

sentra.umm.ac.id

Program Book

**“Industrial Revolution 4.0 :
Sustainable Technology Development for
Competitiveness and Responsiveness”**



sentra

SEMINAR NASIONAL
TEKNOLOGI DAN REKAYASA

**Desember
6 – 7, 2018**

Aula GKB IV Lt. 9 Kampus 3
Universitas Muhammadiyah Malang

**Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Malang**

2018

Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2018
“Industrial Revolution 4.0 : Sustainable Technology Development for
Competitiveness and Responsiveness”

Hak Cipta @2018 pada panitia, dilarang keras mengutip, menyalin, sebagian maupun keseluruhan dari isi buku ini tanpa sepengetahuan dan mendapat izin dari panitia atau penerbit.

ISBN: 978-979-796-238-6

Dicetak Desember 2018

Isi makalah atau *paper* diluar tanggung jawab editor & penerbit

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Malang

Jl. Raya Tlogomas 246 Malang-65144. GKB III UMM

Telp. 0341 464318, ext. 127 Fax. 0341 460782

REVIEWER

Teknik Mesin	: Dr.Iis Siti Aisyah, S.T., M.T Dr.Ir.Suwarsono, M.T Dr.Nur Subeki, S.T., M.T Ir.Murjito, M.T Ir.Sudarman, M.T Ir.Trihono Sewoyo, M.T Drs.Mohammad Jufri, S.T., M.T
Teknik Sipil	: Dr. Ir.Samin, M.T Dr. Ir.Sunarto, M.T Dr. Ir.Sulianto, M.T Ir.Rofikatul Karimah, M.T Ir.Ernawan Setyono, M.T Ir.Erwin Rommel, M.T Ir.Alik Ansyori, M.T
Teknik Elektro	: Ir.Muhammad Irfan, M.T Dr. Hj. Lailis Syafa'ah, M.T Dr. Ir. Ermanu Azizul Hakim, M.T Zulfatman, S.T., M.Eng., Ph.D Ir.Nur Alif Mardhiyah, M.T Ir.Nur Kasan, M.T Widianto, S.T., M.T
Teknik Industri	: Dr.Ahmad Mubin, S.T., M.T Ilyas Masudin, S.T., MlogSCM., Ph.D Shanty Kusuma Dewi, S.T., M.T Annisa Kesy Garside, S.T., M.T Dana Marsetiya Utama, S.T., M.T Dian Palupi Restuputri, S.T., M.T
Teknik Informatika	: Dr.Dwi Anggraini Puspitarahayu, M.Sc Yuda Munarko, S.Kom., M.Sc Eko Budi Cahyono, S.Kom., M.Kom Gita Indah Marthasari, S.T., M.Kom Mahar Faiqurahman, S.Kom., M.T Galih Wasis Wicaksono, S.Kom., Mcs Wahyu Andhyka Kusuma, S.Kom., M.Kom Agus Eko Minarno, S.Kom., M.Kom Setio Basuki, S.T., M.T Lailatul Husniah, S.ST., M.T Denar Regata Akbi, S.Kom., M.Kom

SUSUNAN PANITIA
Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2018

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. Pelindung | : Dr. Ahmad Mubin, ST., MT |
| 2. Penanggung Jawab | : Dr. Ir. Samin, MT |
| 3. Pengarah | : 1. Ilyas Mas'udin, Ph.D
2. Dr. Ir. Lailis Syafa'ah, MT
3. Dr. Nur Subeki, ST., MT
4. Zulfatman, M.Eng., Ph.D |
| 4. Ketua Pelaksana | : Shanty Kusuma Dewi, ST., MT |
| 5. Sekretaris dan Bendahara | : Wahyu Andhyka K., S.Kom., M.Kom |
| 6. Sponsorship | : 1. Lourina Evanale Orfa, ST., M.Eng
2. Ardi Lesmawanto |
| 7. Naskah dan Kesekretariatan | : 1. Setio Basuki, ST., MT
2. Ilham Pakaya, ST., MT
3. Denar Regata Akbi, S.Kom., M.Kom
4. Dian Palupi Restuputri, ST., MT
5. Luqman Rohmatulloh |
| 8. Acara, Publikasi dan Dokumentasi | : 1. Dana Marsetya Utama, ST., MT
2. Evi Dwi Wahyuni, S.Kom., M.Kom
3. Dewi Sulistiyowati, ST |
| 9. Perlengkapan dan Transportasi | : 1. Wildan Suharso, S.Kom., M.Kom
2. Mohammad Irkham M, ST., MT |
| 10. Konsumsi | : 1. Dini Kurniawati, ST., MT
2. Nurhayatin, SST., M.Kom
3. Aminarti Rohmah |

