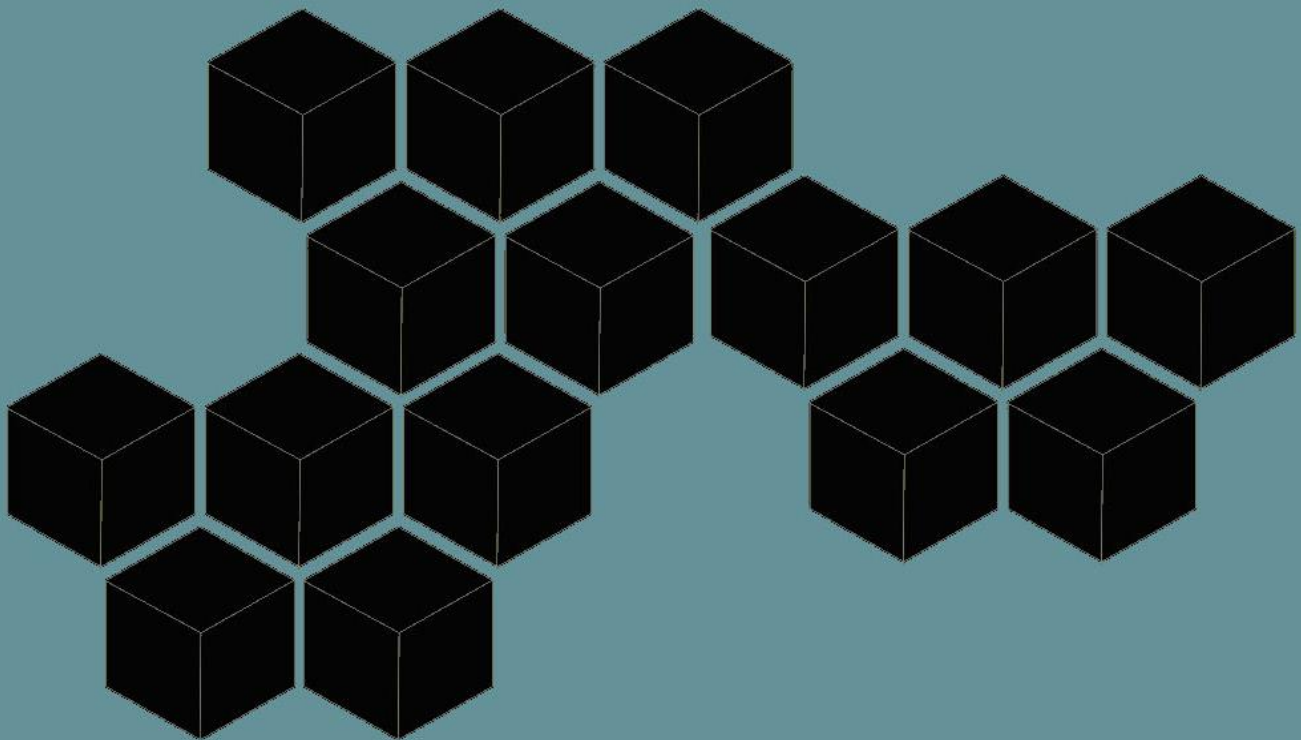


2016 PROSIDING **SENTRA**

#2

Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa

Green Technology Untuk Mendukung Industri Nasional Berkelanjutan



<http://sentra.umm.ac.id>

Online ISSN : 2527-6050

Print ISSN : 2527-6042

Batu, 2-3 September 2016

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang

SUSUNAN PANITIA

Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang

- **Pelindung dan Penasehat**

1. Ir. Sudarman, M.T. (Dekan FT)
2. Ir. Mulyono, M.T. (Pembantu Dekan II FT)
3. Ir. Alik Ansori AL, M.T. (Pembantu Dekan III FT)
4. Ir. Daryono, M.T. (Ketua Jurusan Teknik Mesin)
5. Ir. Rofikatul Karimah, M.T. (Ketua Jurusan Teknik Sipil)
6. Ir. Nur Alif M, M.T. (Ketua Jurusan Teknik Elektro)
7. Yuda Munarko, S.Kom, M.Sc (Ketua Jurusan Teknik Informatika)
8. Ir. Dian Palupi Restuputri, S.T., M.T. (Sekretaris Jurusan Teknik Industri)

- **Penanggung Jawab**

Dr. Ahmad Mubin, M.T. (Pembantu Dekan I)

- **Panitia Pengarah (Steering Committee)**

1. Dr. Ir. Suwarsono, M.T. (Koord.)
2. Dr.Ir. Lailis Syafa'ah, M.T.
3. Dr. Ir. Samin, M.T.
4. Dr. Ir. Sunarto, M.T.
5. Dr. Ir. Ermanu Azizul Hakim, M.T.
6. Ilyas Mas'udin, M.Log., SCM., Ph.D.

- **Panitia Pelaksana (Organizing Committee)**

Ketua Pelaksana	: Dr. Zulfatman, M.Eng.
Wakil Ketua	: Ir. Murjito, M.T. (Koord.)
Sekretaris	: Iis Siti Aisyah, M.T, PhD
Bendahara	: Lailatul Husniah, S.ST, M.T.

Seksi Acara

1. Drs. Moh Jufri, ST., M.T. (Koord.)
2. Diah Risqiwati, S.T., M.T.
3. Ir. Erwin Rommel, M.T.
4. Annisa Kessy Garside, S.T., M.T.
5. Machmud Effendy, S.T., M.Eng

Seksi Sponsorship

1. Mahar Faiqurrahman, S.Kom, M.Kom. (Koord.)
2. Mohamad Irkham M., S.T, M.T.

Seksi Kesekretariatan dan Publikasi

Sub Seksi Kesekretariatan

1. Shanty Kusuma, S.T., M.T. (Koord.)
2. Tommy Saputra, S.T., M.Eng.
3. Nurhayatin, S.ST, M.Kom.
4. Mila Malna, S.Psi.
5. Linda Nur Wulansari., S.Kom.

