

**FORMULASI MODEL *ARC FLOW*
PADA *CAPACITATED MULTI PERIOD CUTTING STOCK PROBLEM*
DENGAN BIAYA PENENTUAN POLA
UNTUK MEMINIMUMKAN *TRIM LOSS* PEMOTONGAN KERTAS**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Matematika**



Oleh:

**DELIA SEPTIMIRANTI
NIM. 08011381621052**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
DESEMBER 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**FORMULASI MODEL *ARC FLOW*
PADA *CAPACITATED MULTI PERIOD CUTTING STOCK PROBLEM*
DENGAN BIAYA PENENTUAN POLA
UNTUK MEMINIMUMKAN *TRIM LOSS* PEMOTONGAN KERTAS**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Matematika**

Oleh

**DELIA SEPTIMIRANTI
NIM 08011381621052**

**Inderalaya, 16 Desember 2019
Pembimbing Utama**

Pembimbing Pembantu

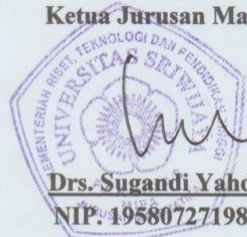


**Evi Yuliza, M. Si
NIP. 19780727200812012**



**Sisca Octarina, S.Si, M.Sc
NIP. 198409032006042001**

**Mengetahui
Ketua Jurusan Matematika**



**Drs. Sugandi Yahdin, M.M
NIP. 195807271986031003**

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, skripsi yang berjudul “**Formulasi Model Arc Flow pada Capacitated Multi Period Cutting Stock Problem dengan Biaya Penentuan Pola Untuk Meminimumkan Trim Loss Pemotongan Kertas**” dapat penulis selesaikan dengan baik.

Skripsi ini sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Penulis menyadari bahwa pembuatan skripsi ini bukanlah akhir dari proses belajar, melainkan langkah untuk proses belajar selanjutnya.

Terselesainya skripsi ini juga tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga sekaligus penghargaan kepada :

1. Kedua orang tuaku, Bapak **Mulyadi Astrindo** dan Ibu **Hema Malini** untuk seluruh kasih sayang, perhatian, dukungan dan doa yang selalu diberikan selama ini.
2. Saudaraku **Riza Hemaldi** atas kasih sayang, dan dukungan selama ini.
3. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M** selaku Ketua Jurusan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

4. Ibu **Sisca Octarina, M.Sc** selaku Dosen Pembimbing Utama yang bersedia memberikan nasehat, bimbingan, saran, serta meluangkan waktu di tengah kesibukannya pengerjaan skripsi ini.
5. Ibu **Evi Yuliza, M.Si** selaku Dosen Pembimbing Pembantu yang telah bersedia memberikan nasehat, motivasi, saran serta meluangkan waktu kepada penulis untuk membantu menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu **Anita Desiani, M.Kom** selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah sangat baik membimbing dan mengarahkan urusan akademik kepada penulis di setiap semester selama belajar di Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya.
7. Bapak **Drs. Putra B.J Bangun, M.Si**, Bapak **Dr. Bambang Suprihatin, M.Si**, dan Ibu **Indrawati, M.Si**. sebagai Dosen Penguji Utama skripsi yang telah memberikan tanggapan dan saran yang bermanfaat dalam pengerjaan skripsi ini.
8. **Seluruh Dosen** di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya, dan **Seluruh Pendidik** yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama menempuh pendidikan.
9. Teman-teman di bangku perkuliahan, **Putri Indirani, Rachmawati, Nana, Nurul, Tiak, Neysa, Afrina, Rina, Kesuma, Mita, Ogi Dwi Saputra, Ilham Maulana, Widya Dwi Wulandari, Riska Wulandari**, dan **Seluruh teman-teman angkatan 2016**. Terima kasih untuk semuanya, untuk bantuannya, semangat dan kebersamaan selama kuliah.

10. Sahabat karib yang selalu menemaniku ketika mengalami kesulitan dan membantu ku, **Desta Wahyuni, Dinda Mawar Savitri, Ranti Sawitri, Siti Naura, Giskha, Annisa, Shania Putri Andhini.**
11. Kakak-kakak tingkat Angkatan **2014** dan **2015** serta adik-adik tingkat Angkatan **2017** dan **2018**.
12. Seseorang yang spesial **Muhammad Ali Yusuf** yang selalu memberikan dukungan, semangat, nasehat, serta doa.
13. **Ibu Hamidah** dan **Pak Iwan** di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang tidak dapat ditulis satu persatu, terima kasih atas bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga segala kebaikan yang diberikan mendapatkan balasan dari Tuhan Yang Maha Esa.

