



CALL FOR PAPER

prosiding

sentra

SEMINAR TEKNOLOGI DAN REKAYASA

VOLUME 2

05 JUNI 2015, ATRIA HOTEL & CONFERENCE MALANG JAWA TIMUR

**TEKNOLOGI RAMAH LINGKUNGAN DAN ENERGI TERBARUKAN
UNTUK Mendukung PERTUMBUHAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN**

INFORMATIKA | SIPIL | ELEKTRO | INDUSTRI | MESIN



sentra.umm.ac.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmad dan hidayah-Nya sehingga *Proceeding* Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2015 dengan tema “Teknologi Ramah Lingkungan dan Energi Terbarukan untuk Mendukung Pertumbuhan Pembangunan Berkelanjutan” yang diselenggarakan oleh Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang pada 05 Juni 2015 dapat kami selesaikan.

Penyusunan *Proceeding* ini dimaksudkan agar masyarakat luas dapat mengetahui berbagai informasi terkait dengan penyelenggaraan Seminar tersebut. *Proceeding* seminar dibagi menjadi 2 vol. *Proceeding* Vol 1 berisi tentang Makalah Bidang I : Teknik Informatika. *Proceeding* Vol 2 berisi tentang Makalah Bidang II : Teknik Mesin, Makalah Bidang III : Teknik Sipil, Makalah Bidang IV : Teknik Elektro dan Makalah Bidang V : Teknik Industri.

Ucapan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kami sampaikan kepada Bapak/Ibu Pemakalah dan Peserta yang telah menyumbangkan pemikirannya dalam acara Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2015 ini. Tak lupa kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan bagi terselenggaranya Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2015 ini dan atas tersusunnya *proceeding* ini.

Akhir kata semoga *Proceeding* ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak khususnya untuk Teknologi Ramah Lingkungan dan Energi Terbarukan untuk Mendukung Pertumbuhan Pembangunan Berkelanjutan.

Malang, 05 Juni 2015
Tim Penyusun *Proceeding*
Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2015

DAFTAR ISI

Susunan Panitia Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2015	i
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Makalah Bidang II : Teknik Mesin	
1 CATALITYC CONVERTER JENIS KATALIS STAINLESS STEEL BERBENTUK SARANG LABA-LABA UNTUK MENGURANGI EMISI KENDARAAN BERMOTOR Ali Mokhtar, Trenyu Wibowo	II-1
2 PEMODELAN SISTEM PROPULSI KAPAL PERIKANAN DENGAN HYBRID ENERGI Andi Haris Muhammad, Rusydi Alwi1, Hasnawiya Hasan, Husni Sitepu, Sabri Sapangallo	II-7
3 PERANCANGAN MESIN PENCAMPUR CAT BERKAPASITAS 8 KILOGRAM DENGAN SISTEM PENGOCOKAN DUA ARAH Fadwah Maghfurah, Ervan diaz	II-13
4 ANALISA KOMPARATIF PEMANFAATAN <i>NATURAL GAS</i> DAN <i>HSD</i> TERHADAP EFISIENSI <i>HRSG</i> Gunawan Hidayat,ST.,MT. Riki Effendi,ST. Dhian T. Setyawan,ST.	II-17
5 STUDI EKSPERIMEN PENGARUH PENAMBAHAN GAS HHO TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR NYALA API KOMPOR TEKAN (<i>BLOW-TORCH</i> <i>BURNER</i>) BERBAHAN BAKAR <i>KEROSENE</i> Handini Novita Sari, Djoko Sungkono Kawano	II-22
6 STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGUNAAN INLET DISTURBANCE BODY TERHADAP KARAKTERISTIK ALIRAN MELINTASI SILINDER SIRKULAR YANG TERSUSUN IN-LINE SQUARE Herdi Muhammad, Wawan Aries Widodo	II-28
7 KARAKTERISASI HAFNIUM CARBONITRIDE HASIL PRODUKSI PLASMA NITROGEN DALAM SISTEM AC DAN DC DENGAN MESIN EDAMM Iis Siti Aisyah, ST. MT. PhD.	II-36
8 STUDI KOMPARASI DISTRIBUSI TEMPERATUR NYALA API PADA <i>BLOW-TORCH</i> KEROSIN DAN <i>MIXING</i> KEROSIN + GAS HHO Indah Puspitasari, Djoko Sungkono Kawano	II-42
9 KOMPOSIT Matrik Resin Berpenguat Serat Gelas Substitusi Serat Kelapa Moh. Jufri, , Heni Herdaryati	II-48
10 ANALISA PERFORMANCE MESIN BRIOBRIKET SAMPAH ORGANIK DALAM UPAYA MENYIAPKAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF Mulyono, Ir. MT., Heni Herdaryati	II-52

11	PENGARUH <i>CIRCUMFERENTIAL ANGLE</i> DAN <i>RADIAL DISTANCERECTANGULAROBSTACLE</i> PADA <i>TUBE BANKS FIN HEAT EXCHANGER</i> TERHADAP KARAKTERISTIKALIRAN DAN PERPINDAHAN PANAS Nanang Romandoni dan Prabowo	II-57
12	STUDI NUMERIK EFEK VARIASI POSISI VORTEX GENERATOR TERHADAP BOUNDARY LAYER PADA AIRFOIL NACA 43018 Setyo Hariyadi S.P., Wawan Aries Widodo	II-63
13	KARAKTERISTIK <i>DRAG</i> PADA SILINDER DENGAN <i>ANNULAR FIN</i> DENGAN VARIASI JARAK ANTAR FIN Sudirman, Sutardi	II-71
14	KAJIAN VARIASI KECEPATAN ALIRAN MEDIA KOROSIF TERHADAP LAJU DAN JENIS KOROSI PADA PIPA BESI COR KELABU Windarta, Munzir Qadri, Ratna Dewi Nur'aini	II-77