Sub Seksi Publikasi

1. Agus Eko Minarno, S.Kom., M.Kom. (Koord.)
2. Wahyu Andhyka Kusuma, S.Kom, M.Kom.
3. Aditya Dio Waskito.

Sub Seksi Naskah

1. Dana Marsetiya Utama, S.T., M.T. (Koord.)
2. Ilham Pakaya, S.T., M.T.

Seksi Akomodasi dan Transportasi

1. Yufis Azhar, S.Kom., M.Kom. (Koord.)
2. Moh. Heriyanto
3. M.Taufik

Seksi Perlengkapan dan Dokumentasi

1. Ir. Andi Syaiful Amal, M.T. (Koord.)
2. Amrul Faruq, S.T., M.Eng.
3. Ahmad Mustofa
4. M. Zaini
5. Lukman Rohmatullah

Seksi Konsumsi

1. Dra. Heny Hendaryati, M.T. (Koord.)
2. Gita Indah Marthasari, S.T., M.T.
3. Dini Kurniawati, S.T., MT.
4. Dewi Sulistiyowati, S.T.
5. Ratna Wijayanti, S.E.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmad dan hidayah-Nya sehingga *Proceeding* Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016 dengan tema “*Green Technology* Dalam Industri Nasional Berkelanjutan” yang diselenggarakan oleh Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang pada 2-3 September 2016 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 Mesin, Makalah Bidang II : Teknik Sipil dan Makalah Bidang III: Teknik Industri. *Proceeding* Vol 2 berisi tentang Makalah Bidang IV : Teknik Elektro dan Makalah Bidang V : Teknik Informatika.

Akhir kata semoga *Proceeding* ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak khususnya dalam perkembangan *Green Technology* untuk Industri Nasional yang Berkelanjutan.

Malang, 2 September 2016

Tim Penyusun *Proceeding*

Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kami sampaikan kepada:

1. Assoc. Prof. Dr. Timotius Pasang (Dean of ME, Auckland University of Technology (AUT) NZ), Prof.Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng (Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya), Prof.Dr. Ir. Tresna Priyana Soemardi, M.Si (Universitas Indonesia (UI) Jakarta) dan Dr. Ir. Sunarto, M.T. (Universitas Muhammadiyah Malang (UMM)) sebagai pembicara dalam kegiatan ini.
2. Bapak/Ibu Pemakalah dan Peserta yang telah menyumbangkan pemikirannya dalam acara Seminar nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016
3. PT. Kebon Agung dan PT. Rekayekti Sadhana Malang yang telah mendukung terselenggaranya Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016.
4. Jurusan Teknik Mesin Universitas Indonesia yang ikut berpartisipasi dalam kediatan seminar ini.
5. Tak lupa kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan bagi terselenggaranya Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016.

Malang, 2 September 2016

Panitia

Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016

DAFTAR ISI

Susunan Panitia Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2015	i
Kata Pengantar	iii
Ucapan Terima kasih	iv
Daftar Isi	v

Makalah Bidang I : Teknik Mesin

1	PEMODELAN TURBULEN ANISOTROPIK UNTUK SIMULASI CFD DALAM ALIRAN KOMPRESIBEL Ahmad Indra Siswantara, Asyari Daryus, Budiarto	I - 1
2	CATALYTIC CONVERTER JENIS KATALIS KAWAT TEMBAGA BERBENTUK SARANG LABA-LABA UNTUK MENGURANGI EMISI KENDARAAN BERMOTOR Ali Mokhtar, Lukmanur HA, Trenyu Wibowo	I - 9
3	PEMAMFAATAN LAUT DI PROVINSI GORONTALO SEBAGAI PENGANTI AIR AKI Alifransi Sulaeman, Hendra Uloli	I - 15
4	ANALISIS PENGARUH PARAMETER PENGELASAN MICRO FRICTION STIR WELDING (mFSW) TERHADAP TEMPERATUR PADA ALUMINUM ALLOY 1100 Ario Sunar Baskoro, Muhamad Dzulkarnaini Habibullah, Zetha Arvay, Suwarsono	I - 20
5	PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP MASSA DEPOSIT BAHAN BAKAR SOLAR (B0) DAN BIODIESEL (B100) Bambang Sugiarto, M Taufiq Suryantoro, Zofarizal Gusfa, Danniell Chistian, Bintang Samudra	I - 26
6	EFISIENSI TEORITIS DAN EKSPERIMENTAL TURBIN PIKOHIDRO JENIS PELTON TINGGI JATUH RENDAH Budiarto, M. Rasyid Ramdhani	I - 33
7	PENGARUH PENGGUNAAN SUNGKUP PADA SUHU REAKTOR PIROLISIS PLASTIK UNTUK MENGHASILKAN BAHAN BAKAR CAIR Benny H. Armadi, C. Rangkuti, M. Dylan Fauzi	I - 40
8	ESTIMASI KEBUTUHAN BAHAN BAKAR KAPAL PENYEBERANGAN ANTAR PULAU BERDASARKAN PERFORMA OLAH GERAK Daeng Paroka, Arjubono, Andi Haris Muhammad, Syamsul Asri	I - 53
9	PENGARUH JARAK PEMANASAN TRANSIEN UNTUK MEREDUKSI DISTORSI SAMBUNGAN PADA PENGELASAN FCAWBAJA A 36. Daryono, Nur Subeki, Moch Jufri, dan Asqalany	I - 65
10	ANALISIS PENGARUH KECEPATAN SPINDLE DAN KECEPATAN PEMAKANAN TERHADAP KEAUSAN PAHAT DAN KEKASARAN PERMUKAAN D.L Zariatn, Reza Febriatna	I - 72

11	MODIFIKASI CARBON NANOTUBE UNTUK SINTESIS KOMPOSIT TITANIA NANOTUBE (TiNT)-CARBON NANOTUBE (CNT) DALAM MENDEGRADASI FENOL Desi Heltina, Praswasti PDK. Wulan, Slamet	I - 80
12	KAPASITAS PENGERING SEMPROT UNTUK BELIMBING: PENGARUH PARAMETER UDARA PENGERING Engkos Achmad Kosasih, Gema Ramadhan Aria Wibisana	I - 87
13	PENGEMBANGN SISTEM SYNCHROMESH UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI MOTOR PADA KENDARAAN LISTRIK Danardono, A. S., Fuad Zainuri, M. Adhitya	I - 95
14	PENGEMBANGAN DAN PENGUKURAN MESIN m-FORMING 5kN Aida Mahmudah, Gandjar Kiswanto	I - 102
15	ANALISA PRODUKTIFITAS TIM JUARA KOMPETISI REGULER EROPA DENGAN PENDEKATAN METODE RELIABILITAS Gerry Liston Putra, Yudan Whulanza, Warjito	I - 110
16	STUDI PENGARUH IMPLEMENTASI JET SINTETIK TERHADAP GAYA DRAG AERODINAMIS PADA MODEL MOLINAS Harinaldi, Ramon Trisno, Inshanu Ghalih Wibowo	I - 117
17	PERHITUNGAN NILAI KOMPLEKSITAS UNLOADING MESIN CNC FITUR ROTATIONAL DAN NON-ROTATIONAL Hendri D. S. Budiono, Rizal Putra Munthe	I - 126
18	ANALISIS OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS SEBAGAI DASAR PENINGKATAN KINERJA LINI PRODUKSI GARAM PT. XYZ Henky Suskito Nugroho, Randy Prabha Yogana	I - 135
19	CHARACTERIZATION OF COPPER DEPOSIT ON ELECTROPLATING OF AISI 1024 STEEL I.S. Aisyah, Sudarman, Handrianto, D.A. Maulana Putra	I - 144
20	PENGARUH DIAMETER CRUSH INITIATOR TERHADAP CRASHWORTHINESS PADA HOLLOW BOX BEAM Jos Istiyanto, Felix Dionisius, Muhammad Yudha, Muhammad Malawad, Suci Hakiman	I - 152
21	PRODUKSI & PENGUJIAN SERBUK ALUMINIUM HASIL PROSES UVBM (UMM VERTICAL BALL MILL) Khasan Tibi, Iis Siti Aisyah, Achmad Fauzan HS	I - 159
22	STUDY PERANCANGAN KAPAL FERRY TRIMARAN UNTUK KAWASAN TIMUR INDONESIA Mansyur Hasbullah	I - 163

