ 023 & 0 \\ 022 & 2 \\ 020 & 7 \\ 014 & 0 \\ 011 & 7 \\ 003 & 5 \\ 000 & 12 \end{bmatrix} \quad S_2 = \begin{bmatrix} 400 & 1 \\ 310 & 2 \\ 220 & 3 \\ 212 & 1 \\ 210 & 6 \\ 203 & 1 \\ 201 & 6 \\ 122 & 2 \\ 120 & 7 \\ 113 & 2 \\ 111 & 7 \\ 060 & 0 \\ 041 & 3 \\ 032 & 3 \\ 030 & 8 \\ 023 & 3 \\ 021 & 8 \\ 015 & 1 \\ 013 & 6 \\ 011 & 11 \\ 006 & 1 \\ 004 & 6 \\ 002 & 11 \\ 000 & 16 \end{bmatrix}$$

Reduksi pola dilakukan untuk mendapatkan pola pemotongan yang lebih sedikit dan optimal. Berdasarkan pembentukan pola pemotongan hasil PG pada CSP dua dimensi dihasilkan 15 pola pemotongan pada sub matriks S_1 dan 25 pola pemotongan pada sub matriks S_2 . Pola-pola tersebut selanjutnya direduksi menggunakan algoritma reduksi pola pemotongan. Penelitian ini menggunakan algoritma reduksi pola $3 \rightarrow 2$ dengan mengubah setiap 3 buah pola pemotongan menjadi 2 buah pola pemotongan. Reduksi pola tersebut dinotasikan dengan $3 \rightarrow 2$.

Beberapa variabel yang digunakan dalam reduksi pola sebagai berikut:

- L Panjang bahan baku 1.090 mm
- W Lebar bahan baku 970 mm
- l_j Ukuran panjang pesanan, dengan $j = 1,2,3,4$. Jadi, $l_1 = 325$ mm, $l_2 = 230$ mm, $l_3 = 210$ mm, dan $l_4 = 90$ mm.
- w_j Ukuran lebar pesanan, dengan $j = 1,2,3,4$. Jadi, $w_1 = 225$ mm, $w_2 = 160$ mm, $w_3 = 150$ mm, dan $w_4 = 60$ mm.
- S_m Sub matriks yang membagi pola pemotongan berdasarkan tahapan, dengan $m = 1,2$.
- P_i Pola pemotongan ke- i pada sub matriks S_1 , sedangkan P'_i adalah hasil reduksi pola sub matriks S_1 .
- Q_j Pola pemotongan ke- j pada sub matriks S_2 , sedangkan Q'_j adalah hasil reduksi pola sub matriks S_2 .
- a_{ij} Jumlah pola pemotongan dengan panjang l_i dan lebar w_j yang terpotong dari pola pemotongan P_i dan Q_j
- R_α Matriks reduksi pola pemotongan ke- α pada sub matriks S_1 .
- R'_α Jumlah entri matriks reduksi pola pemotongan ke- α pada sub matriks S_1 .
- T_β Matriks reduksi pola pemotongan ke- β pada sub matriks S_2 .
- T'_β Jumlah entri matriks reduksi pola pemotongan ke- β pada sub matriks S_2 .
- N_α Hasil reduksi pola pemotongan pada setiap pengambilan 3 pola pemotongan yang direduksi pada sub matriks S_1 .
- V_β Hasil reduksi pola pemotongan pada setiap pengambilan 3 pola pemotongan yang direduksi pada sub matriks S_2 .
- M Matriks array yang berisi urutan semua panjang potongan-potongan pola yang direduksi, urutan dimulai dari panjang l_i yang terkecil untuk sub matriks S_1 dan lebar w_i yang terkecil untuk sub matriks S_2 .
- M_a Matriks array yang berisi urutan potongan-potongan yang memiliki nilai a_{ij} genap pada matriks array M , urutan dimulai dari panjang l_i yang terkecil untuk sub matriks S_1 dan lebar w_i yang terkecil untuk sub matriks S_2 .
- M_b Matriks array yang berisi urutan potongan-potongan yang memiliki nilai a_{ij} ganjil atau hanya muncul sekali pada matriks array M , urutan dimulai dari panjang l_i yang terkecil untuk sub matriks S_1 dan lebar w_i yang terkecil untuk sub matriks S_2 .