Makalah Bidang III : Teknik Sipil

1	PEMANFAATAN PASIR VULKANIK GUNUNG KELUD SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP NILAI MARSHALL TEST PADA CAMPURAN LATASTON KELAS B Andi Syaiful Amal, Chairil Saleh	III-1
2	STUDI PENGARUH PENGEKANGAN DAN TATA LETAK TENDON PRATEGANG PADA DAKTILITAS BALOK BETON PRATEGANG PARSIAL DENGAN VARIASI NILAI PPR MENGGUNAKAN APLIKASI BAHASA PEMPROGRAMAN Eric Septian Tjia, Tavio, I Gusti Putu Raka	III-7
3	PEMAKAIAN SERAT PLASTIK SECARA PARSIAL PADA PENAMPANG BALOK Erwin Rommel, Yunan Rusdianto	III-13
4	STUDI PENGARUH PENGEKANGAN PADA DINDING STRUKTUR MENGGUNAKAN APLIKASI BAHASA PEMROGRAMAN Fachrul Rizal, Tavio, I Gusti Putu Raka	III-21
5	PENGELOLAAN ALAT BERAT UNTUK PENCEGAHAN KECELAKAAN KERJA KONSTRUKSI PADA PEMBANGUNAN GEDUNG PUSAT JANTUNG TERPADU TAHAP 2 RSUP DR. WAHIDIN SUDIROHUSODO MAKASSAR Josefine Ernestine Latupeirissa, Helen Adry Sopacua	III-27
6	PEMERIKSAAN DAKTILITAS MATERIAL DINDING PANEL SEMEN ECENG GONDOK (<i>EMEN WALL</i>) Lukito Prasetyo	III-31
7	TEKTONIKA ARSITEKTUR TONGKONAN TORAJA Mohammad Mochsen Sir, Shirley Wunas, Herman Parung, Johannes Patanduk	III-40
8	PERILAKU JOINT BALOK TINGGI DAN KOLOM BETON BERTULANG AKIBAT PENGEKANGAN Ninik Catur E.Y, Agus Subiyanto	III-46

9	FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KINERJA BUS PERKOTAAN BERDASARKAN PERSEPSI PENUMPANG Nursyamsu Hidayat, ST., MT., Ph.D.	III-53
10	KAJIAN PENGGUNAAN COPPER SLAG SEBAGAI AGREGAT HALUS BETON Rofikatul Karimah, Yusuf Wahyudi	III-58
11	SEAKEEPING KAPAL PERIKANAN 30 GT DI PERAIRAN SELAT MAKASSAR Sabaruddin Rahman, Andi Haris Muhammad, Daeng Paroka, Syarifuddin Dewa	III-64
12	UJI KAPASITAS PRODUKSI SUMUR BOR RUMAH SAKIT UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG Sulianto, Ernawan Setiono	III-70
13	PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG KELAPA SAWIT DENGAN BAHAN PENGAKTIF KOH DAN GAS N_2/CO_2 Yuliusman	III-78

Makalah Bidang IV : Teknik Elektro

1	SISTEM PENGENALAN CITRA SIDIK JARI METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK MEMBUKA PINTU SECARA OTOMATIS Ahmad Sahru Romadhon, Vivi Tri Widyaningrum	IV-1
2	PENGEMBANGAN APLIKASI BIOMETRIK MELALUI DATA TRAJECTORY GAYA BERJALAN (GAIT) MENGGUNAKAN TEKNIK <i>NAIVE BAYESIAN</i> Ashafidz Fauzan Dianta, Mauridhi Hery Purnomo, Adhi Dharma Wibawa	IV-6
3	STRATEGI PENGATURAN TORSI PADA <i>HYBRID ELECTRIC VEHICLE</i> (HEV) MENGGUNAKAN METODE <i>NEURO-FUZZY</i> PREDIKTIF Aulia Rahma Annisa, Mochammad Rameli, Rusdhianto Effendi A.K.	IV-11
4	WARNING SYSTEM IN NETWORK OPERATIONS BASED ON NETWORK MONITORING Achamd Affandi, Eko Setijadi, Djoko Suprajitno, Gatot Kusrahardjo, Dhany Riyanto	IV-17
5	PENINGKATAN DAYA SEL SURYA BERBAHAN TEMBAGA OKSIDA (CuO) DAN SENG OKSIDA (ZnO) Diding Suhardi	IV-23
6	DESAIN PENGENDALI <i>AIR HEATER</i> BERBASIS TAKAGI-SUGENO-KANG <i>FUZZY CONTROLLER</i> Dwi Ana Ratna Wati, Hifni Aulia Majid	IV-29
7	IMPLEMENTASI KOMUNIKASI DATA DENGAN PROTOKOL ADHOC BERBASIS WSN UNTUK SMKS JEMBATAN Faridatun Nadziroh, Eko Setijadi dan Wirawan	IV-35
8	DESAIN DAN ANALISIS LOWPASS FILTER MIKROSTRIP DENGAN METODE STEP-IMPEDANSI Fitri Farida, Eko Setijadi	IV-41