Semoga skripsi ini dapat menambah pengetahuan dan bermanfaat bagi mahasiswa/mahasiswi Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya dan semua pihak yang memerlukan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Indralaya, Desember 2019

Penulis

**ARC FLOW MODEL FORMULATION
CAPACITATED MULTI PERIOD CUTTING STOCK PROBLEM
WITH PATTERN SET UP COST
TO MINIMIZE TRIM LOSS IN CUTTING OF PAPER**

By:

**Delia Septimiranti
08011381621052**

ABSTRACT

Two-dimensional Cutting Stock Problem (CSP) is a problem in cutting raw materials where the trim loss is on two sides, namely the width and length sides. This research formulates the Arc Flow model in capacitated multi period with set up cost to minimize trim loss in cutting of paper. The cutting pattern is obtained by the Pattern Generation (PG) algorithm which is then solved by the Gilmore and Gomory model. Furthermore, it is formulated to a linear Arc Flow model where the constraints indicate the number of requests per item. The solution of model was completed using LINGO.13 application. The optimal solution of the Arc Flow was found that quantity requests for items of type 2 and 3 were fulfilled. The maximum amount of inventory contained in items of type 2 for period 2 is 132517 sheets. Excess inventory will become a surplus. Based on the arc flow model solution it turns out that no trim loss is produced or in other words trim loss is equal to zero.

Keyword : Cutting Stock Problem, Pattern Generation, Arc Flow.

Pembimbing Pembantu




Evi Yuliza, M. Si
NIP. 19780727200812012

Pembimbing Utama



Sisca Octarina, S.Si, M.Sc
NIP. 198409032006042001

Mengetahui
Ketua Jurusan Matematika



Drs. Sugandi Yahdin, M.M
NIP. 195807271986031003

**FORMULASI MODEL ARC FLOW
PADA CAPACITATED MULTI PERIOD CUTTING STOCK PROBLEM
DENGAN BIAYA PENENTUAN POLA
UNTUK MEMINIMUMKAN TRIM LOSS PEMOTONGAN KERTAS**

Oleh:

**Delia Septimiranti
08011381621052**

ABSTRAK

Cutting Stock Problem (CSP) dua dimensi adalah permasalahan dalam pemotongan bahan baku dimana *trim loss* yang dihasilkan ada di dua sisi yaitu sisi lebar dan sisi panjang. Penelitian ini memformulasikan model *Arc Flow* pada *capacitated multi period* dengan biaya penentuan pola untuk meminimumkan *trim loss* pemotongan kertas. Pola pemotongan diperoleh dengan algoritma *Pattern Generation* (PG) yang selanjutnya diselesaikan dengan model Gilmore and Gomory. Selanjutnya diformulasikan ke model *Arc Flow* linier dimana kendalanya menunjukkan banyaknya permintaan tiap *item*. Model tersebut diselesaikan menggunakan bantuan aplikasi LINGO 13. Solusi optimal dari model *Arc Flow* diperoleh bahwa permintaan untuk *item* jenis ke 2 dan 3 terpenuhi. Jumlah persediaan maksimum terdapat pada *item* jenis ke 2 periode 2 sebanyak 132517 lembar. Kelebihan pada persediaan akan menjadi surplus. Berdasarkan solusi model *Arc Flow* ternyata tidak ada *Trim Loss* yang dihasilkan atau kata lain *Trim Loss* sama dengan nol.

Kata Kunci : *Cutting Stock Problem, Pattern Generation, Arc Flow.*

Pembimbing Pembantu



Evi Yuliza, M. Si
NIP. 19780727200812012

Pembimbing Utama



Sisca Octarina, S.Si, M.Sc
NIP. 198409032006042001

Mengetahui
Ketua Jurusan Matematika



Drs. Sugandi Yahdin, M.M
NIP. 195807271986031003

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Pembatasan Masalah	3
1.4. Tujuan.....	4
1.5. Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. <i>Cutting Stock Problem</i> (CSP).....	5
2.2. Algoritma <i>Pattern Generation</i> (PG).....	6
2.3. Model Gilmore and Gomory	11
2.4. Model <i>Arc Flow</i>	12

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat	15
3.2. Waktu	15
3.3. Metode Penelitian	15