Reduksi 15 buah pola pemotongan pada sub matriks S_1 menghasilkan beberapa reduksi sebagai berikut:

Reduksi Ke-1

- a. Mengambil 3 buah pola dari sub matriks S_1 yaitu P_1, P_2, P_3 yang kemudian direduksi menjadi 2 buah pola. Ketiga pola dapat dinyatakan dalam matriks reduksi R_1 .

$$R_1 = \begin{bmatrix} 3001 \\ 2110 \end{bmatrix} \rightarrow P_2$$

Entri-entri setiap baris matriks R_1 dilakukan penjumlahan, sehingga diperoleh matriks reduksi berikut:

$$R'_1 = [7 \ 2 \ 1 \ 3]$$

Hal ini berarti banyaknya ukuran pesanan dengan panjang $l_1 = 325$ mm sebanyak 7 buah potongan, $l_2 = 230$ mm sebanyak 2 buah potongan, $l_3 = 210$ mm sebanyak 1 buah potongan, dan $l_4 = 90$ mm sebanyak 3 buah potongan.

- b. Potongan-potongan dalam matriks R'_1 disusun ke dalam matriks array M yang dimulai berdasarkan ukuran terbesar. Entri-entri pada matriks array M sebagai berikut:

$$M = \begin{bmatrix} 325 & 325 & 325 & 325 & 325 & 325 & 325 & 325 \\ 230 & 230 & 210 & 90 & 90 & 90 \end{bmatrix}$$

- c. Matriks array M dibagi menjadi 2 buah matriks array yaitu M_a dan M_b . Setiap ukuran pesanan dengan panjang yang sama berjumlah genap atau memiliki pasangan, ukuran panjang tersebut disusun ke dalam matriks array M_a , sedangkan setiap ukuran panjang berjumlah ganjil atau muncul sekali ukuran panjang tersebut disusun ke dalam matriks array M_b . Entri pada matriks array M_a dan M_b sebagai berikut:

$$M_a = \begin{bmatrix} 325 & 325 & 325 & 325 & 325 & 325 & 230 & 230 & 90 & 90 \end{bmatrix}$$

$$M_b = [325 \ 210 \ 90]$$

- d. Memasangkan setiap potongan pada matriks array M_a dengan ukuran panjang yang sama. Akibatnya terbentuk 2 buah pola pemotongan baru yaitu:

$$M_a = \begin{bmatrix} 325 & 325 & 325 & 230 & 90 \\ 325 & 325 & 325 & 230 & 90 \end{bmatrix}$$

$$M_b = [325 \ 210 \ 90]$$

Matriks array M_a memuat entri yang menunjukkan 2 buah pola pemotongan yang sama, sehingga berdasarkan prinsip reduksi pola pemotongan dapat dijadikan satu buah pola yaitu:

$$M_a = [325 \ 325 \ 325 \ 230 \ 90]$$

$$M_b = [325 \ 210 \ 90]$$

Jumlah entri matriks array $M_a = 1295$ dan $L = 1090$, ini menunjukkan pola pemotongan $M_a > L$. Jumlah entri matriks array $M_b = 625$ yang artinya masih memiliki ruang kosong, sehingga pola dapat diperbaiki.

- e. Pola pemotongan pada matriks array M_a dan M_b akan diperbaiki, karena $M_a > L$ maka pola pemotongan matriks array M_b diperbaiki dengan mengambil potongan pola matriks array

M_a sampai memenuhi $M_a \leq L$. Pola pemotongan yang memungkinkan untuk memenuhi $M_a \leq 1090$ adalah pola pemotongan yang berukuran 230 mm sebanyak 1 buah. Pola pemotongan tersebut dipindahkan ke dalam matriks array M_b menjadi sebanyak 2 buah. Pola pemotongan matriks array M_a dan M_b setelah diperbaiki sebagai berikut:

$$M_a = [325 \ 325 \ 325 \ 90]$$

$$M_b = [325 \ 230 \ 230 \ 210 \ 90]$$

Setelah diperbaiki jumlah matriks array $M_a = 1065$ dan $M_b = 1085$ mengakibatkan $M_a, M_b \leq L$ maka pola pemotongan matriks array terpenuhi.