23	KONSEP DESAIN DAN ANALISA STRUKTUR COTTAGE TERAPUNG DENGAN LAMBUNG SILINDRIS Marcus Alberth Talahatu, Gerry Liston Putra, Sri Lestari Maharani	I - 169
24	EFEK TEMPERATUR TRANSIEN PADA PENGELASAN FCAW UNTUK MENURUNKAN DISTORSI Moh. Jufri, Daryono, Nur Subekhi, Abdur Rohman	I - 177
25	SIMULASI PEMILIHAN RASIO GIGI BUS LISTRIK Mohammad Adhitya, Hanif Miftahul Haq	I - 182
26	ANALISA PERFORMANCE PRODUK DARI MESIN BRIOBRIKET SAMPAH ORGANIK DALAM UPAYA MENYIAPKAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF Mulyono	I - 191
27	ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN FRICTION WELDING PADA BAJA ST 37 Murjito	I - 197
28	RANCANG BANGUN TUNGKU PELEBURAN ALUMINIUM HEMAT ENERGI SEBAGAI SARANA PEMBELAJARAN TEKNIK PENGECORAN DI LABORATORIUM TEKNIK MESIN Murjito	I - 206
29	KINERJA SISTEM MANAJEMEN TERMAL MOTOR LISTRIK MENGGUNAKAN PIPAKALOR PIPIH BERBENTUK "L" Bambang Ariantara, Nandy Putra, M. Ranga Dexora	I - 212
30	REVIEW: PERKEMBANGAN LIQUID COLLECTION SYSTEM PADA PROSES PYROLYSIS UNTUK MEMPRODUKSI ASAP CAIR Nasruddin A. Abdullah, Nandy Putra, Raldi A. Koestoer, Imansyah Ibnu Hakim	I - 221
31	ANALISIS SIMULASI PERFORMA AERODINAMIKA SAYAP PESAWAT TERBANG AIRFOIL NACA 23018 PADA BEBERAPA CANT ANGLE Setyo Hariyadi S.P.	I - 229
32	ANALISA BENDING TERHADAP DESAIN BRACKET ORTHODONTIC UNTUK UJI KEMAMPUAN PERGESERAN GIGI Sugeng Supriadi, Agung Samsuddin Saragih, Bambang Irawan, Bambang Suharno, Tjokro Prasetyadi, M W Ajiwibowo	I - 239
33	PENGEMBANGAN FABRIKASI LOTUS-TYPE POROUS MATERIAL DENGAN METODE SLIP CASTING BERBAHAN DASAR SERBUK TEMBAGA UNTUK APLIKASI SUMBU KAPILER PADA PIPA KALOR Sugeng Supriadi, Nandy Putra, Bambang Ariantara, Ichsan Indhiarto	I - 246
34	ANALISIS KECELAKAAN KERJA PADA GALANGAN KAPAL Sunaryo, Rizka Yulianti Priandini	I - 251

35	KARAKTERISASI PROTEIN SKIMMER Warjito, Imam Taukhid, Amin Pamungkas, Kuku Adiyana, Manus Setyantono	I - 256
36	DRAG REDUCTION ALIRAN PASIR SILIKA PADA PIPA SPIRAL DENGAN PENAMBAHAN BIOPOLIMER Yanuar, Kurniawan T. Waskito, dan Sealtial Mau	I - 264
37	REALIZATION AND TESTING OF MINI EXTRUDER FOR BIOMATERIAL FILAMENT IN BIOMEDICAL APPLICATION Yudan Whulanza and Joko Setiawan	I - 271
38	PENGAMBILAN KEMBALI LOGAM Li DARI LIMBAH BATERAI Li-ION DENGAN TEKNOLOGI LEACHING MENGGUNAKAN ASAM SITRAT Yuliusman	I - 278
39	UNPATENTED GRASHOF-INCUBATOR AS A PART OF COMMUNITY-ENGAGEMENT IN MECHANICAL ENGINEERING UNIVERSITY OF INDONESIA Raldi A. Koestoer, Ibnu Roihan	I - 285
40	UPAYA PENSTABILAN NYALA PADA MESO COMBUSTOR TABUNG KUARSA TANPA ENERGI EKSTERNAL Achmad Fauzan, I.N.G. Wardana, Lilis Yulianti, Mega Nursasongko	I - 288
41	UNJUK KERJA HEAT PIPE PADA SISTEM PENDINGIN PASIF DI KOLAM BAHAN BAKAR NUKLIR BEKAS Nandy Putra, M. Hadi Kusuma, Anhar Riza Antariksawan, Raldi Artono Koestoer, Brilliant Tegar Verlambang, Sri Ismarwanti	I - 297

Makalah Bidang II : Teknik Sipil

1	PEMANFAATAN OLIE BEKAS SEBAGAI MODIFIER PADA LAPISAN ASPAL BUTON BERAGREGAT (LASBUTAG) CAMPURAN PANAS UNTUK PERKERASAN JALAN Alik Ansyori Alamsyah, Hari Eko Meiyanto	II - 1
2	STUDI KEBUTUHAN UDARA, KUALITAS KLINKER DAN KADAR NOX PADA PROSES QUENCHING DI PT. SEMEN INDONESIA TUBAN A. Meidianto, M.A. Haetami, Indriyanti, S. Sinasa, R. Sudiantoro	II - 19
3	PEMANFAATAN PASIR VULKANIK GUNUNG KELUD SEBAGAI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN ATB (ASPHALT TREATED BASE) TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL TEST Andi Syaiful Amal, Khoirul Abadi	II - 24
4	TINJAUAN KARAKTERISTIK BETON BUSA DENGAN PENAMBAHAN FLY-ASH DAN FOAM-AGENT Erwin Rommel, Yunan Rusdianto, Rofikatul Karimah, M. Angga Wahyudin	II - 33
5	ANALISIS BUANGAN AIR DRAINASE TERHADAP KUALITAS AIR SUNGAI CISADANE KOTA TANGERANG Idi Namara, Kurniati, Fandani Fredynanto	II - 41

