

FAKULTAS ILMU KOMPUTER | UNIVERSITAS SRIWIJAYA

ISBN: 979-587-573-6



PROCEEDING

 **ARS 2015**

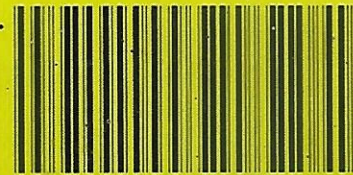
**ANNUAL RESEARCH SEMINAR
COMPUTER SCIENCE AND ICT
FAKULTAS ILMU KOMPUTER | UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

Palembang, 02 December 2015



FAKULTAS ILMU KOMPUTER | UNIVERSITAS SRIWIJAYA

ISBN: 979-587-573-6



9 795875736

PROCEEDING

ARS 2015

ANNUAL RESEARCH SEMINAR
COMPUTER SCIENCE AND ICT
FAKULTAS ILMU KOMPUTER | UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Palembang, 02 December 2015.



PROSIDING

ANNUAL RESEARCH SEMINAR 2015
COMPUTER SCIENCE & ICT

Isi/materi seluruh naskah proseding di luar tanggung jawab Penerbit

PROSEDING	Vol. 1	No. 1	pp. 1 - 170	Palembang, Indonesia	ISBN: 979-587-573-6
-----------	--------	-------	-------------	-------------------------	---------------------

PROSIDING SEMINAR

ANNUAL RESEARCH SEMINAR (ARS) 2015

Dalam rangka Dies Natalis ke-9 Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Copyright @2015

ISBN: 979-587-573-6



Penyuting:

Assoc. Prof. Samsuryadi, Ph.D.
Dr. Deris Stiawan
Ahmad Heryanto

Diterbitkan Oleh:

Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Fakultas Ilmu Komputer
Bekerjasama UPT. Penerbit dan Percetakan Unsri

Alamat Penerbit:

Gedung C Fakultas Ilmu Komputer
Kampus Universitas Sriwijaya Indralaya
Telepon (0711) 7072729, 379249, 581700
Faksimile (0711) 379248, 581710
E-mail: seminar@ilkom.unsri.ac.id
Web: <http://ilkom.unsri.ac.id>

KATA SAMBUTAN KETUA PANITIA ANNUAL RESEARCH SEMINAR (ARS) 2015

Assalamualaikum Warahmatullah Hiwabarakatuh.

Segala puji dan syukur kita ucapkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga kita dapat berkumpul dalam acara *Annual Research Seminar (ARS)* Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya pada tahun 2015.

ARS merupakan salah satu kegiatan tahunan yang akan dilaksanakan oleh Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya. Kami menerima naskah ilmiah/*short paper*/poster yang memiliki topik inter-disiplin di bidang Sistem Komputer, Teknik Informatika, Sistem Informasi, Teknik Elektro, Matematika dan Disiplin ilmu lainnya yang terkait dengan komputasi dan ICT. Topik dapat berupa: *Artificial Intelligence* (Kecerdasan Buatan), *Software Engineering* (Rekayasa Perangkat Lunak), *Machine Learning* (Pembelajaran Mesin), *Information System* (Sistem Informasi), *Computer Based Learning* (Pembelajaran Berbasis Komputer), *Computer Networking & Data Comm* (Jarkom & Komunikasi Data), dan lain-lain.

Seminar ini juga dapat digunakan mahasiswa pasca sarjana/*undergraduate* pada minat bidang ilmu di atas untuk mempresentasikan hasil sementara atau *progress* yang dicapai. Pada ARS 2015, selain pembicara utama Assoc. Prof. Dr. Brian M. Kurkoski dan Assoc. Prof. Dr. Saparudin terdapat 40 makalah yang akan diseminarkan pada ARS. Pemakalah berasal dari berbagai perguruan tinggi negeri dan swasta di Indonesia.

Pada kesempatan ini, saya mengucapkan terimakasih kepada seluruh anggota komite program, pembicara utama, para pemakalah dan seluruh civitas akademika Universitas Sriwijaya yang telah membantu menyelesaikan kegiatan seminar ini. Kami menyadari bahwa masih terdapat kekurangan-kekurangan dalam penyelenggaraana seminar. Oleh karena itu, atas nama panitia kami mohon maaf apabila terdapat hal-hal yang kurang berkenan.

Demikianlah sambutan ini, semoga seminar ini bermanfaat bagi kita semua dan Allah SWT memberikan rahmat, hidayah dan ilmu pengetahuan kepada kita semua. Aamiin

Ketua Panitia Pelaksana ARS 2015

Samsuryadi, Ph.D

**PROSIDING
ANNUAL RESEARCH SEMINAR 2015
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

PENANGGUNG JAWAB

Assoc. Prof. Dr. Darmawijoyo, M.Si., M.Sc. (Dekan Fasilkom)
Prof. Dr. Siti Nurmaini, M.T. (WD I)
Jaidan Jauhari, M.T. (WD II)
Mgs. Afriyan Firdaus, M.IT. (WD III)

PANITIA PELAKSANA

Ketua Panitia : Assoc. Samsuryadi, Ph.D
Sekretaris : Dedi Supriadi, M.Si.
Bendahara : Nurhefi, M.Si.

Program Komite:

1. Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini (UNSRI)
2. Assoc. Prof. Dr. Darmawijoyo (UNSRI)
3. Assoc. Prof. Saparudin. Ph.D. (UNSRI)
4. Assoc. Prof. Samsuryadi. Ph.D. (UNSRI)
5. Deris Stiawan. Ph.D. (UNSRI)
6. Hadipurnawan Satria. Ph.D. (UNSRI)
7. Dr. Reza Firsandaya Malik (UNSRI)
8. Dr. Ermatita (UNSRI)
9. Yudha Pratomo. Ph.D. (UNSRI)
10. Assoc. Prof. Brian Kurkoski (JAIST)

Bidang Kesekretariatan

1. Rifkie Primartha, M.T.
2. Osvari Arsalan, M.T.
3. Tri wanda Septian, S.Kom.
4. Riza, S.Si.
5. Feni Selfiana, A.Md.
6. Ahmad Heryanto

Bidang Program/Acara

1. Dr. Deris Stiawan, M.T.
2. Dr. Reza Firsandaya Malik, M.T.
3. Dr. Ermatita, M.Kom.
4. Julian Supardi, M.T.
5. Pacu Putra, B.Sc., M.Sc. Comp.
6. Tarno, M.M.