- f. Membentuk matriks hasil reduksi berdasarkan matriks array M_a dan M_b yaitu:

$$N_1 = \begin{bmatrix} 3001 \\ 1211 \end{bmatrix} \rightarrow P'_1$$

$$ \phantom{\begin{bmatrix} 3001 \\ 1211 \end{bmatrix}} \rightarrow P'_2$$

Matriks N_1 memuat pola-pola pemotongan hasil reduksi. Pola pemotongan hasil reduksi ke-1 adalah sebagai berikut:

$$P'_1 = [3 \ 0 \ 0 \ 1]$$

$$P'_2 = [1 \ 2 \ 1 \ 1]$$

Berdasarkan hasil reduksi ke-1 (P'_1) terdapat 3 buah potongan berukuran 325 mm dan 1 buah potongan berukuran 90 mm, sedangkan (P'_2) menghasilkan potongan masing-masing 1 buah untuk ukuran 325 mm, 210 mm, 90 mm serta 2 buah ukuran 230 mm.

Reduksi terus dilakukan hingga didapat pola seperti pada sub Matriks S_1 dan S_2 yang masing-masing dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

TABEL 4.
Hasil Reduksi Sub Matriks S_1

Reduksi Ke- α	Pola Pemotongan	Hasil Reduksi
1	P_1, P_2, P_3	P'_1, P'_2
2	P_4, P_5, P_6	P'_3, P'_4
3	P_7, P_8, P_9	-
4	P_{10}, P_{11}, P_{12}	P'_5, P'_6
5	P_{13}, P_{14}, P_{15}	P'_7, P'_8
6	P_{16}, P_{17}, P_{18}	P'_9, P'_{10}
Sisa Pola Pemotongan	P_7	P'_{11}

Reduksi pola pemotongan pada sub matriks S_2 menghasilkan 16 buah pola pemotongan dan 1 buah pola pemotongan yang tidak tereduksi yaitu pola pemotongan Q_{25} . Hasil reduksi pola pemotongan sub matriks S_2 dapat dilihat pada Tabel 5

TABEL 5.
Hasil Reduksi Sub Matriks S_2

Reduksi Ke- β	Pola Pemotongan	Hasil Reduksi
1	Q_1, Q_2, Q_3	Q_1^*, Q_2^*
2	Q_4, Q_5, Q_6	Q_5^*, Q_4^*
3	Q_7, Q_8, Q_9	Q_5^*, Q_6^*
4	Q_{10}, Q_{11}, Q_{12}	Q_7^*, Q_8^*
5	Q_{13}, Q_{14}, Q_{15}	Q_9^*, Q_{10}^*
6	Q_{16}, Q_{17}, Q_{18}	Q_{11}^*, Q_{12}^*
7	Q_{19}, Q_{20}, Q_{21}	Q_{13}^*, Q_{14}^*
8	Q_{22}, Q_{23}, Q_{24}	Q_{15}^*, Q_{16}^*
Sisa Pola Pemotongan	Q_{25}	Q_{17}^*

Berdasarkan reduksi pola pemotongan pada sub matriks S_1 dan S_2 dihasilkan pola pemotongan lebih sedikit. Sub matriks S_1 menghasilkan 11 buah pola pemotongan dari 15 buah pola yang direduksi dan sub matriks S_2 menghasilkan 16 buah pola pemotongan dari 25 buah pola yang direduksi. Tabel pola pemotongan hasil reduksi dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