6	KLASIFIKASI KUALITAS AIR SUNGAI CISADANE KOTA TANGERANG Idi Namara, Kurniati, Raditya Jaelani	II - 48
7	EVALUASI PENDEKATAN PROYEK FISIK PEMERINTAH TERHADAP PENGELOLAAN KUALITAS AIR SUNGAI CISADANE KOTA TANGERANG Idi Namara, Kurniati, La Jusuf Raka Rantu	II - 57
8	UJI LEKATAN (PULL-OUT) TULANGAN BAMBU TERHADAP PANEL ENCENG GONDOK Lukito Prasetyo	II - 63
9	KUAT TARIK LEKATAN BAJA PADA BETON DENGAN SISTEM GROUTING PADA PIPA SELONGSONG Ninik Catur E.Y, Agus Subiyanto	II - 68
10	PENGUNAAN ABU AMPAS TEBU DAN SUPERPLASTICIZER SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA CAMPURAN BETON NORMAL Rofikatul Karimah, Yusuf Wahyudi	II - 76
11	HUBUNGAN CURAH HUJAN DAN TIMBULAN LINDI SERTA PREDIKSI TIMBULAN LINDI STUDI KASUS LANDFILL SKALA LABORATORIUM Samin, Sulianto	II - 83
12	PERBANDINGAN KINERJA ALGORITMA DIFFERENTIAL EVOLUTION DAN PARTICEL SWAM OPTIMIZATION PADA ANALISIS ALIRAN JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH Sulianto, Ernawan Setiono	II - 89
Makalah Bidang III : Teknik Industri		
1	PENGUKURAN DAN EVALUASI KINERJA FAKULTAS X UNIVERSITAS Y UNTUK PENINGKATAN PERINGKAT AKREDITASI PROGRAM STUDI Ahmad Mubin	III - 1
2	PERANCANGAN SISTEM INFORMASI LABORATORIUM TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG Annisa Kesy Garside, Dana Marsetiya Utama	III - 6
3	PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI LPG DENGAN PENDEKATAN MODEL MATEMATIS Annisa Kesy Garside, Xamelia Sulistyani, Dana Marsetiya Utama	III - 12
4	ANALISA PERBANDINGAN PENGGUNAAN ATURAN PRIORITAS PENJADWALAN PADA PENJADWALAN NON DELAY N JOB 5 MACHINE Dana Marsetiya Utama	III - 19

5	IDENTIFIKASI DAN PENGENDALIAN RISIKO DI BAGIAN PRODUKSI 1 DALAM UPAYA PENCAPAIAN ZERO ACCIDENT MENGGUNAKAN METODE HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ASSESSMENT (HIRA) Dian Palupi Restuputri, Eriko , Andri Sulaksmi	III - 24
6	METODE SHIPMENT CONSOLIDATION SEBAGAI SOLUSI GREEN LOGISTIC Dina Noviana, Meidina Kalse Boer, Mohammad Salman Al Farisi	III - 32
7	FAKTOR PENDORONG MANAJEMEN RANTAI PASOK YANG EFEKTIF : KAJIAN TEORITIS Faradilla Witha Fernanda, Ilyas Masudin, Nia Anggraeni P.W, Fien Dzulfikarijah	III - 39
8	DESIGN MESIN PENJEPIT SANDAL SPONS DENGAN PENDEKATAN BIOMEKANIKA DI SENTRA INDUSTRI SANDAL TOYOMARTO SINGOSARI – MALANG Ilyas Masudin, Daryono, Fery Yulianto	III - 51
9	NOVASI PEMBELAJARAN PENGEMBANGAN MATA KULIAH TATA LETAK PABRIK (PTLP) Mohammad Lukman	III - 57
10	ANALISIS KEPUASAN PELANGGAN ANTARA KINERJA DAN HARAPAN PELANGGAN PT X Niken Parwati, Muhammad Faisal	III - 63
11	OPTIMASI PEMANFAATAN AIR WADUK LIDER UNTUK IRIGASI MENGGUNAKAN GOAL PROGRAMMING Nastasia F. Margini, Nadjadji Anwar, Bambang Sarwono	III - 70
12	ANALISIS POTENSI EKONOMI KABUPATEN DAN KOTA DI PROVINSI MALUKU UTARA Nur Rahmi Umanailo, Jaka Nugraha	III - 75
13	IMPLEMENTASI LEAN SIX SIGMA DI SEKTOR PUBLIK Rini Mulyani Sari, Ayu Endah Wahyuni, Arief Rahmana	III - 82
14	ANALISA BIAYA UNTUK PENGENDALIAN BIAYA PRODUKSI Shanty Kusuma Dewi	III - 90
15	PERENCANAAN KEBUTUHAN HASIL PERIKANAN TANGKAP DAN KOMODITI LAUT LAINNYA MELALUI PENDEKATAN METODE MATERIAL REQUIREMENT PLANNING (MRP) DALAM UPAYA PENINGKATAN PENDAPATAN NELAYAN GORONTALO Stella Junus, Idham Halid Lahay	III - 97
16	PENERAPAN METODE FUZZY SERVQUAL & IMPORTANCE PERFORMANCE ANALYSIS UNTUK ANALISA KUALITAS PELAYANAN Thomy Eko Saputro	III - 105

PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI LPG DENGAN PENDEKATAN MODEL MATEMATIS

Annisa Kesy Garside, Xamelia Sulistyani, Dana Marsetiya Utama

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang

Kontak Person:

Annisa Kesy Garside

Jalan Raya Tlogomas No. 246 Malang, 0341-464318

E-mail: annisa_garside@yahoo.com

Abstrak

UD. Ibu merupakan pangkalan yang mendistribusikan LPG 3kg di daerah Ploso, Jombang. Permasalahan yang dihadapi UD. Ibu adalah tabung LPG yang terisi maupun kosong tidak mampu terangkut semua karena melebihi kapasitas kendaraan sehingga truk harus kembali ke pangkalan. Hal ini berdampak pada jarak tempuh kendaraan yang semakin panjang dan menyebabkan penambahan biaya transportasi. Penelitian ini bertujuan menentukan rute kendaraan dengan mempertimbangkan jumlah tabung LPG terisi yang dikirim dan jumlah tabung LPG kosong yang diambil dari konsumen dengan menggunakan model matematis mixed integer programming. Penentuan rute kendaraan pada UD. Ibu termasuk dalam salah satu varian Vehicle Routing Problem yaitu Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup (VRPSDP) dimana konsumen secara simultan meminta pelayanan pengiriman dan pengambilan barang. Langkah-langkah dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data, pengembangan model matematis VRPSDP, penterjemahan model dalam bahasa pemrograman LINGO, dan pencarian solusi model dengan solver LINGO. Dengan menggunakan model matematis diperoleh rute kendaraan usulan mampu menghemat jarak tempuh sebesar 17,05% dan total biaya transportasi sebesar 4,97%.