Bidang Perlengkapan, Tempat, dan Kebersihan

1. Elyasa, S.E.
2. Zilitonga
3. Tomi Adi Chandra
4. Aris

Bidang Transportasi

1. Sidik
2. Fuad

Bidang Konsumsi

1. Erni
2. Devita Syuruani
3. Wiwin, S.Kom.
4. Fitriani, A.Md.
5. Reni Virgasari, S.

Seksi Video, Desain Grafis dan Dokumentasi

1. Rahmat Izwan Heroza, M.T.
2. M. Nizar, A.Md
3. Wisnu Adi Putra, S.Kom.
4. Adi Hermansyah, S.Kom.
5. Reza Pahlevi, S.Kom.

Keynote Speaker

1. Assoc. Prof. Brian Kurkoski
2. Assoc. Prof. Saparudin, M.T.

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN KETUA PANITIA.....	iii
PANITIA PELAKSANA	iv
DAFTAR ISI.....	v

JUDUL PAPER	OLEH	HALAMAN
TOPIK: SOFTWARE ENGINEERING		1
Challenges And Potential Research In Fingerprint Image Recognition	Saparudin	3
Perancangan Aplikasi Fuzzy Multi Criteria Decision Making (Fmcdm) Untuk Menentukan Nilai Ketidakpastian Sistem Pakar	Ahmad Rifai, Rusdi Effendi	9
Deteksi Kelelahan Mata Pengguna Komputer Menggunakan Kamera Dengan Metode Pengolahan Citra	Sutarno, Rossi Passarella	13
Software Defect Prediction: Studi Literatur	Hermawan, Santun Irawan	17
Pengenalan Suara Menggunakan Linear Predictive Coding Dan Self Organizing Maps	Putri Sahayu, Gita Fadila Fitriana	21
Implementation Of Fuzzy Linguistic Quantifier And Analytic Hierarchy Process In Decision Support Systems (Case Study: Exemplary Employee Selection)	Rusdi Efendi, Gustian Aidil Fitri	23
Implementasi Teknik Structural Equation Modeling Untuk Mengidentifikasi User Requirements Dalam Pengembangan Perangkat Lunak Knowledge Sharing System	Muhammad Ihsan Jambak	27
Indonesian-English Machine Translation Using Rule-Based Method	Novi Yusliani, Yunita, Wenty Octaviani	41
Image Processing Marker Augmented Reality For Design Furniture Room	Sri Desy Siswanti, Titoyan	45
Dampak Gamification Dalam Meningkatkan Kualitas Belajar Mahasiswa	Yoppy Sazaki, Mt, Farizky Fatah Nurrohman, Winarto Willyam	49
Perangkat Lunak Penganalisis Kemiripan Webpage Berdasarkan Konten Presentasional	Hadipurnawan Satria, Anggina Primanita	53

JUDUL PAPER	OLEH	HALAMAN
Optimasi Trim Loss Pada Cutting Stock Problem Menggunakan Column Generation Technique Dan Algoritma Balas Yang Dimodifikasi	Sisca Octarina, Danni Setiadi, Putra Bj Bangun	57
TOPIK: INFORMATION SYSTEM		59
Penerapan Knowledge Management Pada Bank Syariah Mandiri Menggunakan 5 A Knowledge Management Proses Framework	Ken Ditha Tania	61
Requirement Modeling For Academic Data Inventory System In Faculty Of Computer Science Sriwijaya University	Rahmat Izwan Heroza	67
Perancangan Sistem Informasi Rekam Jejak kinerja Dosen Akmi Baturaja	Muhammad Romzi, Naproni	69
Pengembangan Sistem Informasi Pendukung Pembelajaran Toefl Berbasis Knowledge Management	Dwi Rosa Indah, Mgs. Afriyan Firdaus, Andhika Setiadi	73
Pengembangan Sistem Informasi Manajmen Data Sekolah Pada Dinas Pendidikan Kabupaten Ogan Komering Ulu	Pujianto	79
TOPIK : EMBEDDED SYSTEM & AUTOMATION INDUSTRY		83
Pengukuran Konsumsi Energi Listrik Pada Sistem Kwh-Meter Digital Satu Phasa Dengan Metode Pengukuran Arus	Husnawati, Passarella Rossi, Sutarno	85
Pemetaan Posisi Dan Orientasi Arah Mobile Robot Dengan Komunikasi Bluetooth Secara Real-Time	Atika Mailasari, Rossi Passarella, Ahmad Rifai, Osvari Arsalan	87
Automous Mobil Robot Pengikut Bola Menggunakan Sensor Kamera Dengan Metode Pengolahan Citra Circle Hough Dan Camshift	Wisnu Adi Putra, Tasmi Salim, Siti Nurmaini	91
Implementasi Sistem Sonar Pada Gerak Ekor Robot Ikan Dengan Metode Logika Fuzzy	Ahmad Zarkasi Dan Muhammad Ismuhariandy	93

JUDUL PAPER	OLEH	HALAMAN
Implementasi Metode Fuzzy Sugeno Pada Robot Kapal Penghindar Rintangan	Sarmayanta Sembiring, Rossi Passarella, Hendra Setiawan, Yandi Prasetya	97
Aplikasi Linear Trajectory Planning Pada Simulasi Pergerakan Robot Scara 3 Dof Dalam Menulis Huruf	Rendyansyah, Rossi Passarella, Kemahyanto Exaudi	101
Simulasi Deteksi Kebocoran Pipa Horisontal Berdasarkan Perbedaan Tekanan	Kemahyanto Exaudi, Rossi Passarella, Rendyansyah	105
TOPIK : COMPUTER NETWORK & DATA COMMUNICATION		113
Analisis Skema Pembiayaan Internet Jaringan Wireless Dalam Penetapan Strategi Pembiayaan Internet Penyedia Layanan Internet (Isp)	Irmeilyana, Fitri Maya Puspita, Iffah Husniah	115
Perbandingan Model Modifikasi Skema Pembiayaan Wired Internet Pada Jaringan Multi Kelas Multi Link Bottleneck	Fitri Maya Puspita, Irmeilyana, Bella Arisha	121
Integrasi Jaringan Sensor Pada Sistem Tertanam Menggunakan Hypertext Transfer Protocol	Ahmad Heryanto, Ayuni Purnamasari, Dwi Isdestian	125
Pemanfaatan Jaringan Nirkabel Untuk Komunikasi Data Dan Suara Di Smk Teknik Komputer Dan Jaringan Di Palembang	Reza Firsandaya Malik, Deris Stiawan, Erwin, Rossi Passarella, Sutarno, Ahmad Fali Oklilas, dan Ahmad Heryanto	127
Sistem Deteksi Http Menggunakan Http Inspect Preprocessor And Rule Options	M. Ridwan Zalbina, Deris Stiawan	129
Pengenalan Pola Pada Lalu Lintas Data Dengan Deep Packet Inspection	Tasmi, Sasut Analar Valianta, Deris Stiawan	131
Routing Protocols Of Holistic Network In Big Data Era	Zaid Amin	133