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmad dan hidayah-Nya sehingga *program book* Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2018 dengan tema “*Industrial Revolution 4.0 : Sustainable Technology Development for Competitiveness and Responsiveness*” yang diselenggarakan oleh Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang pada 6-7 Desember 2018 dapat kami selesaikan.

Penyusunan *program book* ini dimaksudkan sebagai panduan kegiatan dan memuat juga informasi terkait dengan penyelenggaraan. *Program book* ini juga memuat abstrak dari artikel ilmiah yang dipresentasikan dalam kegiatan Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa 2018. Program book ini memuat abstrak artikel dari 5 bidang antara lain : Teknik Mesin, Teknik Sipil, Teknik Industri, Teknik Elektro dan Teknik Informatika.

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

1. Ir. Indra Wirasendjaja (Kadiv Rancang Bangun PT. Dirgantara Indonesia), Assoc. Prof. Dr. Rajesri Govindaraju, S.T., M.T (Institut Teknologi Bandung (ITB) Bandung), Assoc. Prof. Ilyas Masudin, S.T., M.Log., SCM, PhD (Universitas Muhammadiyah Malang (UMM)) , dan Dr. Zulfatman, S.T., M.Eng (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) 2018.
3. Tak lupa kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan bagi terselenggarakannya Seminat Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2018.

Akhir kata semoga program book ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak khususnya dalam perkembangan industri nasional di Indonesia, dan apabila ada kesalahan dalam penulisan kami mohon maaf yang sebesar- beesarnya.

Malang, 06 Desember 2018

Tim Panitia

Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2018

Daftar Isi

Teknik Mesin

Analisa Busur Sudu Turbin Angin Savonius Tipe-U Menggunakan Perangkat Lunak

Delffika Canra, Emin Haris, Suliono Suliono I|1-7

Pengaruh Bahan Tambah Boraks Terhadap Kekuatan Tearing Dan T-Peel Pada Sambungan Brazing

Riswan Eko Wahyu Susanto I|8-15

Optimasi Parameter Proses End Milling Dengan Pendinginan Minimum Quantity Cooling Lubrication

Dian Ridlo Pamuji I|16-22

Studi Perbandingan Keekonomian Pengembangan Lapangan Minyak Marginal Menggunakan Production Sharing Contract Dan Gross Split

Muhammad Ariyon I|23-29

Studi Nilai Kalor Biobriket Dan Biopellet Campuran Bekatul Dan Batok

Muhammad Rizal Saifudin I|30-36

Catalytic Converter Dengan Katalis Gabungan Kawat Tembaga Dan Kawat Kuningan Berbentuk Sarang Laba-Laba

Ali Mokhtar, Mulyono Mulyono I|37-43

Penerapan Teknologi Ketam Kelompok Industri Telenan Di Desa Betet Kecamatan Ngronggot Kabupaten Nganjuk

Ali Mokhtar, Ali Saifullah, Suwignyo Suwignyo I|44-49

Analisis Produksi Gas Hidrogen Dan Gas Oksigen Dalam Proses Elektrolisis

Diaz Fahreza I|50-54

Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Untuk Pengukuran Gravitasi Bumi Pada Praktikum Bandul Sederhana Berbasis Mikrorokontroler

Budiono Budiono, Arie Cahyo Utomo, Suwarsono Suwarsono I|55-60

Characterization And Modification Of Secondary Combustion On Biomass Stoves For Low Emission

Suwarsono Suwarsono I|61-64

Pemanfaatan Penukar Kalor Pipa Ganda Pada Mesoscale Combustor Tabung Kuarsa Berdiameter Dalam 3,5 Mm