Kata kunci: vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup, mixed integer programming, biaya transportasi.

1. Pendahuluan

Logistik merupakan salah satu aspek terpenting pada suatu perusahaan karena tuntutan konsumen dan persaingan antar perusahaan yang semakin ketat. Kunci sukses suatu perusahaan bukan hanya dilihat dari rencana produksi yang tepat, proses produksi yang efisien, kualitas produk yang sesuai standar tetapi juga ketersediaan produk dan distribusi yang menjamin produk dikirim tepat waktu dan jumlah. Transportasi merupakan kegiatan logistik yang paling penting dikarenakan biaya transportasi menyerap hampir 1/3 sampai 2/3 dari biaya logistic [1].

UD. Ibu merupakan salah satu pangkalan LPG resmi PT. Pertamina yang mendistribusikan LPG 3kg ke kurang lebih 150 pelanggan di daerah Ploso, Jombang. UD Ibu melakukan pendistribusian LPG 3kg hanya memperhatikan cakupan wilayah per daerah yaitu Losari, Rejoagung, sekitaran Jl. Dr Sutomo, Jl. Joyolengkro, Jl. Timur Pasar, dan Jl. Perintis. Masalah pendistribusian LPG 3kg yang sering bolak-balik kembali ke pangkalan dan perusahaan juga tidak memiliki metode khusus untuk menentukan rute, sehingga perusahaan masih secara subjektif menentukan rute tanpa mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan permintaan pelanggannya.

Pada penelitian ini, perencanaan pendistribusian LPG 3kg termasuk dalam *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup* (VRPSDP). VRPSDP digunakan untuk menentukan rute pengiriman barang dengan mempertimbangkan permintaan pengiriman dan pengambilan tabung LPG secara sekaligus untuk setiap armada [2]. Penyelesaian VRPSDP ini menggunakan model matematis yaitu *mixed integer programming* dan bantuan *software* LINGO untuk mendapatkan solusi model. Dengan penerapan model matematis dalam menyelesaikan permasalahan diharapkan perusahaan akan memperoleh rute distribusi baru yang sudah mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan permintaan pengiriman dan pengambilan setiap pelanggan sehingga biaya transportasi dapat diminimalkan.

2. Metode Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu :

- Jarak dari pangkalan ke pelanggan dan jarak antar pelanggan

- Permintaan *delivery* dan *pickup*
- Armada pengiriman dan kapasitas kendaraan
- Biaya transportasi berupa biaya bahan bakar dan biaya tenaga kerja

2.2. Pengolahan Data

1. Pengembangan model matematis VRPSDP

Langkah pertama dalam pengolahan data adalah memodifikasi model matematis VRPSDP yang dikembangkan oleh [3] dengan menambahkan batasan kapasitas waktu yang dimiliki tiap kendaraan. Parameter, variabel keputusan, fungsi tujuan, dan kendala dalam model *Mixed Integer Programming* (MIP) sebagai berikut :

Parameter model matematis VRPSDP

- V : Set dari pelanggan
 V_0 : Dari pelanggan ditambah pangkalan : $V_0 = V \cup \{0\}$
 $\bar{k}$: Jumlah kendaraan
 Q : Kapasitas kendaraan
 n : Jumlah pelanggan: $n = |V|$
 c_{ij} : Jarak antara pelanggan i dan j
 d_j : Jumlah pengiriman ke pelanggan j ; $j = 1, 2, 3, \dots, n$
 p_j : Jumlah pengambilan ke pelanggan j ; $j = 1, 2, 3, \dots, n$
 t_{ij} : Waktu perjalanan pelanggan i dan j
 s_j : Waktu pelayanan pelanggan ke- j
 D_k : Kapasitas waktu/jam kerja kendaraan ke- k
 MD : Jarak maksimum yang diizinkan untuk setiap rute

Variabel keputusan

- X_{ijk} : Bernilai 1, jika kendaraan k akan mengunjungi pelanggan j setelah pelanggan i dan bernilai 0 jika sebaliknya.
 y_{ij} : Jumlah pengambilan sampai pelanggan i dan akan ditransportasikan melalui jalur (i, j) .
 z_{ij} : Jumlah pengiriman yang akan dikirimkan setelah pelanggan i dan akan ditransportasikan melalui jalur (i, j) .

Fungsi tujuan model VRPSDP yaitu meminimalkan total jarak tempuh, dan secara sistematis dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Min} \sum_{k=1}^{\bar{k}} \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N c_{ij} x_{ijk} \quad (1)$$

Dengan kendala – kendala :

$$\sum_{i=0}^N \sum_{k=1}^{\bar{k}} x_{ijk} = 1, \quad j = 1, \dots, N \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^N x_{ijk} - \sum_{i=0}^N x_{jik} = 0, \quad j = 0, 1, \dots, N; k = 1, \dots, \bar{k} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{0jk} \leq 1, \quad k = 1, \dots, \bar{k} \quad (4)$$

$$\sum_{i=0}^N y_{ji} - \sum_{i=0}^N y_{ij} = p_j, \quad \forall j \neq 0 \quad (5)$$

$$\sum_{i=0}^N z_{ij} - \sum_{i=0}^N z_{ji} = d_j, \quad \forall j \neq 0 \quad (6)$$

$$y_{ij} + z_{ij} \leq Q \sum_{k=1}^{\bar{k}} x_{ijk}, \quad i, j = 0, 1, \dots, N \quad (7)$$

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N c_{ij} x_{ijk} \leq MD, \quad k = 1, \dots, \bar{k} \quad (8)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad i, j = 0,1, \dots, N; k = 1, \dots, \bar{k} \quad (9)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad i, j = 0,1, \dots, n \quad (10)$$

$$z_{ij} \geq 0, \quad i, j = 0,1, \dots, n \quad (11)$$

Persamaan (2) memastikan setiap pelanggan dikunjungi oleh 1 kendaraan. Persamaan (3) menjamin bahwa kendaraan yang sama datang dan pergi dari setiap pelanggan yang dikunjungi.