JUDUL PAPER	OLEH	HALAMAN
Pengelolaan Sistem Keamanan Jaringan Dengan Adopsi Pola Kerja Hacker	Sasut Analar Valianta, Tasmi Salim, Deris Stiawan	137
TOPIK : COMPUTER BASED LEARNING		141
Pelatihan Pengenalan Pemodelan 3 Dimensi Untuk Guru Dan Siswa Sma Dan Smk Negeri Di Kota Palembang	Yoppy Sazaki	143
Pelatihan Pembuatan Media Ajar Interaktif Berbasis Multimedia Untuk Inovasi Pembelajaran Bagi Guru Sekolah Dasar Islam Az-Zahra Palembang Dengan Camtasia	Ali Ibrahim, Endang Lestari Ruskan, Fathoni, Rizka Dhini Kurnia, Mira Afrina, Ahmad Rifai, Novita Simbolon, Farida Ana Lukoti, Rumondang Martha, Petri Rosalina, Ria Anggraini, Niken Rinda Ardita, Siti Lutfi Amaliyah	145
Training Making Materials Video Interactive Learning For Teachers In Smk Negeri 1 Muara Enim	Sri Desy Siswanti, Darmawijoyo, Saparudin, Syamsuryadi, Ahmad Fali Okilas, Hadi Purnawan Satria, Anggina Primanita	149
Upaya Peningkatan Kemampuan Guru Kkg Pai Kota Palembang Melalui Pelatihan Pembuatan Media Ajar Berbasis Animasi Dengan Program Movie Maker	Mgs. Afriyan Firdaus, Jaidan Jauhari, Ermatita, Yudha Pratomo, Apriansyah Putra, Megah Mulya, Ken Dhita Tania, Yadi Utama, Dwi Rosa Indah, Khairunnisa, Kurnia Fitrianiingsih, Dinda Puspita Sari, Deva Maulina	151

JUDUL PAPER	OLEH	HALAMAN
Pelatihan Pembuatan Blog Pembelajaran Guru Mgmp Pkn Sma/Smk/Ma Se-Kabupaten Ogan Ilir	Hardini Novianty, Pacu Putra, Dinna Yunika, Allsela Meiriza, Rahmat Izwan H., Ari Wedhasmara, M. Ihsan Jambak	155
Jupyter Notebook App: Alternatif Teknologi Pembelajaran Fisika Berbasis Web Browser	Dedi Setiabudidaya	159
Perilaku Pengguna Smartphone Di Kalangan Mahasiswa Kota Palembang	Dedi Rianto Rahadi, Zanial	161
Hubungan Prilaku Remaja Berinternet Di Inderalaya	Reza Firsandaya Malik, Deris Stiawan, Erwin, Rossi Passarella, Sutarno, Sarmayanta Sembiring, dan Ahmad Heryanto	167
Kajian Pengenalan Gerakan Tangan Menggunakan Hidden Markov Model	Agus Mistiawan, Khairun Nisa, Dewy Yuliana, Hasby Rifky, Samsuryadi	169

MINIMISASI *TRIM LOSS* KERTAS GULUNGAN PADA *CUTTING STOCK PROBLEM (CSP)* SATU DIMENSI

Sisca Octarina¹⁾, Putra Bahtera Jaya Bangun²⁾, Suci Novtari Kumala Dewi³⁾

¹Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya
email: s.octarina@gmail.com

²Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya
email: teger4959@ymail.com

³Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya
email: sucinovtarikd@gmail.com

Abstract

One dimensional Cutting Stock Problem (CSP) is an optimization problem in cutting raw material using one side cutting, length or width. In this research, CSP aims to minimize the cutting waste of reel paper which called trim loss. It used Two Phase approach and Branch and Bound method. Based on the result and discussion, it found that Two Phase approach is more appropriately in one dimensional CSP that has size of stocked reels than Branch and Bound method. While Branch and Bound method is more appropriately in one dimensional CSP that hasn't size of stocked reels than Two Phase approach. It showed that both have much surplus and have little trim loss.

Keywords: *Cutting Stock Problem, Two Phase Approach, Branch and Bound, Trim Loss.*

1. PENDAHULUAN

Permasalahan pemotongan bahan baku dalam Optimasi dikenal dengan istilah *Cutting Stock Problem (CSP)*. CSP merupakan permasalahan *Integer Linear Programming (ILP)* dalam bidang pengkombinasian, tentang bagaimana menentukan kombinasi solusi dari beberapa solusi yang mungkin dan layak, yang juga memenuhi kendala yang ada. CSP dapat dibedakan berdasarkan jumlah dimensi pemotongannya yaitu CSP satu dimensi, CSP dua dimensi, dan CSP tiga dimensi. CSP satu dimensi merupakan permasalahan pemotongan yang digunakan hanya menggunakan satu macam sisi pemotongan, yaitu pemotongan dari sisi panjang atau dari sisi lebar.

Banyak industri kertas yang dihadapkan pada permasalahan pemotongan ukuran bahan baku. Ukuran bahan baku yang besar akan dijadikan potongan kecil sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Permasalahan yang sering terjadi dalam industri kertas adalah apabila industri tersebut menggunakan bahan baku kertas gulungan, dengan lebar yang bervariasi, dan dalam pemotongan dilakukan sesuai permintaan konsumen.