TABEL 6
Perbaikan Pola-Pola Pemotongan Hasil Reduksi Sub Matriks S_1

Pola Ke- i	325 mm	230 mm	210 mm	90 mm
1	3	0	0	1
2	2	1	1	0
3	1	2	1	1
4	1	0	1	6
5	0	3	1	2
6	0	2	0	7
7	0	1	4	0
8	0	1	3	2
9	0	0	5	0
10	0	0	0	12

TABEL 7.
Perbaikan Pola-Pola Pemotongan Hasil Reduksi Sub Matriks S_2

Pola Ke- j	225 mm	160 mm	150 mm	60 mm
1	3	1	0	2
2	2	1	2	1
3	2	0	1	6
4	1	2	2	2
5	0	6	0	0
6	0	4	1	3
7	0	4	0	5
8	0	3	0	8
9	0	1	4	3
10	0	1	3	6
11	0	0	4	6
12	0	0	0	16

Teknik pemotongan yang dilakukan ialah *guillotine oriented* (pemotongan yang dilakukan dari ujung ke ujung dan bentuk

disejajarkan paralel sesuai bahan baku utama). Semua pola di tahap pertama akan dikombinasikan terhadap pola di tahap kedua dan dipilih pola yang bersesuaian. Kombinasi pola yang bersesuaian dapat dilihat pada Tabel 8.

TABEL 8.
Kombinasi Pola Tahap Pertama Terhadap Pola Tahap Kedua

Tahap Pertama (Ukuran Panjang)	Tahap Kedua (Ukuran Lebar)
	Pola Ke- j yang Bersesuaian
325 mm	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
230 mm	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
210 mm	11, 12
90 mm	12

Hasil perhitungan *trim loss* dan pola-pola pemotongan setelah dikombinasi selanjutnya disajikan pada Tabel 9.

TABEL 9.
Pola-pola pemotongan setelah dikombinasi

Pola Ke- k	Jumlah Potongan				Trim Loss(mm ²)
	325x225	230x160	210x150	90x60	
1	7	2	3	25	242.325
2	5	8	6	9	159.675
3	3	11	5	27	129.825
4	1	2	6	104	159.975
5	0	14	5	46	136.200
6	0	4	3	126	135.200
7	0	6	16	24	202.900
8	0	6	12	50	188.500
9	0	0	20	30	265.300
10	0	0	0	192	20.500

Berdasarkan Tabel 9 ada 10 pola pemotongan yang dapat dibentuk model CSP seperti pada Model (4).

Minimumkan

$$Z = 242.325x_1 + 159.675x_2 + 129.825x_3 + 159.975x_4 + 136.200x_5 + 135.200x_6 + 202.900x_7 + 188.500x_8 + 265.300x_9 + 20.500x_{10}$$

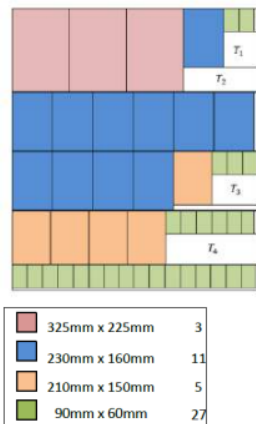
dengan kendala:

$$(4) \begin{aligned} &7x_1 + 5x_2 + 3x_3 + x_4 \geq 1 \\ &2x_1 + 8x_2 + 11x_3 + 2x_4 + 14x_5 + 4x_6 + 6x_7 + 6x_8 \geq 1 \\ &3x_1 + 6x_2 + 5x_3 + 6x_4 + 5x_5 + 3x_6 + 16x_7 + 12x_8 + 20x_9 \geq 1 \\ &25x_1 + 9x_2 + 27x_3 + 104x_4 + 46x_5 + 126x_6 + 24x_7 + 50x_8 + 30x_9 + 192x_{10} \geq 1 \\ &7x_1 + 5x_2 + 3x_3 + x_4 \leq 300 \\ &2x_1 + 8x_2 + 11x_3 + 2x_4 + 14x_5 + 4x_6 + 6x_7 + 6x_8 \leq 500 \\ &3x_1 + 6x_2 + 5x_3 + 6x_4 + 5x_5 + 3x_6 + 16x_7 + 12x_8 + 20x_9 \leq 3000 \\ &25x_1 + 9x_2 + 27x_3 + 104x_4 + 46x_5 + 126x_6 + 24x_7 + 50x_8 + 30x_9 + \end{aligned}$$

$$192x_{10} \leq 1000$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10} \geq 0$$