Persamaan (4) mendefinisikan paling banyak $\bar{k}$ kendaraan yang dapat digunakan. Batasan (5) dan (6) menyatakan persamaan aliran untuk permintaan pengiriman dan pengambilan barang, kedua persamaan menjamin bahwa kedua tipe permintaan dipenuhi di tiap pelanggan. Persamaan (7) menjamin bahwa jumlah pengiriman dan pengambilan hanya akan ditransportasikan menggunakan jalur/*arc* yang menjadi solusi model. Persamaan (8) menyatakan batasan maksimum jarak tempuh kendaraan. Persamaan (9) menjamin solusi variabel keputusan bernilai *biner*. Persamaan (10) dan (11) menjamin solusi variabel keputusan bernilai *integer* dan lebih besar dari 0.

Persamaan 12 ditambahkan dalam model matematis VRPSDP yang dikembangkan oleh [3] dengan tujuan menjamin total waktu perjalanan dan waktu pelayanan (*loading* dan *unloading* tabung LPG) tidak melebihi kapasitas waktu tiap kendaraan. Persamaan 12 ini mengacu pada salah satu persamaan kendala dalam model *periodic vehicle routing problem* yang dikembangkan oleh [4].

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n (t_{ij} + s_j) x_{ijk} \leq D_k, \quad k = 1, \dots, \bar{k} \quad (12)$$

2. Penterjemahan model matematis ke bahasa LINGO 11.0

Model matematis VRPSDP yang telah diformulasikan akan diterjemahkan ke dalam bahasa pemrograman LINGO yang terdiri dari penentuan set, memasukkan data-data, dan memasukkan perintah fungsi tujuan dan kendala-kendala sesuai dengan model matematis.

3. Pencarian solusi

Setelah menterjemahkan model matematis, maka model di-*running* dengan bantuan *solver software* LINGO sehingga menghasilkan solusi variabel keputusan yang diinginkan.

4. Perhitungan biaya transportasi

Setelah mendapatkan solusi dari *running* LINGO 11.0, tahapan selanjutnya perhitungan biaya transportasi. Rancangan rute baru akan dihitung total jarak tempuhnya dan dari jarak tempuh akan dihitung biaya transportasi yang diperoleh dari perhitungan biaya konsumsi bahan bakar ditambahkan dengan perhitungan biaya tenaga kerja.

5. Perbandingan total biaya transportasi

Tahapan ini dilakukan untuk membandingkan total biaya transportasi dari rute usulan dengan total biaya transportasi dari rute awal perusahaan. Jika total biaya transportasi usulan lebih besar dari total biaya transportasi awal maka akan kembali ke tahap pengembangan model matematis.

6. Analisa pembahasan

Pada tahap ini, dilakukan analisa dari output *software*, rute transportasi awal dan usulan, serta perbandingan total biaya transportasi awal dan usulan untuk mengetahui besarnya penghematan yang diperoleh.

3. Hasil dan Pembahasan

UD. Ibu mendistribusikan LPG 3kg ke 137 pelanggan menggunakan 1 jenis kendaraan, yaitu mobil *pickup* yang berjumlah 2 kendaraan. Untuk mengunjungi semua pelanggan dibutuhkan waktu selama 3 hari. Pada rute awal pengiriman dan pengambilan tabung LPG berdasarkan wilayah pelanggan atau menggunakan *clustering*. Tetapi terdapat masalah yaitu rute harus kembali ke pangkalan di tengah-tengah pendistribusian karena permintaan untuk salah satu kendaraan melebihi kapasitas kendaraan. Oleh karena itu pada rute usulan, tidak dilakukan *clustering* sehingga pelanggan tidak harus dikunjungi pada hari tertentu untuk mendapatkan solusi yang lebih optimal.

Implementasi model matematis VRPSDP dilakukan pada tanggal 11 Februari 2016 untuk mengetahui apakah model matematis menghasilkan solusi yang lebih baik. **Tabel 1** dan **tabel 2**

menunjukkan data *demand* dan alamat pelanggan untuk tanggal 11 Februari 2016. Berdasarkan data tersebut, *running* model matematis VRPSPD dengan *solver* LINGO menghasilkan solusi untuk variabel keputusan Z_{ij} dan Y_{ij} . Z_{ij} menyatakan jumlah pengiriman tabung LPG terisi yang akan diangkut dalam *arc* (i,j), sedangkan Y_{ij} menyatakan jumlah pengambilan tabung LPG kosong yang akan diangkut dalam *arc* (i,j).

Tabel 1 Demand dan Lokasi Pelanggan

Kendaraan 1			
Pelanggan	Lokasi	Delivery	Pickup
1	Jl. Joyolengkoro 6	8	8
2	Jl. Brantas	4	4
3	Jl. Joyolengkoro 21	7	7
4	Jl. Brantas 11	6	6
5	Jl. Joyolengkoro No 48	18	18
6	Jl. Joyolengkoro No 13	8	8
7	Jl. Joyolengkoro 7a	5	5
8	Jl. Tim Ps 112	7	7
9	Jl. Brantas 21a	10	10
10	Jl. Joyolengkoro No 48b	6	5
11	Jl. Brantas gg 2a	4	4
12	Jl. Brantas 11a	3	3
13	Jl. Brantas 15	5	5
14	Jl. Tim Ps 41b	15	13
15	Jl. Joyolengkoro 18	6	6
16	Jl. Joyolengkoro 18b	5	5
17	Jl. Tim Ps 112a	4	4
18	Jl. Joyolengkoro 18 gg Pndopo	6	6
19	Jl. Tim Ps gg pasar tengah	13	13
20	Jl. Tim Ps 45	4	4
21	Jl. Joyolengkoro gg Masjid	12	12
22	Jl. Joyolengkoro gg Masjid 6	9	9
23	Jl. Joyolengkoro 30	4	4
24	Jl. Joyolengkoro 30b	11	10
25	Jl. Joyolengkoro 35c	16	16
26	Jl. Kencono Wlungo	5	5
Jumlah		201	197

Tabel 2 Demand dan Lokasi Pelanggan

Kendaraan 2			
Pelanggan	Lokasi	Delivery	Pickup
27	Jl. Kencono Wlungo 20	9	9
28	Jl. Raya Tj Wadung 5	11	11
29	Jl. Raya Ploso km 120	4	4
30	Jl. Raya Tj Wadung gg Dahlia	10	10
31	Jl. Kencono Wlungo 11b	7	7
32	Jl. Raya Ploso - pasar	6	6
33	Jl. Raya Ploso 18c	10	10
34	Jl. Raya Ploso 18	8	8