Hery Supriyanto, Achmad Fauzan Hery Soegiharto I|65-70

Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Untuk Penentuan Koefesien Gesekan Benda Pada Bidang Miring Secara Digital Berbasis Mikrokontroler

Heni Hendaryati, Budiono Budiono I|71-76

Pengaruh Penambahan Static Cooling Dengan Variasi Kapasitas Air Terhadap Distorsi Dan Sifat Mekanik Pada Pengelasan Fcaw

Nur Subeki I|77-81

Rancang Bangun Alat Percobaan Defleksi Batang Berbasis Akuisisi Data

Budiono Budiono, Trihono Sewoyo, Afrianto Afrianto, Novita Maghfirotus Solikha I|82-87

Formulasi Penguatan Dinding Blok Silinder Dengan Teknologi Diasil Cylinder

Murjito Murjito, Ali Saifullah, Ali Mokhtar I|88-95

Analisis Variasi Temperatur Pengeringan Dan Persentase Perakat Terhadap Lama Waktu Pembakaran Biopellet Sekam Padi

Moh Jufri, Ilham Farosadid, Mulyono Mulyono, Ali Mokhtar I|96-99

Analisis Perbandingan Kompresi Untuk Meningkatkan Efisiensi Pada Mesin 4 Langkah Bahan Bakar Etanol E-100	
Ardi Lesmawanto, Setyawan Meddy, Moh Jufri, Sudarman Sudarman	I 100-103
Analisis Koefisien Aerodinamis Pada Mobil Hemat Energi Genetro Suryo Fakultas Teknik Umm	
Moh Jufri, Herry Suprianto	I 104-108
Analisis Dan Pemetaan Paten Pencucian Mobil Semi Otomatis Sid201804120	
Sudarman Sudarman, Achmad Fauzan Hery Soegiharto	I 109-114
Teknologi Pengelasan Untuk Peningkatan Sumber Daya Manusia Ranting Muhammadiyah Tlogomas	
Ali Mokhtar, Murjito Murjito, Hery Suprianto, Daryono Daryono	I 115-120
Railroad Surface Defect Inspection Using Parallel Lines Laser	
Suwarsono	I 121-125
Perancangan Pirolisis Untuk Membuat Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik Kapasitas 10 Kg	
Ali Mokhtar, Moh Jufri, Herry Suprianto	I 126-133
Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Geser Baja St-40 Dengan Model Sambungan Lapisan 1	
Rudi Winarno, Daryono Daryono, Moh. Jufri	I 134-139
Modifikasi Saluran Pengecoran Al 6160 Terhadap Kekuatan Tarik Dengan Metode Sand Casting	
Mohamad Irkham Mamungkas	I 140-145
Perancangan Alat Pemasak Gula Merah Tebu Kapasitas 1000 Liter	
Sudarman	I 146-151
Analisa Tekanan Kompaksi Dan Waktu Sintering Terhadap Sifat Mekanik Padacampuran Metalurgi Serbuk Besi (Iron Powder) Dengan Zat Arang (Karbon)	
Ali Saifullah, Murjito Murjito, Daryono Daryono	I 152-159
Studi Pendahuluan Kompond Minyak Jarak Umm Untuk Bahan Bakar Diesel	
Achmad Fauzan Hery Soegiharto	I 160-166
Investigasi Potensi Jarak Pagar Sebagai Pelumas Anti Gesek	
Iis Siti Aisyah, Yeyen Ika Widyastuti, Trihono Sewoyo, Ali Saifullah, Mochammad Syamsul Ma'arif	I 167-173
Produksi Biobriket Kulit Biji Jarak Dengan Perekat Tetes Tebu	
Dini Kurniawati	I 174-180
Uji Produk Mesin Briobriket Jerami Padi Sebagai Bahan Bakar Alternatif	
Mulyono, Ali Mokhtar	I 181-185
Rancang Bangun Alat Uji Jominy Dan Pengaruh Pengujian Jominy Terhadap Kekerasan Material Baja Aisi 1045	
Yefri Chan	I 186-192
Studi Perancangan Mesin Press Hidrolik 50 Ton Dengan Metode Vdi 2222	
Riky Adhiharto, Muhammad Irfan Fauzan, Endjang Patriatna	I 193-203