Pemotongan yang dilakukan pada kertas gulungan tidak menutup kemungkinan terdapat kelebihan sisi pemotongan kertas. Kertas gulungan mempunyai panjang yang sama dalam satu gulungan tersebut. Terkadang lebar kertas tidak cukup lebar untuk memenuhi pesanan lain yang diperlukan. Kelebihan sisa pemotongan kertas ini disebut sebagai kerugian pemotongan atau *trim loss* (Taha, 2007). *Trim loss* tidak dapat dihindari karena ukuran permintaan dari konsumen tidak selalu sama dengan ukuran yang ada pada pemasok. Selain hal tersebut, perilaku produksi juga berpengaruh dalam terjadinya *trim loss*, salah satunya dengan penentuan pola kombinasi pemotongan yang kurang tepat sehingga menyebabkan pemanfaatan bahan baku menjadi tidak efisien.

Beberapa peneliti telah mencari cara untuk meminimalkan *trim loss* sehingga kombinasi pemotongan yang dipilih mampu memenuhi permintaan dengan menghasilkan *trim loss* sekecil-kecilnya. Sepriansyah, dkk (2016) mendapatkan pola pemotongan dan *trim loss* yang optimal pada CSP satu dimensi di Percetakan CV Tunas Gemilang menggunakan ILP. Octarina, dkk (2015) menyimpulkan bahwa metode *Column Generation Technique (CGT)* lebih tepat

digunakan untuk menyelesaikan CSP satu dimensi dibandingkan dengan algoritma Balas yang dikembangkan. Pada kasus penelitian keduanya, data jumlah permintaan untuk setiap jenis pesanan produk tidak berpengaruh pada model. Selain itu material kertas yang diteliti bukan kertas gulungan.

Razaullah, *et.al.* (2012) merancang dan menggunakan pendekatan Dua Fase dalam penentuan solusi optimal persoalan ILP. Tahap pertama dikerjakan berdasarkan metode Simpleks yang pada umumnya mengarah pada solusi *non integer* dan pada tahap kedua menentukan solusi optimal *integer*. Suyanto (2010) menerangkan bahwa suatu teknik umum untuk pencarian solusi optimal dari berbagai masalah optimasi, khususnya untuk optimasi diskrit dan kombinatorial adalah metode *Branch and Bound*. Metode ini mampu membentuk solusi *integer* melalui teknik percabangan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini meneliti tentang bagaimana menyelesaikan minimisasi *trim loss* kertas gulungan pada CSP satu dimensi dengan memperhatikan jumlah permintaan pesanan kertas gulungan. Model diuji pada serangkaian permasalahan literatur kertas gulungan menggunakan pendekatan Dua Fase dan metode *Branch and Bound*. Data-data yang digunakan untuk menguji model tersebut adalah data pada penelitian Chvatal (2007).

2. KAJIAN LITERATUR

2.1. Teknik Dua Fase

Sebagaimana namanya teknik dua fase, teknik ini memiliki dua fase (tahap) dalam pengerjaannya. Langkah-langkah pengerjaan teknik dua fase sebagai berikut:

1. Fase 1

Fase pertama bertindak untuk menguji apakah permasalahan yang dihadapi memiliki solusi layak atau tidak. Pada fase ini fungsi tujuan semula harus berupa meminimumkan variabel *artificial*. Jika minimum fungsi tujuan bernilai nol dan variabel *artificial* menjadi variabel non basis, artinya memiliki solusi layak. Jika fase pertama berhasil, maka pencarian dilanjutkan dengan fase kedua. Tetapi, jika nilai minimum fungsi tujuan berharga positif, artinya tidak memiliki solusi layak maka pencarian dihentikan.

2. Fase 2

Fase kedua bertindak dengan menggunakan solusi basis optimum dari fase 1 sebagai solusi awal dari permasalahan semula. Dalam hal ini mengubah bentuk fungsi tujuan fase 1 dengan mengembalikannya pada fungsi tujuan permasalahan semula.

2.2. Pendekatan Dua Fase

Razaullah, *et.al.* (2012) menerangkan bahwa pendekatan Dua Fase dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan bidang Optimasi pemotongan bahan baku. Fase-fase dalam pendekatan ini adalah sebagai berikut:

1. Fase 1

Pengerjaan pada fase ini bertindak dengan mengerjakan permasalahan metode Simpleks yang pada umumnya mengarah pada solusi *non integer*.

2. Fase 2

Pengerjaan pada fase kedua bertindak dengan menentukan solusi optimal berupa *integer* dengan menggunakan pemrograman bilangan bulat apabila solusi optimal awal yang diperoleh dari fase 1 bernilai *non integer* atau memiliki lebih dari satu nilai *non integer*.

2.3. Integer Linear Programming (ILP)

Integer Linear Programming (ILP) merupakan bentuk lain dari pemrograman linier yang muncul karena tidak semua variabel keputusan berupa bilangan pecahan. Model Matematika dalam ILP digunakan untuk merumuskan bentuk permasalahan pemrograman linier sehingga dapat menghasilkan solusi yang merupakan bilangan bulat atau *integer*. Nilai fungsi objektif dapat berupa minimum atau maksimum. Berbeda dengan bentuk model ILP persoalan *trim loss* fungsi objektifnya berupa kasus minimumkan.

Menurut Razaullah, *et.al.* (2012) bentuk umum ILP untuk menyelesaikan permasalahan *trim loss* sebagai berikut:

Minimumkan

$$z = \sum_{a=1}^j x_a \tag{1}$$

dengan kendala

$$\sum_{a=1}^j f_{i,a} x_a \geq d_i \tag{2}$$

$$i = 1, 2, \dots, m \tag{3}$$

$$x_a \geq 0, \text{ dan bilangan bulat} \tag{4}$$

- z menyatakan fungsi tujuan.
- x_a menyatakan pola pemotongan layak ke- a .
- $f_{i,a}$ menyatakan berapa kali pesanan ke- i pada pola pemotongan layak x_a .
- d_i menyatakan permintaan pesanan ke- i sebanyak m permintaan.

2.4. Cutting Stock Problem Satu Dimensi

CSP pertama kali diperkenalkan oleh Kantorovich pada tahun 1930 dan dipublikasikan di Inggris pada tahun 1960. Penelitian tersebut dimulai sejak lebih dari empat puluh tahun yang lalu dan tumbuh cepat dengan metode penyelesaian yang beragam serta metode-metode untuk persoalan CSP langsung diperkenalkan saat itu juga.