Hasil perhitungan Model (4) menunjukkan nilai $Z = 129.825$, variabel keputusan $x_1, x_2, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10} = 0$ dan $x_3 = 1$. Artinya pola yang terpilih adalah pola pemotongan ke-3. Gambar 3 merupakan pola pemotongan optimal.



Gambar 3. Pola Pemotongan Optimal

Berdasarkan Gambar 3, terdapat bagian berwarna putih yang menyatakan *trim loss*. *Trim loss* T_1 sampai T_4 masih dapat dipakai untuk menambah potongan berukuran 90 mm x 60 mm. Potongan-potongan tambahan tersebut dihitung dengan menggunakan Persamaan (5) dan (6) yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 10.

$$\text{Panjang} = \left\lfloor \frac{\text{panjang sebelum} - \text{panjang sekarang}}{90} \right\rfloor \quad (5)$$

$$\text{Lebar} = \left\lfloor \frac{W - \sum \text{lebar sebelum}}{60} \right\rfloor \quad (6)$$

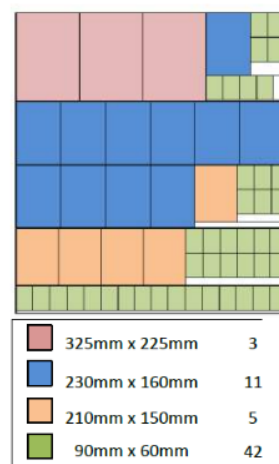
Trim loss T_1 sampai T_4 untuk panjang sebelum, lebar sebelum dan panjang sekarang dapat dilihat pada Gambar 4. Panjang sebelum dan lebar sebelum dapat dilihat pada sisi kiri bagian berwarna putih dan panjang sekarang dapat dilihat pada bagian atas berwarna putih. Sisi kiri T_1 berwarna biru, T_2 berwarna merah muda, T_3 dan T_4 berwarna orange. Bagian atas $T_1, T_2, T_3,$ dan T_4 berwarna hijau.

TABEL 10.
Perhitungan *Trim Loss* yang Bisa Digunakan

T	Panjang	Lebar
T_1	$\left\lfloor \frac{230 - 90}{90} \right\rfloor = 1$	$\left\lfloor \frac{970 - ((3 \times 225) + (1 \times 160))}{60} \right\rfloor = 2$

T_2	$\left\lfloor \frac{325 - 230}{90} \right\rfloor = 1$	$\left\lfloor \frac{970 - (3 \times 225)}{60} \right\rfloor = 4$
T_3	$\left\lfloor \frac{210 - 90}{90} \right\rfloor = 1$	$\left\lfloor \frac{970 - ((4 \times 160) + (1 \times 150))}{60} \right\rfloor = 3$
T_4	$\left\lfloor \frac{210 - 90}{90} \right\rfloor = 1$	$\left\lfloor \frac{970 - (4 \times 150)}{60} \right\rfloor = 6$

Tabel 10 menyatakan bahwa T_1 dapat memuat ukuran 90mm x 60mm sebanyak 2 buah, T_2 sebanyak 4 buah, T_3 sebanyak 3 buah, dan T_4 sebanyak 6 buah. Banyaknya ukuran tersebut disebut dengan istilah produk surplus. Pola pemotongan setelah ditambah produk surplus dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pola Pemotongan Setelah Ditambah Produk Surplus

Gambar 4. merupakan pola pemotongan setelah ditambah produk surplus sehingga terdapat sebanyak 15 potong kertas berukuran 90 mm x 60 mm. *Trim loss* yang baru diperoleh seluas 48.825 mm². Hal ini menunjukkan bahwa pola pemotongan setelah ditambah produk surplus menghasilkan 3 buah undangan, 11 buah cover Yasin, 5 buah brosur, dan 42 buah kartu nama.