Teknik Sipil

Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Hijau Sebagai Agregat Halus Terhadap Nilai Marshall Test Pada Campuran Latasir Kelas B

Alik Ansyori II|1-7

4 Unit Cyclone Sebagai Optimalisasi Ventilasi Toilet Gedung Tinggi

Gunawan II|8-17

Evaluasi Kebutuhan Angkutan Umum Penumpang Kota Malang (Studi Kasus Rute Arjosari–Landungsari)

Andi Saiful Amal II|18-26

Pengaruh Limbah Busi Sebagai Bahan Tambah Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton

Faris Rizal Andardi II|27-33

Kajian Penggunaan Data Trmm (Tropical Rainfall Measuring Missions) Untuk Analisis Hidrologi (Studi Kasus Pada Bendungan Lolak Kab. Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara)

Lourina Evanale Orfa II|34-39

Analisa Nilai Overall Thermal Transfer Value (Ottv) Sebagai Konservasi Energi Selubung Pada Bangunan Berdasarkan Sni 03-6389-2011

Rini Pebri Utari II|40-47

Analisa Hubungan Curah Hujan Dan Debit Serta Korelasi Pengaruh Parameter Lain Di Daerah Aliran Sungai Brantas Hulu

Azhar Adi Darmawan II|48-51

Pengaruh Variasi Gradasi Limbah Beton Sebagai Bahan Pengganti Agregat Terhadap Kuat Tekan

Lukito Prasetyo II|52-55

Potensi Debit Airtanah Di Sumur Curah Cotok Desa Panji Kidul Kec. Panji Kab. Situbondo

Moh Abduh II|56-68

Evaluasi Pencapaian Pada Gedung Kuliah Bersama (Gkb-Iv) Universitas Muhammadiyah Malang

Ode Rapija Gunarimba Waibo II|69-76

Penentuan Kapasitas Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kota

Samin II|77-81

Penentuan Nilai Kohesi Dan Sudut Geser Sampah Kota Studi Kasus: Landfill Skala Laboratorium

Samin II|82-89

Desain Dan Pembuatan Turbin Propeller

Khoirin Nissa II|90-96

Pengaruh Pemakaian Serat Ijuk Dan Foam-Agent Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa

Erwin Rommel, Rofikatul Karimah, Putri Ayu Widyaningsih II|97-103

Teknik Industri

Rancang Bangun Alat Pengerik Garam Dengan Sistem Roda Gigi Di Kabupaten Indramayu

Meri Rahmi	III 1-6
Halal Meat Logistics Performance: A Qualitative Study Of Customer Loyalty On Halal Meat Product In Indonesia	III 7-11
Ilyas Masudin	
Pemanfaatan Limbah Manusia Sebagai Bio Energi Alternatif Melalui Perancangan Sistem Instalasi Pipa Pembuangan Septik-Tank Tersentralisasi	III 12-19
Eddy Lybrech Talakua	
Implementasi Metode Swot Dan Bcg Untuk Menentukan Strategi Penjualan Pada Ukm Daur Ulang Bahan Limbah Kaca Di Malang	III 20-25
Purnomo	
Rancang Bangun Oven Pengereng Emping Jagung	III 26-30
Annisa Kesy Garside, Ardi Lesmawanto	
Pengaruh Reaksi Alkalisasi-Oksidasi Terhadap Porositas Dan Kandungan Selulosa Serat Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes)	III 31-38
Eduart Wolok	
Pemetaan Penelitian Rekayasa Biaya: Konsep Pengelolaan Biaya Menggunakan Sistem Activity Based Costing Pada Perusahaan	III 39-46
Adhi Nugraha	
Pengembangan Algoritma Neh Dan Cds Untuk Meminimasi Consumption Energy Pada Penjadwalan Flow Shop	III 47-54
Dana Marsetiya Utama	
Perancangan Desain Alat Pengayak Padi	III 55-63
Dian Palupi Restuputri	
Pengaruh Usia Dan Lama Kerja Terhadap Kelelahan Kerja Pada Pekerja Pembuat Batako Di Gorontalo	III 64-67
Idham Halid Lahay, Eduart Wolok, Hasanuddin Hasan, Hendra Uloli	
Analisa Perhitungan Energi Listrik Dan Bahan Bakar Pada Proses Produksi Menuju Efisiensi Dan Produktivitas	III 68-74
Mohammad Lukman	
Penyelesaian Vehicle Routing Problem With Multiple Time Windows Pada Pengiriman Produk Es Krim	III 75-81
Amelia Khoidir, Annisa Kesy Garside	
Implementasi Algoritma Particle Swarm Optimization Untuk Penentuan Rute Layak Pada Pickup And Delivery Travelling Salesman Problem With Handling Cost	III 82-91
Ikhlasul Amallynda	
Penerapan Energi Surya Untuk Sirkulasi Vertical Garden-Proyek Percontohan	III 92-99
Heri Mujayin Kholik, Mohammad Lukman	
Analisis Waste Pada Proses Produksi Dengan Lean Production	III 100-105
Shanty Kusuma Dewi	
Analisis Pengukuran Kerja Dengan Menggunakan Metode Stopwatch Time Study	III 106-112
Amanda Nur Cahyawati	
A Review Of Technology Readiness Index (Tri) On Retail Industry: Approach And Application	III 113-118
Ilyas Masudin	
Data Envelopment Analysis Untuk Pengukuran Dan Peningkatan Eco-Efficiency Pada Agroindustri	