Dyckhoff, *et.al*, (1992) menerjemahkan CSP dimana bahan yang besar dibagi-bagi menjadi beberapa potongan, tidak boleh ada potongan yang menumpuk dan keseluruhan dari potongan harus merupakan bagian dari keseluruhan bahan. Pemrograman linier dengan metode Simpleks sering digunakan untuk menyelesaikan banyak model, salah satu yang paling sering digunakan dalam masalah CSP yaitu meminimumkan *trim loss* dengan mendapatkan kombinasi pemotongan yang layak (Triyanti dan Tirtasari, 2008).

Permasalahan *trim loss* yang dikaji dalam penelitian ini berkaitan dengan bagaimana menemukan kombinasi layak untuk meminimumkan *trim loss* dan memenuhi permintaan pesanan pelanggan. Dikatakan merupakan sebuah kombinasi yang fisibel (layak) apabila *trim loss* bernilai lebih kecil dibandingkan dengan lebar minimum dari permintaan dan jika jumlah lebar gulungan yang telah tersedia tidak melebihi lebar gulungan master (Razaullah, *et.al*, 2012).

Adapun model CSP yang digunakan adalah sebagai berikut:

Minimumkan

$$z = W \sum_{a=1}^j x_a + w'_1 \sum_{b=j+1}^k x_b + w'_2 \sum_{c=k+1}^p x_c \quad (5)$$

dengan kendala

$$\sum_{a=1}^j f_{i,a} x_a + \sum_{b=j+1}^k f_{i,b} x_b + \sum_{c=k+1}^p f_{i,c} x_c \leq d_i \quad (6)$$

$$\sum_{b=j+1}^k x_b \leq N_1 \quad (7)$$

$$\sum_{c=k+1}^p x_c \leq N_2 \quad (8)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_a, x_b, x_c \geq 0 \text{ dan bilangan bulat} \quad (9)$$

- W merupakan lebar gulungan master.
- x_a merupakan pola pemotongan layak dari lebar W .
- w_i merupakan lebar permintaan pesanan gulungan ke- i sebanyak m pesanan.
- d_i merupakan jumlah permintaan untuk setiap pesanan ukuran gulungan ke- i sebanyak m pesanan.
- $f_{i,a}$ merupakan berapa kali pesanan ukuran gulungan ke- i ada pada pemotongan layak x_a sebanyak m pesanan.
- w'_1 merupakan lebar gulungan persediaan ke-1.
- w'_2 merupakan lebar gulungan persediaan ke-2.
- x_b, x_c merupakan pola pemotongan layak dari lebar w'_1, w'_2 .
- N_1, N_2 merupakan banyaknya gulungan yang telah tersedia dari lebar w'_1, w'_2 .
- $f_{i,b}$ merupakan berapa kali pesanan ukuran gulungan ke- i ada pada pemotongan layak x_b sebanyak m pesanan.
- $f_{i,c}$ merupakan berapa kali pesanan ukuran gulungan ke- i ada pada pemotongan layak x_c sebanyak m pesanan.
- j, k, p merupakan jumlah maksimum pemotongan layak dari lebar W, w'_1, w'_2 .

$\sum_{b=j+1}^k x_b \leq N_1$ dan $\sum_{c=k+1}^p x_c \leq N_2$ merupakan kendala tambahan jika tersedia sejumlah gulungan tambahan produksi dengan lebar w'_1, w'_2 (Razaullah, *et. al*, 2012). Berikut merupakan formulasi tambahan yang digunakan dalam perhitungan CSP yaitu:

- a. Menghitung total luas permintaan gulungan

$$L_{pg} = \sum_{i=1}^m w_i d_i \quad (10)$$

- b. Menghitung total luas gulungan dari pola kombinasi terpilih

$$L_g = \left(W \sum_{a=1}^j x_a + w'_1 \sum_{b=j+1}^k x_b + w'_2 \sum_{c=k+1}^p x_c \right) \times L \quad (11)$$

- c. Menghitung total luas gulungan yang diproduksi untuk memenuhi pesan

$$L_p = \left[\sum_{a=1}^j \{x_a(W - T_a)\} + \sum_{b=j+1}^k \{x_b(w'_1 - T_b)\} + \sum_{c=k+1}^p \{x_c(w'_2 - T_c)\} \right] \times L \quad (12)$$

- d. Menghitung total luas *surplus* gulungan menggunakan pola kombinasi terpilih

$$L_s = \left(\left[\sum_{a=1}^j \{x_a(W - T_a)\} + \sum_{b=j+1}^k \{x_b(w'_1 - T_b)\} + \sum_{c=k+1}^p \{x_c(w'_2 - T_c)\} \right] \times L \right) \left(\sum_{i=1}^m w_i d_i \right) \quad (13)$$

- e. *Trim Loss*

$$T = \left(W \sum_{a=1}^j x_a + w'_1 \sum_{b=j+1}^k x_b + w'_2 \sum_{c=k+1}^p x_c \right) \times L - \left(\left[\sum_{a=1}^j \{x_a(W - T_a)\} + \sum_{b=j+1}^k \{x_b(w'_1 - T_b)\} + \sum_{c=k+1}^p \{x_c(w'_2 - T_c)\} \right] \times L \right) \quad (14)$$

dengan L merupakan panjang bahan baku, sedangkan T_a , T_b , dan T_c merupakan besar

trim loss pada masing-masing pola pemotongan x_a , x_b , dan x_c .

3. METODE PENELITIAN

Secara rinci langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan data.
2. Mendefinisikan variabel-variabel yang digunakan.
3. Membentuk pola pemotongan layak, dengan syarat *trim loss* bernilai lebih kecil dibandingkan dengan lebar minimum dari permintaan pesanan.
4. Membentuk tabel pengaturan pisau CSP satu dimensi kertas gulungan.
5. Membentuk model CSP satu dimensi kertas gulungan dengan mendefinisikan fungsi objektif dan kendala berdasarkan tabel pengaturan pisau.
6. Menyelesaikan CSP dengan pendekatan Dua Fase.
7. Menyelesaikan CSP dengan metode *Branch and Bound*.
8. Menganalisis dan mendeskripsikan solusi akhir *trim loss* yang diperoleh menggunakan pendekatan Dua Fase dan metode *Branch and Bound*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Minimisasi *trim loss* kertas gulungan pada CSP satu dimensi pada penelitian ini dilakukan pada permasalahan dengan menggunakan data dari Chvatal (2007) yang kemudian diselesaikan menggunakan pendekatan Dua Fase dan metode *Branch and Bound*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu data yang diperoleh dari Chvatal (2007). Permasalahan yang dihadapi dalam penelitian tersebut yakni CV. Maju Jaya merupakan industri yang bergerak di bidang produksi sejumlah kertas gulungan. Industri ini memproduksi kertas gulungan menggunakan mesin kertas dan dipotong dengan pisau pemotong. Adapun lebar gulungan yang diproduksi adalah 100 inci. Industri ini harus mampu memenuhi sejumlah pesanan kertas gulungan dari konsumen dengan lebar masing-masing 14 inci, 31 inci, 36 inci, dan 45 inci dengan jumlah paling sedikit pesanan

gulungan berturut-turut 211, 395, 610, dan 97 gulungan.