V. KESIMPULAN

Reduksi pola yang dilakukan dapat mengurangi jumlah pola hasil *Pattern Generation* yang banyak sehingga pencarian solusi optimal lebih mudah dan dapat diperoleh *trim loss* minimal.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Universitas Sriwijaya yang telah mendanai penelitian ini melalui “Penelitian Unggulan Kompetitif” Tahun 2017.

Daftar Pustaka

- [1] C. Aldridge, *et.al.*, “ Pattern reduction in paper cutting”, *Report of the 29th European Study Group with Industry*, University of Oxford, 1996.
- [2] Aminudin, *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Erlangga, 2005.
- [3] P.B.J. Bangun, S. Octarina, dan R. Apriani, “Penyelesaian algoritma *pattern generation* dengan model *arc-flow* pada *cutting stock problem* (CSP) satu dimensi”, *Proceeding Annual Research Seminar* Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya, 2016.
- [4] D.S Chen, R.G Batson, and Y. Dang, *Applied Integer Programming Modeling and Solution*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.
- [5] R. Gower, *et.al.*, “ Pattern reduction in the paper cutting problem”, *The Ninth ECMI Modelling Week*. Penn State A Publication Research, 1996.
- [6] J. Karehlati, “Solving the cutting stock problem in the steel industry”, *Master’s Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for degree of Master of Science in Technology*, Helsinki University of Technology, 2002.
- [7] S. Octarina, P.B.J. Bangun, and S. Hutapea, “The application to find cutting pattern in two dimensional cutting stock problem”, *Accepted and to be published in Journal of Informatics and Mathematical Science*, 2016.
- [8] S. Octarina, P.B.J. Bangun, dan M. Avifana, “Reduksi pola pemotongan kertas pada *cutting stock problem* (CSP) satu dimensi”, *Proceeding Annual Research Seminar* Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya, 2016.
- [9] S.M.A. Suliman, “Pattern generating procedure for the cutting stock problem”, *International Journal of Production Economics*, 74 : 293-301, 2001.
- [10] H.A. Taha, *Operations Research*, Eight Edition: Pearson Prentice Hall, 2007.
- [11] G. Wascher, H. Haumer, and H. Schumann, “An improved typology of cutting and packing problems”, *European Journal of Operational Research*. 183, 1109-1130, 2007.

Sertifikat

No. 1378/UN.9.1.6/Kp.3.j/2017

Diberikan kepada : **SISCA OCTARINA**

Atas partisipasinya sebagai : **PEMAKALAH**

pada Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika 2017 "*Jenamena Nau-*
linien dan Pembelajaran Pemodelan Matematika" dengan judul makalah :

*Implementasi Branch and Cut dalam Penyelesaian
Model Gilmore and Gomory Hasil Pattern Generation*

Mengetahui:
Dekan FKIP Unsri,



Prof. Sofendi, M.A., Ph.D.
NIP 196009071987031002

Palembang, 21 Agustus 2017
Ketua Pelaksana,



Dr. Darmawijoyo, M.Si.
NIP 196508281991011003



Reduksi Pola Pemotongan Hasil Pattern Generation pada Cutting Stock Problem

ORIGINALITY REPORT

3%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1 Iwan Sandi Pangarso. "Penerapan Hukum Terhadap Tindakan Building Pad Headphone ditinjau dari Kekayaan Intelektual", Jurnal Justiciabelen, 2020 124 words — 3%

[Crossref](#)

2 Sisca Octarina, Mutia Radiana, Putra B J Bangun. "Implementation of pattern generation algorithm in forming Gilmore and Gomory model for two dimensional cutting stock problem", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018 27 words — 1%

[Crossref](#)

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE SOURCES < 1%

EXCLUDE MATCHES < 10 WORDS