Ahmad Mubin	III 119-124
Analisis Manual Material Handling Pada Pengangkatan Batu Bata Dengan Metode Lifting Index	
Amanda Nur Cahyawati	III 125-130
Perancangan “Produk Ransel Bakul Pemetik Kopi” Berdasarkan Mata Kuliah Perancangan Dan Pengembangan Produk Penelitian Tahap Kedua	
Mohammad Lukman	III 131-135
Modernisasi Industri Kerajinan Gerabah Skala Kecil Dengan Pendekatan Green Productivity	
Devie Oktarini, Faizah Suryani	III 136-145
Perancangan Awal Pengembangan Disain Kain Loreng Militer Motif Hutan Semak	
Budiman Adi Setyawan	III 146-153

Analisis Unjuk Kerja Multiple Input Converter Pada Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu	
Machmud Effendy, Nurhadi Muhammad	IV 1-8
Perancangan Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sms	
Zulfatman, Nur Kasan	IV 9-18
Desain Dan Verifikasi Kontrol Feedforward Dan Feedback Pada Test-Rig Pengendali Suhu Heat Exchanger Berbasis Fuzzy Pid	
Zulfatman, Nurhadi Nurhadi	IV 19-26
Pengenalan Posisi Objek Dari Sistem Kamera Omni-Vision Menggunakan Pso-Nn Dan Scan Lines Pada Robot Sepak Bola	
Novendra Setyawan	IV 27-33
Analisis Proses Dan Tahapan Penyimpanan Energi Listrik Dari Sel Surya	
Diding Suhardi	IV 34-41
Mppt Berbasis Spline Sebagai Model Prediksi Differential Evolution Pada Sistem Photovoltaic	
Khusnul Hidayat	IV 42-50
Topic-Driven Web Crawler For Sentiment Analysis Of University Of Muhammadiyah Malang On The Kompas.Com Site	
Muhammad Nasar	IV 51-60
Built-In Self Test For Detecting Stuck-At-Faults In Cmos Combinational Logic Ics	
Widianto Widiyanto	IV 61-64
Rancang Bangun Modul Otomatis Dengan Closed-Loop Amplifier Pada Board Utama Dan Cadangan Untuk Lampu Jalan	
Nur Kasan	IV 65-76
Koordinasi Relay Proteksi Optimal Berbasis Differential Evolution Algorithm Pada Gardu Induk I Pabrik Indarung Vi Pt.Semen Padang Sumatera Barat	
Ilham Pakaya	IV 77-85
Sistem Informasi Penyandang Tuna Netra	
Mohammad Chasrun Hasani	IV 86-89