35	Jl. Saya Brantas (daditunggal) no 9	8	8
36	Jl. Bima gg Kelapa	9	9
37	Jl. Raya Brantas (daditunggal) 31	12	12
38	Jl. Raya Brantas (daditunggal)	8	8
39	Jl. Raya Brantas (daditunggal) TK Ceria	5	5
40	Jl. Raya Brantas (daditunggal) 41c	7	7
41	Jl. Bima gg 5	9	9
42	Jl. Bima 37a	5	5
43	Jl. Bima 39	9	9
44	Jl. Bima gg 2	18	18
45	Jl. Tapen-Kabuh	10	10
46	Jl. Tapen-Kabuh Pendopo	9	9
47	Jl. Tapen-Kabuh 12b	9	9
Jumlah		183	183

Tabel 3 menunjukkan rekapitulasi pengiriman dan pengambilan tabung LPG pada tanggal 11 Februari 2016.

Tabel 3 Rekapitulasi Jumlah Pengiriman dan Jumlah Pengambilan

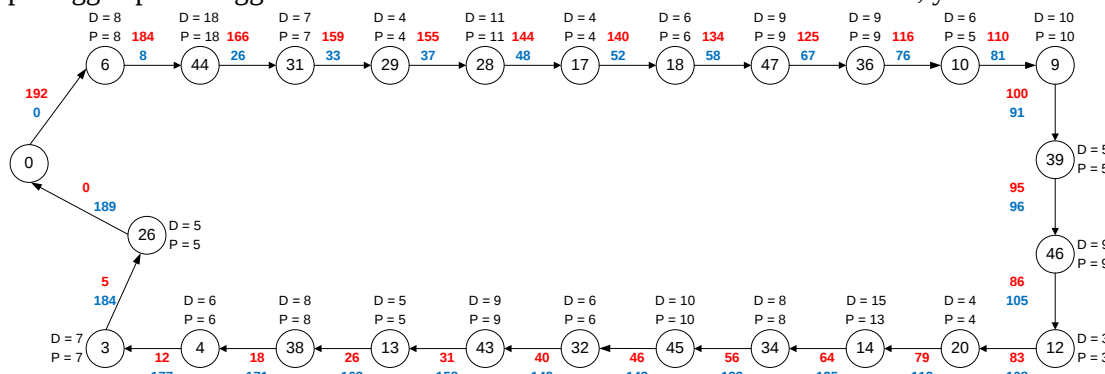
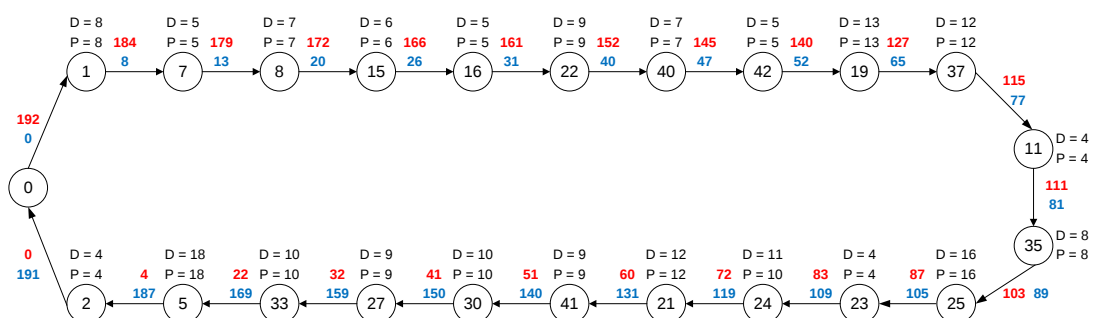
Kendaraan 1			Kendaraan 2		
Arc	Pengiriman (Z_{ij}) (Tabung)	Pengambilan (Y_{ij}) (Tabung)	Arc	Pengiriman (Z_{ij}) (Tabung)	Pengambilan (Y_{ij}) (Tabung)
0-6	192	0	0-1	192	0
6-44	184	8	1-7	184	8
44-31	166	26	7-8	179	13
31-29	159	33	8-15	172	20
29-28	155	37	15-16	166	26
28-17	144	48	16-22	161	31
17-18	140	52	22-40	152	40
18-47	134	58	40-42	145	47
47-36	125	67	42-19	140	52
36-10	116	76	19-37	127	65
10-9	110	81	37-11	115	77
9-39	100	91	11-35	111	81
39-46	95	96	35-25	103	89
46-12	86	105	25-23	87	105
12-20	83	108	23-24	83	109
20-14	79	112	24-21	72	119
14-34	64	125	21-41	60	131
34-45	56	133	41-30	51	140
45-32	46	143	30-27	41	150
32-43	40	149	27-33	32	159
43-13	31	158	33-5	22	169
13-38	26	163	5-2	4	187
38-4	18	171	2-0	0	191
4-3	12	177			
3-26	5	184			
26-0	0	189			

Running model matematis VRPSPD dengan solver LINGO juga menghasilkan solusi berupa urutan kunjungan atau rute berdasarkan variabel keputusan X_{ijk} seperti ditunjukkan pada **tabel 4**.