9	EFEKTIVITAS IDENTIFIKASI UCAPAN HURUF VOKAL MANUSIA PADA DOMAIN FREKUENSI DENGAN MENGGUNAKAN 2048 POINT FFT Hendra Setiawan, Miftahuddin	IV-46
10	IMPLEMENTASI PROTOKOL ROUTING AODV-BR PADA VMES SEBAGAI ALAT KOMUNIKASI MARITIM Masdukil Makruf, Istas Pratomo, Achmad Affandi	IV-51
11	RANCANG BANGUN PROTOTYPE SEGWAY MINI BALANCING ROBOT DUA RODA DENGAN KENDALI PID Medilla Kusriyanto, Zulpian	IV-56
12	PENGEMBANGAN SIMULATOR ESM UNTUK IDENTIFIKASI SINYAL RADAR DENGAN METODE CLUSTERING MENGGUNAKAN K-MEANS Norma Ningsih, Gamantyo Hendranto, Andaya Lestari dan Deny Yulian	IV-62
13	PEMANFAATAN <i>SINGLE BOARD COMPUTER</i> (SBC) UNTUK PERANCANGAN TERMINAL KOMUNIKASI DATA <i>VESSEL MESSAGING SYSTEM</i> (VMES) PADA KAPAL NELAYAN Nur Afiyat, Istas Pratomo, Achmad Affandi	IV-68
14	RANCANG BANGUN MODUL KONTROL LAMPU PENERANGAN Nur Kasan	IV-74
15	MEDIA INFORMASI UNTUK MEMBANTU KEAMANAN RUMAH MENGGUNAKAN SENSOR PASSIVE INFRARED RECEIVER (PIR) DAN PHOTODIODA Robby Candra, Darmastuti, Sugiarti	IV-81
16	PENGUKURAN EFEKTIVITAS ENERGI SOLAR CELL SEBAGAI SUMBER DAYA PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL Shazana Dhiya Ayuni, Eko Setijadi, Wirawan	IV-84
17	RANCANG BANGUN TELEMONITORING PENCEMARAN UDARA Tito Yuwono	IV-87
18	BERDASARKAN <i>GRAY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIKS</i> MENGGUNAKAN <i>PROBABILISTIC NEURAL NETWORK</i> Tri Deviasari Wulan, I Ketut Eddy Purnama, Mauridhi Heri Purnomo	IV-92
19	A BUILT-IN TEST CIRCUIT FOR DETECTING OPEN INTERCONNECTS IN 3D ICS Nurhadi, Widiyanto, Hiroyuki Yotsuyanagi, Masaki Hashizume	IV-98
20	APLIKASI ANDROID UNTUK PENGENDALIAN PENDINGIN RUANGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO Ach. Khozaimi, Muhammad Fuad, Rama Aliansyah	IV-102
21	DESAIN DAN IMPLEMENTASI PENGENDALIAN JARAK JAUH PADA ROBOT BERODA TIPE <i>HOLONOMIC</i> BERBASIS ANDROID Sisdarmanto Adinandra, Ricky Eko Prasetyo	IV-108

22	STUDI IMPLEMENTASI PEMANFAATAN BERSAMA JARINGAN DISTRIBUSI DALAM PENERAPAN KEBIJAKAN <i>RENEWABLE PORTFOLIO STANDARD</i> Taufiq Indraputra Suharjono, Sasongko Pramono Hadi, Yusuf Susilo Wijoyo	IV-114
23	PRA-STUDI KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU DI PANTAI SELATAN GUNUNG KIDUL YOGYAKARTA Wahyudi Budi Pramono, Warindi, Nafiul Muallimin	IV-120
24	SUMBER ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN PERBEDAAN TEMPERATUR SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF SKALA KECIL Budhi Priyanto	IV-126
25	PERANCANGAN PSS BERBASIS FUZZY TERTALA ACO Ermanu A, Hakim	IV-130
26	SISTEM MPPT MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY PADA PEMBANGKIT PHOTOVOLTAIC Machmud Effendy, Nur Alif M.	IV-137
27	PERANCANGAN SISTEM MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) PADA SEL SURYA YANG TERHUBUNG DENGAN <i>GRID</i> Nur Alif Mardiyah, Ilham Pakaya	IV-143
28	MODEL KOMUNIKASI NIRKABEL MENGGUNAKAN NODE SEBAGAI HOST DAN ROUTER M. Chasrun Hasani	IV-150