Klasifikasi Penyakit Daun Kentang Berdasarkan Fitur Tekstur Dan Fitur Warna Menggunakan Support Vector Machine	
Puji Utami Rakhmawati	V 1-8
Segmentasi Antar Gigi Menggunakan Algoritma Watershed Berdasarkan Morphology	
Arda Gusema Susilowati	V 9-14
Ekstraksi Informasi Dari Abstrak Jurnal Penelitian Berbahasa Indonesia Berbasis Fitur Leksikal	
Setio Basuki	V 15-20
Evaluasi Heuristik Terhadap Website Simkesmas Menggunakan Framework Sirius	
Gita Indah Marthasari	V 21-27
Rancang Bangun Portal Video Tutorial Berbasis Web Untuk Sarana Perluasan Jaringan Pemasaran	
Yufis Azhar, Eko Budi Cahyono, Mahar Faiqurahman, Fitriyatus Sholihah	V 28-33
Optimasi Deteksi Texton Pada Metode Multi Texton Co-Occurrence Descriptor Untuk Image Retrieval	
Yufis Azhar, Agus Eko Minarno, Yuda Munarko	V 34-38
Identifikasi Tulisan Arab Dengan Menggunakan Glcm Dan Rnn	
Ali Sofyan Kholimi	V 39-43
Efektivitas Game Edukasi Sebagai Media Sosialisasi Bagi Anak Usia Dini	
Chaulina Alfianti Oktavia	V 44-49
Monitoring Langkah Kaki Dengan Sensor Mpu6050 Untuk Menghitung Jumlah Kalori Terbakar Berdasarkan Analisis Gaya Berjalan	
Wahyu Andhyka Kusuma	V 50-55
Rancang Bangun Website Company Profile Dan Question Answer Online Service Untuk Peningkatan Pelayanan Terhadap Client Di Lbh Rumah Keadilan	
Evi Dwi Wahyuni	V 56-61
Analisa Performansi Serangan Multinode Blackhole Pada Protokol Aodv Mobile Adhoc Network	
Diah Risqiwati	V 62-68
Deteksi Mikroskopis Spermatozoa Sapi Menggunakan Deep Learning Convolution Neural Network	
Imam Syaifuddin	V 69-76
Pencocokan Citra Untuk Pengenalan Produk Belanja Menggunakan Sift (Scale-Invariant Feature Transform)	
Ronny Makhfuddin Akbar, Nani Sunarmi	V 77-84
Document Plagiarism Detection Using Damerau Levenshtein Algorithm And Query Expansion	
Christian Sri Kusuma Aditya	V 85-89
Analisis Dampak Serangan Distributed Denial Of Service Pada Jaringan Openflow	
Fauzi Dwi Setiawan Sumadi, Syaifuddin Syaifuddin, Putri Tri Mahesi	V 90-95
Analisis Hashtag Twitter Dengan Korelasi Spasial Di DKI Jakarta Dan Jawa Barat	
Vinna Rahmayanti Nastiti	V 96-102
Document Re-Ranking Based On Document Content And Contributor Score	
Nur Hayatin	V 103-106
Clustering Android Malware Berdasarkan Frekuensi System Call Menggunakan K-Means	

Denar Regata Akbi	V 107-112
Analisa Performa Apache Hadoop Dengan H2o Menggunakan Benchmark Hibench Via Cloud Computing	
Aminudin Aminudin	V 113-120
Notifikasi Alert Intrusion Detection System Snort Pada Bot Telegram	
Syaifuddin Syaifuddin, Bagus Alfiansyah, Diah Risqiwati	V 121-127
Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Fakultas Teknik (Simtek)	
Muhammad Irfan	V 128-136
Pembangunan Aplikasi Manajemen Aset “Myasset” Berbasis Mobile Menggunakan Metode Incremental	
Hariyadi Haryadi	V 137-148
Media Pembelajaran Berbasis Tematik Pada Platform Android Untuk Siswa Kelas 1 Sekolah Dasar	
Evi Dwi Wahyuni	V 149-156
Deteksi Malware Android Berdasarkan System Call Menggunakan Algortima Support Vector Machine	
Denar Regata Akbi, Sendi Herlambang, Setio Basuki, Zamah Sari	V 157-165
Pengukuran Efisiensi Throughput Pada Proses Pengaduan Pelanggan	
Wildan Suharso	V 166-171
Ekstraksi Fitur (Bentuk Dan Tekstur) Pada Sel Darah Merah Penduduk Indonesia Untuk Mengenali Spesies Dan Fase Parasit Malaria	
Lusi Ana Agustien	V 172-178