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendeskripsian Data	17
4.2. Pengolahan Data	17
4.3. Pembentukan Model Gilmore and Gomory	31
4.4. Pembentukan Model <i>Arc Flow</i>	36
4.5. Analisis Hasil Akhir	40

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	41

DAFTAR PUSTAKA	42
-----------------------------	-----------

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Ukuran <i>Item</i> dan Jumlah Permintaan	17
Tabel 4.2. Pola-Pola Pemotongan Berdasarkan Ukuran Lebar.....	23
Tabel 4.3. Pola-Pola Pemotongan Berdasarkan Ukuran Panjang	30
Tabel 4.4. Solusi dan Penjelasan Model <i>Arc Flow</i>	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Pendekatan pada Pohon Pencarian.....	9
Gambar 4.1.a. Pohon Pencarian Pola Pemotongan Berdasarkan Lebar.....	22
Gambar 4.1.b. Lanjutan 1 Pohon Pencarian Pola Pemotongan Berdasarkan Lebar	22
Gambar 4.1.c. Lanjutan 2 Pohon Pencarian Pola Pemotongan Berdasarkan Lebar	23
Gambar 4.1.d. Pohon Pencarian Pola Pemotongan Berdasarkan Panjang.....	28
Gambar 4.1.e. Lanjutan 1 Pohon Pencarian Pola Pemotongan Berdasarkan Panjang	28
Gambar 4.1.f. Lanjutan 2 Pohon Pencarian Pola Pemotongan Berdasarkan Panjang.....	29
Gambar 4.1.g. Lanjutan 3 Pohon Pencarian Pola Pemotongan Berdasarkan Panjang	29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri yang ada di Indonesia mengalami persaingan yang ketat untuk memperoleh keuntungan dengan cara melakukan perencanaan pada bahan baku yang digunakan. Bahan baku yang digunakan pada perindustrian percetakan dapat berupa kertas dengan beragam ukuran. Bahan baku yang tersedia biasanya tidak memenuhi permintaan karena mempunyai ukuran standar yang besar sehingga harus dipotong sesuai permintaan. Penentuan cara pemotongan bahan baku pada bidang Optimasi lebih dikenal sebagai *Cutting Stock Problem* (CSP). CSP dibedakan menjadi tiga bagian berdasarkan jumlah dimensinya 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 pada proses pemotongan.

Mobasher *and* Ekici (2013) menggunakan algoritma heuristik untuk menyelesaikan CSP. Ketika jumlah *item* permintaan meningkat, kemungkinan jumlah pola dan variabel keputusan meningkat secara eksponensial. Pendekatan heuristik ini sering menghasilkan solusi *integer*. Octarina *et.al.* (2017) menyatakan bahwa CSP dua dimensi adalah masalah untuk menemukan pola yang memenuhi permintaan dengan panjang yang berbeda dan memotong dari dua sisi yaitu, lebar dan panjang. CSP dua dimensi bertujuan untuk meminimalkan sisa pemotongan yang disebut *trim loss*.

Octarina *et.al.* (2018) merancang algoritma pembuatan pola dengan memformulasikan model Gilmore dan Gomory. Kendala pada model Gilmore dan Gomory dilakukan untuk

memastikan strip yang dipotong pada tahap pertama digunakan pada tahap kedua. Metode *Branch and Cut* digunakan untuk mendapatkan solusi optimal. Banyak kombinasi pola jika pola pemotongan optimal yang sesuai dengan tahap pertama dikombinasikan dengan tahap kedua. Octarina *et.al.* (2019) memformulasikan model CSP dua dimensi untuk ukuran *stock* yang berbeda. Tahap pertama menghasilkan pola berdasarkan lebar, diikuti oleh pola yang dihasilkan berdasarkan panjang pada tahap berikutnya.

Bangun *et.al.* (2019) meneliti semua pola pemotongan yang mungkin dihasilkan oleh algoritma *Pattern Generation* (PG) dimana bahan dipotong berdasarkan lebar dan panjang pada tahap sisanya. Penelitian ini membahas bagaimana penentuan pola dengan algoritma PG dan formulasi model *Arc Flow* pada *Capacitated Multi Period* CSP dengan biaya penentuan pola untuk meminimumkan *trim loss* pemotongan kertas. Carvalho (1999) memformulasikan model *Arc Flow* dengan sejumlah kendala untuk bahan baku yang rusak dan serangkaian kendala yang menyatakan bahwa jumlah *item* harus dimasukkan. Model ini diperkuat dengan memperbaiki beberapa variabel pada level awal, untuk mengurangi simetri ruang solusi.