Adapun variabel-variabel yang digunakan dalam permasalahan ini adalah sebagai berikut:

- x_j menyatakan pola pemotongan ke j .
- z menyatakan fungsi objektif yang nilainya merupakan lebar kertas gulungan master dari setiap pola pemotongan.
- W menyatakan lebar kertas gulungan master yaitu 100 inci.
- w_i menyatakan lebar permintaan pesanan kertas gulungan ke- i dengan $i = 1,2,3,4$.
Jadi $w_1 = 14$ inci, $w_2 = 31$ inci, $w_3 = 36$ inci, $w_4 = 45$ inci.
- d_i menyatakan jumlah permintaan pesanan untuk setiap pesanan kertas gulungan ke- i dengan $i = 1,2,3,4$.
Jadi $d_1 = 211$, $d_2 = 395$, $d_3 = 610$, $d_4 = 97$.
- $f_{i,a}$ menyatakan berapa kali lebar permintaan pesanan ke- i ada pada pola pemotongan x_a dengan $a = 1,2,3, \dots, j$.
- T_a menyatakan besar *trim loss* pada pola pemotongan x_a .
- L menyatakan panjang kertas gulungan.

Data pada permasalahan ini dapat dibentuk pola pemotongan yang layak. Pola pemotongan yang terpilih untuk digunakan dengan syarat nilai *trim loss* bernilai lebih kecil dibandingkan dengan lebar minimum dari permintaan pesanan. Pembuatan pola pemotongan dilakukan dengan mengurutkan

pemotongan dengan memperhatikan besar lebar permintaan, dimulai dengan lebar permintaan terbesar. Adapun semua kombinasi pola pemotongan layak yang dapat dibentuk dari sejumlah permintaan lebar pesanan dari lebar gulungan 100 inci dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan 12 macam pola pemotongan layak, bagian kuning merupakan besar *trim loss* yang dihasilkan dari pola pemotongan tersebut. Setiap pola pemotongan memiliki jumlah potongan yang berbeda. Meminimumkan banyaknya kertas gulungan yang digunakan merupakan tujuan dari dibentuknya fungsi objektif (tujuan), sedangkan kendala dibentuk berdasarkan banyaknya lebar permintaan yang ada pada setiap pola pemotongan. Setiap pola pemotongan memiliki jumlah potongan yang berbeda. Bobot dari setiap pola tersebut selanjutnya disusun ke dalam tabel pengaturan pisau yaitu pada Tabel 1 untuk dapat dibentuk model penyelesaian.

Adapun model yang terbentuk adalah sebagai berikut:

Minimumkan

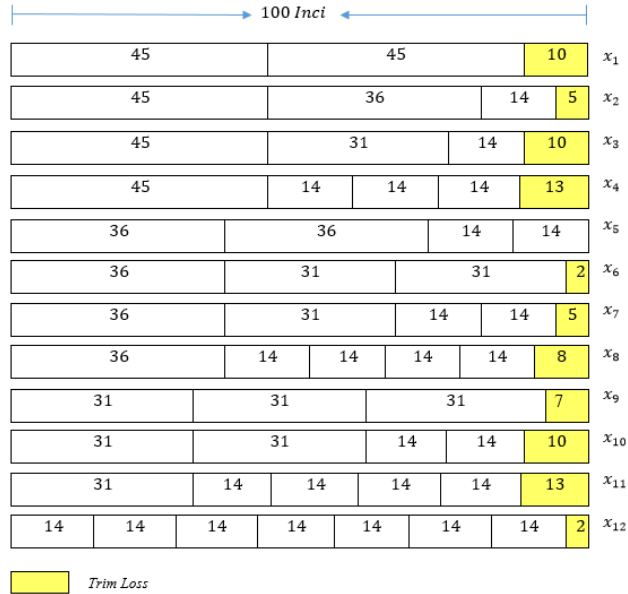
$$z = 100x_1 + 100x_2 + 100x_3 + 100x_4 + 100x_5 + 100x_6 + 100x_7 + 100x_8 + 100x_9 + 100x_{10} + 100x_{11} + 100x_{12}$$

dengan kendala

$$\begin{aligned} x_2 + x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 2x_7 + 4x_8 + 2x_{10} + 4x_{11} + 7x_{12} &\geq 211 \\ x_3 + 2x_6 + x_7 + 3x_9 + 2x_{10} + x_{11} &\geq 395 \\ x_2 + 2x_5 + x_6 + x_7 + x_8 &\geq 610 \\ 2x_1 + x_2 + x_3 + x_4 &\geq 97 \\ x_j &\geq 0, \forall j = 1,2,3, \dots, 12 \text{ dan bilangan bulat} \end{aligned} \tag{15}$$

Tabel 1. Pengaturan Pisau

		Pengaturan Pisau $W = 100$ Inchi												Jumlah Minimum Gulungan d_i
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	
Ukuran Lebar yang Diminta (Inchi)	14	0	1	1	3	2	0	2	4	0	2	4	7	211
	31	0	0	1	0	0	2	1	0	3	2	1	0	395
	36	0	1	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0	610
	45	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	97
	<i>Trim Loss</i> (Inchi)	10	5	10	13	0	2	5	8	7	10	13	2	



Gambar 1. Kombinasi Pola Pemotongan Layak Lebar Gulungan 100 Inchi dari Sejumlah Permintaan Gulungan

4.1. Pengerjaan Fase 1

Pengerjaan fase 1 dimulai dengan mengubah bentuk model CSP (15) ke dalam bentuk standar yang selanjutnya dikerjakan menggunakan teknik dua fase. Pengerjaan menggunakan teknik dua fase dimulai dengan fase 1. Fungsi tujuan dirumuskan hanya menggunakan variabel *artificial* sehingga diperoleh Model (16).