PENYELESAIAN VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH MULTIPLE TIME WINDOWS PADA PENGIRIMAN PRODUK ES KRIM

Amelia Khoidir¹, Annisa Kesya Garside^{*2}

Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Malang

Kontak Person:

Annisa Kesya Garside

Universitas Muhammadiyah Malang

E-mail: annisa_garside@yahoo.com

Abstrak

PT Lukindari Permata Malang mengirimkan es krim ke toko-toko menggunakan single time window yaitu pukul 07.00-18.00. Permasalahan yang dihadapi sering kali sopir harus mengubah rute karena ada beberapa toko yang tutup ketika jam istirahat antara 11.00-13.00. Selain itu suhu kota Malang pada saat siang hari bisa mencapai 33°C sehingga pembukaan pintu box freezer akan menyebabkan suhu di dalam box freezer naik dan dibutuhkan energi tambahan untuk menjaga agar suhu di dalam tetap -18°C. Oleh karena itu peneliti mengusulkan penentuan rute dengan menggunakan dua batasan time windows yaitu jam 07.00 – 11.00 dan 13.00 – 18.00 untuk mengirimkan es krim ke toko-toko. Permasalahan ini termasuk dalam Vehicle Routing Problem with Multiple Time Windows (VRPMTW). Penyelesaian VRPMTW dilakukan dengan memodifikasi model matematika yang telah dikembangkan oleh Belhaiza dkk. Dari hasil running linggo diperoleh rute usulan yang mampu menurunkan biaya transportasi sebesar 13,90%.

Kata kunci: Multiple Time Windows, Routing, Perishable Product, Es Krim

1. Pendahuluan

Es krim termasuk salah satu *perishable product* yang memiliki siklus hidup pendek sehingga waktu penjualan produk tersebut cukup singkat. Efisiensi dari distribusi es krim tidak hanya secara signifikan mempengaruhi biaya dari distributor tetapi juga pendapatan dari ritel-ritel. Kerugian pendapatan ritel biasanya ditransfer ke distributor dalam bentuk biaya penalti sebagai konsekuensi keterlambatan pengiriman. Untuk meningkatkan kepuasan layanan, distributor biasanya harus memenuhi batasan *time-windows* dari ritel-ritel. Selain itu, es krim harus disimpan pada kendaraan berpendingin (*truck box freezer*) untuk mempertahankan *shelf life* dan kualitasnya selama proses pengiriman. Temperatur merupakan hal yang paling penting untuk mengendalikan kualitas produk dalam pendistribusian *perishable product* [1]. Tetapi penggunaan kendaraan berpendingin akan mengonsumsi energi lebih besar dari pada kendaraan biasa, disebabkan energi ini tidak hanya digunakan untuk berjalan tetapi juga digunakan untuk mendinginkan muatan [2].

PT Lukindari Permata Malang merupakan distributor es krim merek “walls”. Perusahaan ini mendistribusikan es krim pada toko-toko yang menyebar di Kota Malang, Kota Batu, dan Kabupaten Malang. Perusahaan memiliki 11 kendaraan berpendingin dengan kapasitas 3243375Cm³ yang berfungsi menyimpan es krim pada temperatur ideal -18°C untuk menjaga kualitas es krim. Suhu tersebut akan naik karena pembukaan pintu *box freezer* saat penurunan es krim di toko-toko, hal ini disebabkan temperatur eksternal yang lebih tinggi. Di sisi lain, proses pengiriman produk es krim ke toko-toko menggunakan *single time window* dengan rentang jam buka mulai 07.00 sampai jam tutup 18.00. Namun perusahaan mengandalkan pengalaman sopir dalam penentuan rute kendaraan, sehingga sering kali sopir akan mengubah rute karena ada beberapa toko yang tutup ketika jam istirahat antara 11.00-13.00.