Makalah Bidang V : Teknik Industri

1	PENJADWALAN PRODUKSI FLOWSHOP MENGGUNAKAN ALGORITMA BRANCH AND BOUND UNTUK MEMINIMASI MEAN TARDINESS Annisa Kesya Garside, Dana Marsetiya Utama, Muhamad Rizal Arifin	V-1
2	PENINGKATAN MUTU MINYAK NILAM UMKM DI MALANG MELALUI TEKNOLOGI RAMAH LINGKUNGAN DISTILASI-REKTIFIKASI TEKANAN RENDAH Bambang Ismuyanto, Diah Mardiana, A.S. Dwi Saptati Nur Hidayati	V-7
3	PERANCANGAN DESAIN RANJANG UNTUK IBU DAN BAYI Dian Palupi Restuputri, H.M Kholik, Chalid Sumarsono	V-13
4	EVALUASI KINERJA JURUSAN TEKNIK INDUSTRI DENGAN INTEGRATED PERFORMANCE MEASUREMENT SYSTEM Ilyas Masudin, Dana Marsetiya Utama, Hery M. Kholik, Ali Haidar	V-19
5	ANALISIS BEBAN FISIK DAN BEBAN PSIKOFISIK PADA PROSES PEMBUATAN PRODUK MEUBEL KAYU DENGAN KOMBINASI KAYU SOLID DAN KAYU LAPIS Mustofa Mohtar, Miftahol Arifin	V-25
6	ANALISIS KEPUASAN PELANGGAN DENGAN PENDEKATAN METODE CUSTOMER SATISFACTION INDEX DAN IMPORTANCE PERFORMANCE ANALYSIS Shanty Kusuma Dewi, Dian Palupi Restuputri, Andri Sulaksmi	V-33

- | | | |
|---|--|------|
| 7 | PERANCANGAN SISTEM PENGUKURAN KINERJA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "A" DENGAN PENDEKATAN MODEL <i>ACADEMIC</i>
<i>SCORECARD</i> DAN STANDAR BAN-PT
Ahmad Mubin | V-39 |
|---|--|------|

PENJADWALAN PRODUKSI FLOWSHOP MENGGUNAKAN ALGORITMA BRANCH AND BOUND UNTUK MEMINIMASI MEAN TARDINESS

Annisa Kesy Garside¹, Dana Marsetiya Utama², Muhamad Rizal Arifin³

1. Universitas Muhammadiyah Malang, Malang
2. Universitas Muhammadiyah Malang, Malang
3. Universitas Muhammadiyah Malang, Malang

Kontak Person:

Annisa Kesy Garside
Jl. Raya Tlogomas 246
Malang, 65141

Telp: 0341-464318, Fax: 0341-460435, E-mail: annisa_garside@yahoo.com

Abstrak

Perusahaan mebel Mertojoyo memproduksi berbagai jenis kusen, daun jendela, dan daun pintu berdasarkan order konsumen. Proses pembuatan produk mengikuti tipe flowshop dimana pengerjaan melalui serangkaian mesin dengan urutan yang hampir sama yaitu pengukuran, pemotongan, perataan, pembentukan profil, pengeboran, penghalusan, dan perakitan. Selama ini perusahaan melakukan penjadwalan produksi secara subyektif sehingga seringkali mengalami keterlambatan penyelesaian pekerjaan. Penelitian ini bertujuan untuk meminimasi rata-rata waktu keterlambatan penyelesaian pekerjaan (*mean tardiness*) dengan menggunakan algoritma *branch and bound*. Tahapan penelitian dimulai dari pengumpulan data order konsumen, proses produksi, nama dan jumlah mesin, serta waktu proses. Selanjutnya dilakukan penjadwalan produksi dengan metode perusahaan dan algoritma *branch and bound*. Tahap terakhir adalah membandingkan total dan *mean tardiness* dari kedua hasil penjadwalan tersebut. Berdasarkan penjadwalan dengan metode perusahaan, diperoleh total *tardiness* pada Bulan Nopember 2014 sebesar 6,95 jam dengan *mean* sebesar 1,158 jam. Sedangkan penjadwalan dengan algoritma *branch and bound* memberikan total dan *mean tardiness* sebesar 1,583 jam dan 0,263 jam. Dari hasil tersebut, algoritma *branch and bound* mampu menurunkan *mean tardiness* sebesar 0,895 jam atau 77,22%.

Kata kunci: penjadwalan, flowshop, branch and bound, tardiness

Pendahuluan

Penjadwalan merupakan proses pengalokasian sumber untuk memilih sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu [1]. Masalah penjadwalan berhubungan dengan *sequencing* senantiasa melibatkan pengerjaan sejumlah komponen yang sering disebut dengan istilah *job*. *Job* sendiri masih merupakan komposisi dari sejumlah elemen-elemen dasar yang disebut aktivitas atau operasi ini membutuhkan alokasi sumber daya selama periode waktu tertentu yang sering disebut dengan waktu proses [2]. Penjadwalan memiliki tujuan meningkatkan produktivitas mesin, mengurangi waktu mesin menganggur, mengurangi keterlambatan, meminimasi ongkos produksi, dan memenuhi *due date* [3].

Perusahaan mebel Mertojoyo memproduksi berbagai jenis kusen, daun jendela, dan daun pintu berdasarkan order konsumen. Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah pengerjaan produk pesanan membutuhkan total waktu penyelesaian (*makespan*) yang lama, sehingga terkadang penyelesaian pesanan mengalami keterlambatan. Berdasarkan data order bulan Oktober 2014, terdapat 11% produk yang mengalami keterlambatan penyelesaian pekerjaan. Perusahaan harus bisa mengatur penggunaan mesin dan peralatan agar dapat memenuhi setiap order yang masuk.