Fase 1:

Minimumkan $A = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$
 dengan kendala (16)
 $x_2 + x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 2x_7 + 4x_8 + 2x_{10} + 4x_{11} + 7x_{12} - e_1 + a_1 = 211$
 $x_3 + 2x_6 + x_7 + 3x_9 + 2x_{10} + x_{11} - e_2 + a_2 = 395$

$x_2 + 2x_5 + x_6 + x_7 + x_8 - e_3 + a_3 = 610$
 $2x_1 + x_2 + x_3 + x_4 - e_4 + a_4 = 97$
 $x_j \geq 0, \forall j = 1, 2, 3, \dots, 12$

$e_1, e_2, e_3, e_4, a_1, a_2, a_3, a_4 \geq 0$ dan bilangan bulat

Kendala-kendala pada Model (16) dirumuskan sehingga didapatkan fungsi tujuan baru yaitu:

Minimumkan
 $A = 1313 - 2x_1 - 3x_2 - 3x_3 - 4x_4 - 4x_5 - 3x_6 - 4x_7 - 5x_8 - 3x_9 - 4x_{10} - 5x_{11} - 7x_{12} + e_1 + e_2 + e_3 + e_4$ (17)

Persamaan dengan fungsi tujuan baru dari Persamaan (17) selanjutnya dikerjakan dengan menggunakan metode simpleks. Bentuk tabel solusi awal Simpleks menggunakan teknik dua fase dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Solusi Awal Teknik Dua Fase, Fase 1

VB	A	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	e_1	e_2	e_3	e_4	a_1	a_2	a_3	a_4	NK
A	1	2	3	3	4	4	3	4	5	3	4	5	7	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	1313
a_1	0	0	1	1	3	2	0	2	4	0	2	4	7	-1	0	0	0	1	0	0	0	211
a_2	0	0	0	1	0	0	2	1	0	3	2	1	0	0	-1	0	0	0	1	0	0	395
a_3	0	0	1	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	0	610
a_4	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	97

Penyelesaian pada permasalahan minimum dengan memperhatikan nilai pada baris non basis paling maksimum untuk menjadi variabel masuk, sehingga nilai di baris non basis hanya menyisakan bilangan bernilai non

positif (negatif atau nol). Perhitungan berlanjut hingga iterasi 5 seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Teknik Dua Fase, Fase 1 Iterasi 5

VB	A	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	e_1	e_2	e_3	e_4	a_1	a_2	a_3	a_4	NK
A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	0
x_5	0	0	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{4}$	0	1	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{3}{4}$	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{4}$	0	0	$\frac{1}{4}$	$-\frac{1}{2}$	0	0	$-\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	0	206,5
x_6	0	0	0	$\frac{1}{2}$	0	0	1	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{3}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	0	0	$-\frac{1}{2}$	0	0	0	$\frac{1}{2}$	0	0	197,5
e_1	0	0	0	$-\frac{3}{2}$	-3	0	0	$-\frac{3}{2}$	-3	$-\frac{3}{2}$	-3	$-\frac{9}{2}$	-7	1	$\frac{1}{2}$	-1	0	-1	$-\frac{1}{2}$	1	0	201,5
x_1	0	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$-\frac{1}{2}$	0	0	0	$\frac{1}{2}$	48,5

Berdasarkan Tabel 3, solusi tiap kendala sudah menunjukkan nilai non positif, artinya nilai dan basis yang diperoleh dari perhitungan Tabel 3 menunjukkan nilai yang optimal untuk Model (17) sehingga iterasi simpleks dihentikan.

Fase 2:

Fase ini persamaan dikembalikan ke bentuk fungsi tujuan semula, sehingga persamaan menjadi sebagai berikut:

Minimumkan

$$z = 100x_1 + 100x_2 + 100x_3 + 100x_4 + 100x_5 + 100x_6 + 100x_7 + 100x_8 + 100x_9 + 100x_{10} + 100x_{11} + 100x_{12} - 0e_1 - 0e_2 - 0e_3 - 0e_4 + 0a_1 + 0a_2 + 0a_3 + 0a_4$$

dengan kendala (18)

$$\begin{aligned} x_1 + \frac{1}{2}x_2 + \frac{1}{2}x_3 + \frac{1}{2}x_4 - \frac{1}{2}e_4 &= 48,5 \\ \frac{1}{2}x_2 - \frac{1}{4}x_3 + x_5 + \frac{1}{4}x_7 + \frac{1}{2}x_8 - \frac{3}{4}x_9 \\ &\quad - \frac{1}{2}x_{10} - \frac{1}{4}x_{11} + \frac{1}{4}e_2 \\ &\quad - \frac{1}{2}e_3 = 206,25 \\ \frac{1}{2}x_3 + x_6 + \frac{1}{2}x_7 + \frac{3}{2}x_9 + x_{10} + \frac{1}{2}x_{11} - \frac{1}{2}e_2 \\ &= 197,5 \end{aligned}$$

Tabel 4. Solusi Awal Teknik Dua Fase, Fase 2

VB	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	e_1	e_2	e_3	e_4	NK
z	1	0	0	-25	-50	0	0	-25	-50	-25	-50	-75	-100	0	-25	-50	-50	45225
x_5	0	0	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{4}$	0	1	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{3}{4}$	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{4}$	0	0	$\frac{1}{4}$	$-\frac{1}{2}$	0	206,25
x_6	0	0	0	$\frac{1}{2}$	0	0	1	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{3}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	0	0	$-\frac{1}{2}$	0	0	197,5
e_1	0	0	0	$-\frac{3}{2}$	-3	0	0	$-\frac{3}{2}$	-3	$-\frac{3}{2}$	-3	$-\frac{9}{2}$	-7	1	$\frac{1}{2}$	-1	0	201,5
x_1	0	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$-\frac{1}{2}$	48,5

Langkah selanjutnya mensubstitusikan variabel x_1 , x_5 dan x_6 dari Persamaan (18) ke dalam fungsi tujuan z . Sehingga fungsi tujuan menjadi,