Tabel 4 Rute Usulan Tanggal 11 Februari 2016 Kendaraan 1

Kendaraan	Rute Usulan	Jarak (km)
Kendaraan 1	pangkalan (0) – Jl.Joyolengkoro No 13 (6) – Jl.Bima gg 2 (44) – Jl.Kencono Wlungo 11b (31) – Jl.Raya Ploso km 120 (29) – Jl.Raya Tj Wadung 5 (28) – Jl.Tim Ps 112a (17) – Jl.Joyolengkoro 18 gg pendopo (18) – Jl.Tapen-kabuh 12b (47) – Jl.Bima gg kelapa (36) – Jl.Joyolengkoro No 48b (10) – Jl.Brantas 21a (9) – Jl.Raya Brantas (TK Ceria) (39) – Jl.Tapen-kabuh pendopo (46) – Jl.Brantas 11a (12) – Jl.Tim ps 45 (20) – Jl.Tim ps 41b (14) – Jl.Raya Ploso 18 (34) – Jl.Tapen-kabuh (45) – Jl.Raya Ploso-pasar (32) – Jl.Bima 39 (43) – Jl.Brantas 15 (13) – Jl.Raya Brantas (Daditunggal) (38) – Jl.Brantas 11 (4) – Jl.Joyolengkoro 21 (3) – Jl.Kencono Wlungo (26) – Pangkalan (0)	53 km
Kendaraan 2	pangkalan (0) – Jl.Joyolengkoro 6 (1) – Jl.Joyolengkoro 7a (7) – Jl.Tim ps 112 (8) – Jl.Joyolengkoro 18 (15) – Jl.Joyolengkoro 18b (16) – Jl.Joyolengkoro gg Masjid 6 (22) – Jl.Raya Brantas 41c (40) – Jl.Bima 37a (42) – Jl.Tim ps gg pasar tengah (19) – Jl.Raya Brantas 31 (37) – Jl.Brantas gg 2a (11) – Jl.Saya Brantas no 9 (35) – Jl.Joyolengkoro 35c (25) – Jl.Joyolengkoro 30 (23) – Jl.Joyolengkoro 30b (24) – Jl.Joyolengkoro gg Masjid (21) – Jl.Bima gg 5 (41) – Jl.Raya Tj Wadung gg dahlia (30) – Jl.Kencono Wlungo 20 (27) – Jl.Raya Ploso 18c (33) – Jl.Joyolengkoro No 48 (5) – Jl.Brantas (2) – Pangkalan (0)	43,75 km

Sehingga diperoleh rute usulan beserta jumlah tabung LPG yang dikirim dan diambil pada tiap pelanggan pada tanggal 11 Februari 2016 untuk kendaraan 1 dan kendaraan 2, yaitu :

**Gambar 1** Rute Beserta Jumlah Pengiriman dan Pengambilan Pada Tanggal 11 Februari 2016 Dengan Kendaraan 1**Gambar 2** Rute Beserta Jumlah Pengiriman dan Jumlah Pengambilan Pada Tanggal 11 Februari 2016 Dengan Kendaraan 2

Ket : ○ : Node
 Angka dalam node : Pangkalan dan pelanggan
 Merah : Total tabung isi (Z_{ij})
 Biru : Total tabung kosong (Y_{ij})
 D : Jumlah pengiriman pada pelanggan

P : Jumlah Pengambilan pada pelanggan

Pada **gambar 1** menjelaskan jumlah pengiriman dan pengambilan pada tanggal 11 Februari 2016 dengan kendaraan 1 pada kondisi usulan. Pada kendaraan 1 perjalanan dimulai dari pangkalan (0) ke pelanggan 6 dengan membawa 192 tabung isi. Sampai pada pelanggan 6 dilakukan pengiriman tabung isi sebanyak 8 dan pengambilan tabung kosong sebanyak 8 tabung sehingga pada perjalanan berikutnya dari pelanggan 6 ke pelanggan 44 membawa 184 tabung isi dan 8 tabung kosong. Proses pengiriman dan pengambilan pada setiap pelanggan tidak ada yang melebihi kapasitas kendaraan sebagai contoh analisa pada pelanggan 6 pengiriman tabung isi sebanyak 8 sehingga total tabung isi sebanyak $192-8=184$ sementara pengambilan tabung kosong sebanyak 8 dan terjadi penambahan tabung kosong sebanyak 8 sehingga $184+8=192$ tabung.

Pada **gambar 2** menjelaskan jumlah pengiriman dan pengambilan pada tanggal 11 Februari 2016 dengan kendaraan 2 pada kondisi usulan. Pada kendaraan 2 perjalanan dimulai dari pangkalan (0) ke pelanggan 1 dengan membawa 192 tabung isi. Sampai pada pelanggan 1 dilakukan pengiriman tabung isi sebanyak 8 dan pengambilan tabung kosong sebanyak 8 tabung sehingga pada perjalanan berikutnya dari pelanggan 1 ke pelanggan 7 membawa 184 tabung isi dan 8 tabung kosong. Proses pengiriman dan pengambilan pada setiap pelanggan tidak ada yang melebihi kapasitas kendaraan sebagai contoh analisa pada pelanggan 1 pengiriman tabung isi sebanyak 8 sehingga total tabung isi sebanyak $192-8=184$ sementara pengambilan tabung kosong sebanyak 8 dan terjadi penambahan tabung kosong sebanyak 8 sehingga $184+8=192$ tabung.

Berdasarkan rute usulan dilakukan perhitungan biaya transportasi dalam kurun waktu 3 hari penelitian, setelah perhitungan biaya transportasi selanjutnya membandingkan biaya transportasi kondisi awal dengan usulan.

Tabel 5 Perbandingan Total Jarak dan Total Biaya Transportasi

Perbandingan	Jarak Tempuh (km)	Total Biaya Transportasi (Rp)
Awal	386,87	657.474
Usulan	320,87	624.797
Penghematan	66 (17,05%)	32.677 (4,97%)

Dari **tabel 5** rute kunjungan usulan dengan model matematis *mixed integer programming* bisa dikatakan lebih minimum karena total jarak tempuh lebih pendek hingga 66 km dengan prosentase penurunan sebesar 17,05% dan dari total biaya transportasi, metode usulan lebih hemat sebesar Rp32.667 dengan prosentase penurunan sebesar 4,97%.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini menggunakan model matematis VRPSDP untuk menentukan rute kunjungan berdasarkan 2 kegiatan yang dilakukan sekaligus yaitu pengiriman dan pengambilan tabung LPG 3kg. Dengan bantuan *software* LINGO 11.0, penyelesaian model matematis *mixed integer programming* menghasilkan rute usulan untuk 3 hari dengan total pelanggan berjumlah 137 pelanggan. Berdasarkan perbandingan kondisi awal dengan usulan didapatkan total penghematan jarak tempuh sebesar 17,05% dan penghematan biaya transportasi sebesar 4,97%. Sehingga model VRPSDP ini bisa di implementasikan UD.Ibu untuk menentukan rute kunjungan ke pelanggan selanjutnya.

Referensi

- [1] Ballou, R.H., Business Logistic Management. 4th ed. 1998, New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- [2] Dethloff, J., Vehicle Routing And Reverse Logistics: The Vehicle Routing Problem With Simultaneous Delivery And Pick-Up. *OR Spektrum*, 2001. **23**: p. 79–96.
- [3] Montané, F.A.T. and R.D. Galvão, A Tabu Search Algorithm For The Vehicle Routing Problem With Simultaneous Pick-Up And Delivery Service. *Computers and Operations Research*, 2006. **33**(3): p. 595–619.
- [4] Cordeau, J.F., M. Gendreau, and G. Laporte, A Tabu Search Heuristics for Periodic and Multi-Depot Vehicle Routing Problems. *Networks*, 1997. **30**(2): p. 105-119.