Proses pembuatan produk di perusahaan mebel Mertojoyo mengikuti tipe *flowshop* dimana pengerjaan melalui serangkaian mesin dengan urutan yang hampir sama yaitu pengukuran, pemotongan, perataan, pembentukan profil, pengeboran, penghalusan, dan perakitan. Pada masalah *flowshop* terdapat n *job* yang harus melewati m mesin dalam urutan yang sama tetapi waktu proses yang mungkin berbeda [4]. Makalah ini menjelaskan permasalahan dalam meminimasi *mean tardiness* dengan jumlah order customer sebanyak 6 pada bulan Nopember 2014, dimana tiap order terdapat 8 *job* yang dikerjakan menggunakan 5 mesin. Algoritma *branch and bound* dapat menghasilkan solusi

yang baik untuk permasalahan penjadwalan *flowshop* di perusahaan [5, 6], sehingga metode yang digunakan dalam penyelesaian penjadwalan *flowshop* di perusahaan mebel Mertojoyo menggunakan algoritma *branch and bound*.

Metode Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan untuk membuat jadwal yang baru dengan menggunakan algoritma *branch and bound* untuk meminimasi *makespan*, *tardiness* dan *mean tardiness*, sebagai berikut : Tahap pertama yang dilakukan adalah perhitungan penjadwalan eksisting pada perusahaan. Metode penjadwalan eksisting di perusahaan menggunakan aturan subyektifitas. Langkah berikutnya adalah membagi *order* yang dipesan *customer* menjadi *job* yang akan dikerjakan di mesin. Permasalahan ini terdapat 6 *order* dari *customer*, dimana tiap *order* yang dipesan memiliki 8 *job* yang dikerjakan menggunakan 5 mesin. Selanjutnya dilakukan perhitungan *makespan*, *tardiness*, dan *mean tardiness*.

Tahap kedua yang dilakukan adalah perhitungan penjadwalan usulan dengan menggunakan metode *branch and bound*. Metode *branch and bound* menyelesaikan permasalahan digambarkan dalam bentuk *tree* dan masing-masing cabang menggambarkan urutan parsial. *Tree* dimulai dari inisial *node* yang memiliki cabang dimana terdapat *job* yang mungkin untuk menempati urutan pertama. Dari setiap *node* terdapat (n-1) cabang dikorespondensikan dengan (n-1) *job* yang mungkin untuk diurutkan pada urutan kedua, dan begitu seterusnya [7]. Berikut adalah karakteristik algoritma *branch and bound* untuk meminimumkan masalah [8]:

1. Aturan *branching* yaitu mencabangkan semua solusi yang mungkin.
2. Aturan *lower bounding* (LB) yaitu menetapkan batas bawah pada setiap solusi yang ada pada aturan *branching*.
3. Strategi pencarian yaitu memilih *node* dari setiap cabang.

Perhitungan waktu penyelesaian pada penjadwalan *flow shop* dengan metode *branch and bound* dapat ditunjukkan dengan persamaan (1)-(3).

$$b_i = q_i + \sum_{J \in \sigma'} t_{Ji} + \text{Min}_{J \in \sigma'} \left\{ \sum_{i=i+1}^m t_{Ji} \right\} \quad (1)$$

$$B_j = \text{Max}_{i=1}^m \{b_i\} \quad (2)$$

$$M = \text{Max}_{J=1}^n \{B_j\} \quad (3)$$

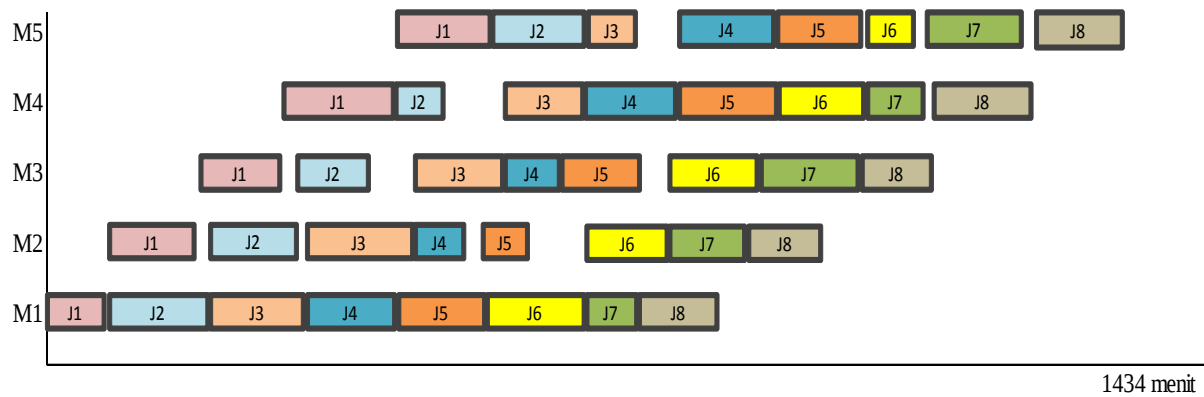
Setelah dilakukan perhitungan waktu penyelesaian dengan menggunakan metode *branch and bound* kemudian dilanjutkan dengan menghitung *mean tardiness*. Perhitungan *mean tardiness* untuk metode perusahaan dan metode *branch and bound* berdasarkan persamaan (4).

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n T_j \quad (4)$$

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penjadwalan Awal Perusahaan

Penjadwalan perusahaan dengan menggunakan subjektifitas didapatkan urutan *job* untuk semua *order* adalah 1-2-3-4-5-6-7-8. Selanjutnya tiap *order customer* akan dibuat berdasarkan urutan *job* tersebut. Gambar 1 menunjukkan *gantt chart* penjadwalan perusahaan berdasarkan *order customer* 1.