Minimumkan

$$\begin{aligned} z &= 45225 + 25x_3 + 50x_4 + 25x_7 + 50x_8 \\ &\quad + 25x_9 + 50x_{10} + 75x_{11} + \\ &\quad 100x_{12} + 25e_2 + 50e_3 \\ &\quad + 50e_4 \end{aligned} \quad (19)$$

Fungsi tujuan Persamaan (19) dan kendala pada Persamaan (17) selanjutnya diselesaikan menggunakan metode simpleks, seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel solusi awal pada fase 2 teknik dua fase sudah menunjukkan hasil yang optimal karena solusi pada baris z sudah bernilai non positif, sehingga pencarian pada fase 2 teknik dua fase dihentikan. Adapun solusi optimal didapatkan yaitu $x_1 = 48,5$, $x_5 = 206,25$, dan $x_6 = 197,5$. Oleh karena solusi masih berupa *non integer* maka perlu untuk mendapatkan pembulatan yang fisibel sehingga solusi optimal didapatkan berupa *integer*. Solusi optimal merupakan variabel keputusan yang merupakan pola kombinasi layak yang akan digunakan dalam menyelesaikan permasalahan. Selanjutnya pencarian dilanjutkan ke pengerjaan fase 2.

4.2. Pengerjaan Fase 2

Pengerjaan pada fase 2 bertujuan menemukan nilai *integer* dari solusi optimal agar memenuhi permintaan pesanan kertas gulungan sekaligus meminimalisir *trim loss*. Adapun pada tahap ini hanya menggunakan bagian *integer* dari solusi *non integer*, yaitu $x_1 = 48, x_5 = 206, x_6 = 197$.

Oleh karena itu untuk dapat memenuhi pesanan tersebut perlu meminimumkan *shortages* dengan membentuk model pemrograman linier dari setiap koefisien *shortages* yang bersesuaian dengan koefisien kendala dari variabel solusi optimal. Koefisien *excess* diabaikan karena dianggap sebagai *surplus*. Tabel *shortages* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Shortages & Koefisien Kendala dari Variabel Solusi Optimal

Ukuran Lebar yang Diminta (Inci)	x_1	x_5	x_6	Shortages (Gulungan)
31	0	0	2	1
36	0	2	1	1
45	2	0	0	1

Adapun model yang terbentuk adalah Model (20).

Minimumkan $Z = x_1 + x_5 + x_6$

dengan kendala

$$2x_6 \geq 1$$

$$2x_5 + x_6 \geq 1 \quad (20)$$

$$2x_1 \geq 1$$

$x_1, x_5, x_6 \geq 0$, dan bilangan bulat

Untuk mendapatkan solusi biner dari Model (20), model tersebut diselesaikan dengan menggunakan program MATLAB dengan solusi biner optimal dari masing-masing variabel x_1, x_5 dan x_6 yakni berturut turut 1, 0, dan 1. Pada solusi optimal diperoleh dengan menambahkan solusi biner tersebut dengan bagian *integer* dari solusi *non integer* pengerjaan fase 1 yang diinterpretasikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Solusi Optimal Akhir Permasalahan 1

	Bagian Integer Pengerjaan Fase 1	Solusi Biner Pengerjaan Fase 2	Add	Solusi Optimal Akhir
x_1	48	1	48 + 1	49
x_5	206	0	206 + 0	206
x_6	197	1	197 + 1	198

Tabel 6 menunjukkan solusi optimal akhir dari tiap-tiap variabel solusi. Solusi optimal akhir untuk pola pemotongan ke 1 adalah 49 artinya banyak bahan baku yang digunakan dalam melakukan pemotongan dengan pola potong satu sebanyak 49 gulungan, dalam melakukan pemotongan dengan pola pemotongan ke 5 membutuhkan bahan baku sebanyak 206 gulungan, dan dalam melakukan pemotongan dengan pola pemotongan ke 6 membutuhkan bahan baku sebanyak 198 gulungan untuk dapat memenuhi permintaan pesanan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah dicapai, dapat diambil kesimpulan bahwa minimisasi *trim loss* menggunakan pendekatan Dua Fase lebih tepat digunakan pada CSP satu dimensi kertas gulungan yang disertai dengan data persediaan ukuran gulungan, dibandingkan tanpa data persediaan ukuran kertas gulungan. Sedangkan minimisasi *trim loss* menggunakan metode *Branch and Bound* lebih tepat digunakan pada CSP satu dimensi kertas gulungan tanpa disertai data persediaan ukuran kertas gulungan.

6. REFERENSI

Aminudin. (2005). *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Erlangga.

V. Chvatal. (2007). *Linear programming-cutting stock problem*. Volume 15, issue 3.

Dyckhoff, et. al. (1992). Cutting and packing in production and distribution. *Physica Verlag*. Heidelberg.

S.Octarina, D. Setiadi dan P.B.J. Bangun. (2015). Optimasi trim loss pada cutting stock

problem (CSP) menggunakan column generation technique (CGT) dan algoritma balas yang dimodifikasi. *Annual Reasearch Seminar (ARS) Fakultas Ilmu Komputer UNSRI*. Volume 1, No 1.

Razaullah, S. Rehman, I. Hussain. (2012). Trim loss minimization and reel cutting at paper mill. *International Journal of Engineering Research and Development*. Volume 4, Issue 3, 13-22.

M.M. Sepriansyah, S. Octarina, dan E.S. Cahyono. (2016). Penyelesaian permasalahan trim loss pada cutting stock problem dengan integer linear programming (ILP). *Diseminarkan pada Seminar dan Rapat Tahunan BKS MIPA PTN Barat Universitas Sriwijaya*.

Suyanto. (2010). *Algoritma Optimasi (Deterministik atau Probabilitik)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

H. A. Taha.(2007). *An Introduction to Operations Research*. Edisi ke-8. 49-52.

V. Triyanti dan O.Tirtasari. (2008). Usulan perbaikan metode pemilihan alternatif pemotongan roll dengan model *trim loss - integer linear programming* (Studi Kasus : PT Pelita Cengkareng Paper & Co, Tangerang). *Jurnal UNDIP*. Volume 2, No 2.

D. Wirdasari. (2009). Metode simpleks dalam program linier. *Jurnal SAINTIKOM*. Volume 6, No 1, 276-285.