Capacitated Multi Period CSP dengan biaya penentuan pola dibahas dalam penelitian ini. Penentuan pola di setiap periode selama masa perencanaan bertujuan untuk meminimalkan total biaya, termasuk pengaturan pola, penyimpanan inventaris, dan biaya bahan yang digunakan. Pola – pola selanjutnya dibentuk dengan algoritma PG dan diformulasikan ke model Gilmore dan Gomory dan model *Arc Flow*. Kelebihan dari model *Arc Flow* memiliki seperangkat konservasi kendala *Flow* dan satu kumpulan kendala permintaan untuk memastikan bahwa permintaan dari setiap *item* terpenuhi. Penelitian ini menggunakan data Ma *et.al.* (2019), dimana data yang diperlukan berupa data ukuran bahan baku dan ukuran *item* untuk pemotongan bentuk

regular. Data sekunder yang diambil dari penelitian Ma *et.al.* (2019) dan tidak memperhatikan waktu pemotongan, tetapi memperhatikan biaya pemotongan.

1.2. Perumusan Masalah

Masalah yang diteliti adalah :

1. Bagaimana membentuk pola pemotongan dengan algoritma *Pattern Generation* pada *Capacitated Multi Period CSP* ?
2. Bagaimana memformulasikan model *Arc Flow* berdasarkan pola pemotongan yang telah diperoleh dengan menambahkan biaya penentuan pola ?

1.3. Pembatasan Masalah

Permasalahan penelitian ini tidak memperhitungkan waktu pemotongan.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang diperoleh dalam penelitian ini adalah

1. Membentuk pola pemotongan dengan algoritma *Pattern Generation* pada *Capacitated Multi Period CSP*.
2. Memformulasikan model *Arc Flow* berdasarkan pola pemotongan yang diperoleh dengan menambahkan biaya penentuan pola.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah:

1. Memperoleh pola pemotongan layak menggunakan algoritma *Pattern Generation*.

2. Mengenalkan alternatif model lain untuk penyelesaian CSP dua dimensi.
3. Sebagai pengembangan ilmu Optimasi dalam menyelesaikan CSP.

DAFTAR PUSTAKA

- Bangun, P. B. J., Octarina, S., and Pertama, A.P. 2019. Implementation of Branch and Cut Method on N-Sheet Model in Solving Two Dimensional Cutting Stock Problem. *IOP Conference Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1282.012012.
- Carvalho, J. M. V. 1999. Exact Solution of Bin-Packing Problems Using Column Generation and Branch-and-Bound. *Annals of Operations Research* 86.629-659.
- Ma, N., Liu, Y., and Zhou, Z. 2019. Two Heuristics for the Capacitated Multi-Period Cutting Stock Problem with Pattern Setup Cost. *Computer and Operations Research* 109.218-229.
- Macedo, R., Alves, C., dan Carvalho, J. M. V. de. 2010. Arc-Flow Model for the Two-Dimensional Guillotine Cutting Stock Problem. *Computer and Operations Research* 37.991-1001.
- Mobasher, A., and Ekici, A. 2013. Solution Approaches for the Cutting Stock Problem with Setup Cost. *Computer and Operations Research* 40.225-235.
- Octarina, S., Ananda, V., and Yuliza, E. 2019. Gilmore and Gomory Model on Two Dimensional Multiple Stock Size Cutting Stock Problem. *IOP Conference Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1282.012015.
- Octarina, S., Bangun, P. B. J., and Hutapea, S. 2017. The Application to Find Cutting Patterns in Two Dimensional Cutting Stock Problem. *Journal of Informatics and Mathematical Sciences* 9(4).
- Octarina, S., Radiana, M., and Bangun, P. B. J. 2018. Implementation of Pattern Generation Algorithm in Forming Gilmore and Gomory Model for Two Dimensional Cutting Stock Problem. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 300(1).
- Octarina, S., Setiadi, D., and Bangun, P. B. J. 2015. Optimasi Trim Loss pada Cutting Stock Problem Menggunakan Column Generation Technique dan Algoritma Balas yang Dimodifikasi. *Proceeding Annual Research Seminar*. Fakultas Ilmu Komputer. Universitas Sriwijaya.
- Suliman, S. M. A. 2001. Pattern Generating Procedure for the Cutting Stock Problem. *International Journal. Production Economics* 74.293-301