Gambar 1 Gambar *gant chart* penjadwalan perusahaan untuk order customer 1

Rekapitulasi penjadwalan awal perusahaan dapat dilihat pada Tabel 1. Kemudian dilakukan perhitungan manual waktu penyelesaian *tiap order*, *tardiness*, dan *mean tardiness*.

Tabel 1 Rekapitulasi perhitungan penjadwalan perusahaan bulan November 2014

No	Customer	Urutan Job	due date (menit)	Waktu penyelesaian (menit)	Tardiness (menit)
1	1	1-2-3-4-5-6-7-8	1260	1434	174
2	2	1-2-3-4-5-6-7-8	1260	1346	86
3	3	1-2-3-4-5-6-7-8	1260	1307	47
4	4	1-2-3-4-5-6-7-8	1680	1355	0
5	5	1-2-3-4-5-6-7-8	1260	1370	110
6	6	1-2-3-4-5-6-7-8	1680	1392	0
				Total	417
				Mean tardiness ($\bar{T}$)	69,5

Penjadwalan dengan Algoritma *Branch and Bound*

Langkah awal yang digunakan dalam algoritma *branch and bound* adalah membuat urutan parsial jadwal kemudian dilanjutkan dengan menghitung *lower bound* pada tiap-tiap mesin sesuai dengan persamaan (1), kemudian menghitung nilai *max lower bound* dari tiap-tiap mesin sesuai dengan persamaan (2), selanjutnya menghitung *min lower bound* dari *job* berdasarkan persamaan (3). Perhitungan metode *branch and bound* untuk order customer 1 dapat dilihat pada Tabel 2. Pohon percabangan metode *branch and bound* untuk order customer 1 dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2 Perhitungan metode *branch and bound* untuk order customer 1

Partial Sequence	(q1, q2, q3, q4, q5)	(b1, b2, b3, b4, b5)	B
1xxxxxxx	98, 215, 318, 474, 615	1367, 1298, 1315, 1378, 1434	1434
2xxxxxxx	136, 251, 353, 419, 552	1394, 1336, 1351, 1413, 1379	1413
3xxxxxxx	122, 264, 385, 501, 565	1367, 1322, 1383, 1464, 1461	1464
4xxxxxxx	115, 199, 295, 431, 568	1367, 1315, 1299, 1355, 1391	1391
5xxxxxxx	124, 216, 330, 482, 611	1367, 1324, 1316, 1390, 1422	1422
6xxxxxxx	150, 278, 411, 535, 618	1367, 1350, 1378, 1471, 1495	1495
7xxxxxxx	77, 190, 335, 432, 579	1367, 1277, 1290, 1395, 1392	1395
8xxxxxxx	129, 237, 343, 492, 618	1367, 1329, 1337, 1403, 1452	1452
41xxxxxx	213, 330, 433, 589, 730	1367, 1392, 1334, 1357, 1412	1412
42xxxxxx	251, 366, 468, 534, 701	1394, 1367, 1370, 1392, 1391	1394
43xxxxxx	237, 397, 500, 616, 680	1367, 1353, 1402, 1443, 1439	1443

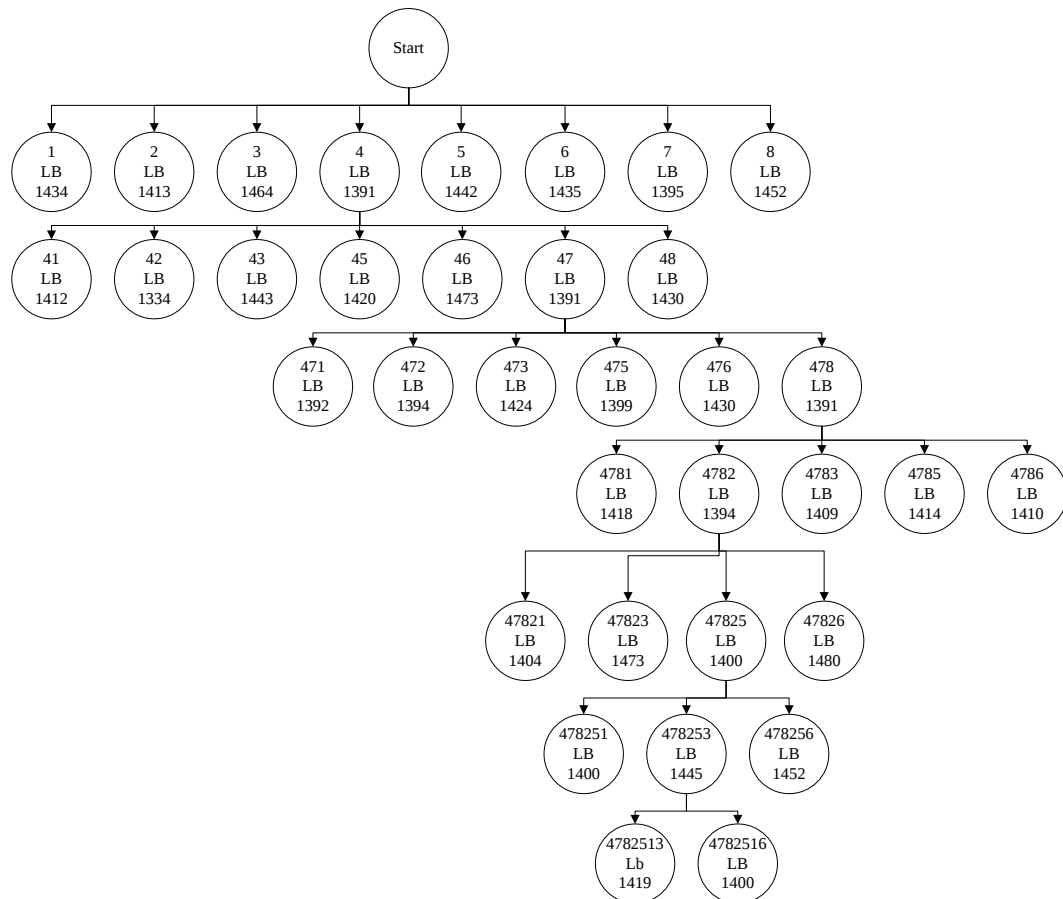
45xxxxxx	239, 331, 445, 597, 726	1367, 1355, 1335, 1369, 1420	1420
46xxxxxx	265, 393, 526, 650, 733	1367, 1381, 1397, 1450, 1473	1473
47xxxxxx	192, 312, 457, 554, 715	1367, 1315, 1316, 1381, 1391	1391
48xxxxxx	244, 352, 458, 607, 733	1367, 1360, 1356, 1382, 1430	1430
471xxxxx	290, 429, 560, 716, 857	1367, 1315, 1316, 1387, 1392	1392
472xxxxx	328, 443, 559, 712, 841	1394, 1331, 1316, 1386, 1391	1394
473xxxxx	314, 456, 578, 694, 779	1367, 1317, 1335, 1424, 1391	1424
475xxxxx	316, 408, 571, 723, 852	1367, 1319, 1316, 1398, 1399	1399
476xxxxx	342, 470, 603, 727, 810	1367, 1345, 1329, 1430, 1403	1430
478xxxxx	321, 429, 563, 712, 841	1367, 1324, 1316, 1390, 1391	1391
4781xxxx	419, 546, 666, 868, 1009	1367, 1324, 1316, 1390, 1418	1418
4782xxxx	457, 572, 674, 778, 974	1394, 1352, 1325, 1390, 1391	1394
4783xxxx	443, 585, 706, 828, 905	1367, 1338, 1357, 1409, 1391	1409
4785xxxx	445, 537, 677, 864, 993	1367, 1340, 1316, 1390, 1414	1414
4786xxxx	471, 559, 732, 856, 939	1367, 1366, 1352, 1410, 1406	1410
47821xxx	555, 689, 792, 948, 1115	1394, 1352, 1340, 1404, 1391	1404
47823xxx	579, 721, 842, 958, 1038	1419, 1448, 1399, 1473, 1391	1473
47825xxx	581, 673, 788, 940, 1103	1394, 1361, 1325, 1400, 1391	1400
47826xxx	607, 735, 868, 992, 1075	1394, 1387, 1364, 1480, 1409	1480
478251xx	679, 796, 899, 1096, 1244	1394, 1367, 1333, 1400, 1391	1400
478253xx	703, 845, 966, 1082, 1167	1419, 1430, 1409, 1445, 1391	1445
478256xx	731, 859, 992, 1116, 1199	1394, 1419, 1396, 1452, 1404	1452
4782513x	801, 943, 1064, 1212, 1308	1419, 1411, 1404, 1419, 1391	1419
4782516x	829, 957, 1090, 1220, 1327	1394, 1400, 1391, 1400, 1391	1400

Berdasarkan perhitungan dengan algoritma *branch and bound* diperoleh urutan pekerjaan (*job sequencing*) yang dihasilkan pada *order customer* 1 adalah 4-7-8-2-5-1-6-3, selanjutnya dilakukan pembuatan *gantt chart* untuk mengetahui waktu penyelesaian *order*. *Gantt chart* yang menunjukkan waktu penyelesaian *order customer* 1 dapat dilihat pada Gambar 3.

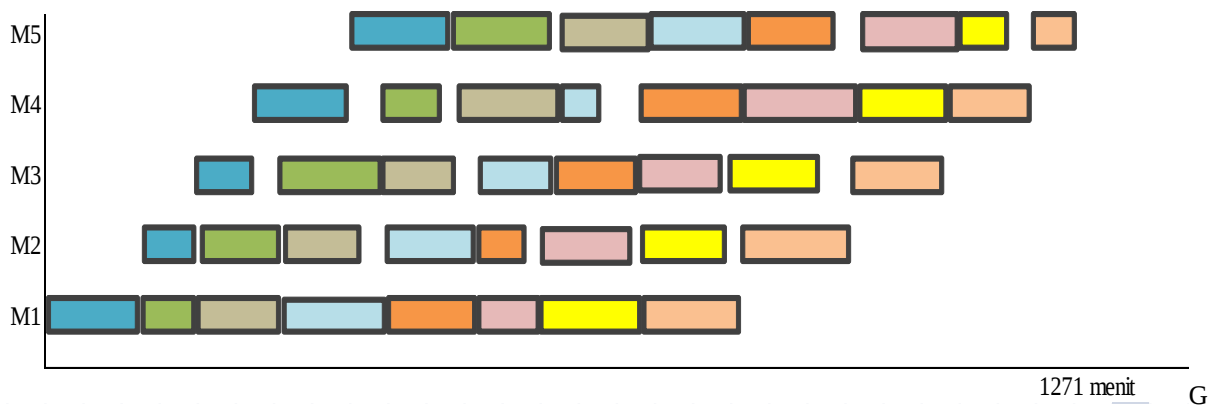
Setelah dihitung waktu penyelesaian *order* kemudian dilanjutkan dengan perhitungan keterlambatan sesuai dengan persamaan (4). Keterlambatan untuk *order* dari *customer* 1 dengan menggunakan metode *branch and bound* diperoleh sebesar 11 menit atau 0,18 jam. Dengan menggunakan langkah yang sama dilakukan perhitungan untuk setiap *customer*. Berdasarkan perhitungan metode *branch and bound* urutan pekerjaan *customer* 2 adalah 4-7-8-5-3-2-1-6, *customer* 3 adalah 4-7-2-6-5-3-1-8, *customer* 4 adalah 4-7-2-6-5-3-1-8, *customer* 5 adalah 7-2-5-6-3-4-1-8, *customer* 6 adalah 8-6-7-2-3-4-1-5. Rekapitulasi hasil penjadwalan dengan metode *branch and bound* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi Perhitungan Penjadwalan metode *branch and bound*

No	Customer	Urutan Job	Due date (menit)	Waktu penyelesaian (menit)	Tardiness (menit)
1	1	4-7-8-2-5-1-6-3	1260	1271	11
2	2	4-7-8-5-3-2-1-6	1260	1311	51
3	3	4-7-2-6-5-3-1-8	1260	1278	18
4	4	4-7-2-6-5-3-1-8	1680	1326	0
5	5	7-2-5-6-3-4-1-8	1260	1275	15
6	6	8-6-7-2-3-4-1-5	1680	1353	0
Total					95
Mean tardiness ($\bar{T}$)					15,8



Gambar 2 Pohon percabangan untuk *order customer 1*



Gambar 3 Gantt chart penjadwalan usulan untuk *order customer 1*

Berdasarkan Tabel 1 dan 3 menunjukkan bahwa *makespan* yang dihasilkan penjadwalan metode *branch and bound* memiliki waktu penyelesaian lebih cepat dari pada penjadwalan awal perusahaan. Metode *branch and bound* tidak hanya dapat meminimasi *makespan* tetapi juga dapat meminimasi *tardiness* lebih cepat dibandingkan dengan metode perusahaan. Berdasarkan penjadwalan dengan metode perusahaan, diperoleh total *tardiness* pada Bulan Nopember 2014 sebesar 417 menit atau 6,95 jam dengan *mean tardiness* sebesar 69,5 menit atau 1,158 jam. Sedangkan penjadwalan dengan algoritma *branch and bound* memberikan total dan *mean tardiness* sebesar 95 menit atau 1,583 jam dan 15,8 menit atau 0,263 jam. Dari hasil tersebut, algoritma *branch and bound* mampu menurunkan *mean tardiness* sebesar 0,895 jam atau 77,22%.

Kesimpulan

Penjadwalan dengan algoritma *branch and bound* memberikan total dan *mean tardiness* sebesar 1,583 jam dan 0,263 jam. Dari hasil tersebut, algoritma *branch and bound* mampu menurunkan *mean tardiness* sebesar 0,895 jam atau 77,22%.

Daftar Notasi

b_i = *lower bound*, adalah hasil perhitungan dari nilai batas bawah pada mesin ke- i
 q_i = jumlah *completion time* yang terakhir pada mesin ke- i
 σ' = *job* yang belum dijadwalkan
 t_{ji} = waktu proses *job* ke- j pada mesin ke- i .
 m = banyaknya tahapan pengerjaan di mesin
 n = banyaknya *job*
 B_j = *max lower bound* dari mesin ke- i untuk *job* ke- j
 M = *min lower bound* dari *job* ke- j
 $\bar{T}$ = *mean tardiness*
 T_j = *tardiness* *job* ke- j = maksimum (0, L_j)
 $L_j = C_j - d_j$
 C_j = waktu penyelesaian *job* ke- j
 d_j = *due date* *job* ke- j

Referensi

- [1] Baker, K.R. and Trietsch, D. Principles of Sequencing and Scheduling. John Wiley & Sons. 2013.
- [2] Ginting, R. Penjadwalan Mesin. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2009.
- [3] Baker, K.R. Introduction to Sequencing and Scheduling. John Wiley & Sons. 1974.
- [4] Gen, M. and Cheng, R. Genetic Algorithms and Engineering Optimization. John Wiley & Sons. 2000.
- [5] Santoso, G. Algoritma Branch and Bound dan Algoritma Genetika untuk Penjadwalan Flowshop dengan Fungsi Tujuan Ganda. Skripsi. Surabaya: Petra Christian University; 2000.
- [6] Herlina, L., Kurniati, A., and Kurniawan, B. *Penjadwalan Produk Painted di PT. X dengan Algoritma Branch and Bound untuk Meminimasi Mean Flow Time*. Seminar Nasional IENACO. Surakarta, 2014. 428-432.
- [7] Alharkan, I.M., Algorithms for Sequencing and Scheduling. *Handout Industrial Engineering Department*. Saudi Arabia: King Saudy University. 2010.
- [8] Rios-Mercado, R.Z. and Bard, J.F. A Branch-and-Bound Algorithm for Flowshop Scheduling with Setup Times. *IEE Transactions*. 1999; vol. 31:721-731.