Berdasarkan data BMKG, suhu tertinggi Kota Malang antara 31-33 °C pada jam 13.00 dan suhu terendah antara 22-24 °C pada jam 07.00. Saat ini perusahaan mendistribusikan produk dari jam 07.00-18.00 yang memiliki suhu rata-rata sebesar 29°C. Oleh karena itu diusulkan dua *time windows* yaitu jam 07.00 – 11.00 dan 13.00 – 18.00 yang memiliki rata-rata suhu sebesar 27°C untuk menghindari temperatur eksternal tertinggi yang menyebabkan energi untuk mempertahankan suhu di dalam *box freezer* akan lebih besar. Selain itu *time window* yang diusulkan bertujuan agar pengiriman tidak dilakukan saat jam istirahat toko pada jam 11.00-13.00.

Permasalahan penentuan rute pengiriman ke toko-toko dengan dua *time windows* ini termasuk dalam *Vehicle Routing Problem with Multiple Time Windows* (VRPMTW). Menurut Bitao dan Fei [3], VRPMTW merupakan permasalahan distribusi yang mempertimbangkan kapasitas kendaraan dimana pelanggan memiliki beberapa *time windows* yang telah ditentukan sebelumnya. Sepengetahuan peneliti, penelitian terdahulu yang membahas VRPMTW masih jarang. Favaretto dkk. [4] mengembangkan model matematika VRPMTW *and periodic constraint* dimana setiap konsumen memiliki *multiple time windows* dan dapat dikunjungi lebih dari satu kali selama periode perencanaan. Favaretto dkk. [4] juga mengusulkan algoritma heuristik *ant colony* untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Selanjutnya Belhaiza dkk. [5] mengembangkan model VRPMTW dengan *setting* yang berbeda yaitu *multiple depots* dan mengusulkan algoritma heuristik *variable neighborhood tabu search*. Dari hasil perbandingan pada data Favaretto dkk. [4], algoritma yang diusulkan Belhaiza dkk. [5] memiliki solusi yang lebih baik. Dalam penelitian ini, penentuan rute pengiriman akan memodifikasi model matematika yang dikembangkan oleh Belhaiza dkk. [5] karena karakteristik perusahaan lebih sesuai dengan karakteristik sistem dalam model tersebut.

2. Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan studi lapangan untuk mengetahui sistem distribusi dan permasalahan yang dihadapi perusahaan. Langkah berikutnya menetapkan tujuan penelitian sesuai permasalahan yang ada sehingga penelitian yang dilaksanakan memiliki arah sasaran yang tepat. Selanjutnya dilakukan studi literatur untuk mempelajari dan memperdalam mengenai *Vehicle Routing Problem with Multiple Time Windows* (VRPMTW). Langkah berikutnya adalah mengumpulkan data dengan observasi langsung dan wawancara kepada perusahaan dan toko. Data primer yang dibutuhkan yaitu rute awal, jarak tempuh dari perusahaan ke toko, jarak tempuh antar toko, waktu tempuh, waktu pelayanan, permintaan, jam buka dan tutup toko, kapasitas kendaraan, dan berat muatan. Setelah data dikumpulkan, maka langkah berikutnya dilakukan pengolahan data. Tahap awal yang dilakukan yaitu menghitung total jarak berdasarkan rute awal perusahaan. Setelah dilakukan perhitungan total jarak, maka akan dihitung total biaya transportasi yang dikeluarkan oleh perusahaan berdasarkan rute awal perusahaan.

Model Belhaiza dkk. (2013) diformulasikan sebagai *mixed integer linear programming* dengan fungsi tujuan meminimalkan total waktu tempuh ditambah total waktu tunggu dikalikan dengan parameter biner B ditambah biaya tetap kendaraan yang digunakan. Definisi variabel dan parameter model dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Formulasi matematis (Persamaan 1 sampai Persamaan 21) dari model yang diusulkan Belhaiza dkk. (2013) sebagai berikut :

$$\text{Minimize } \sum_{k \in R} \sum_{i \neq j} t_{ij} x_{ij}^k + B \sum_{k \in R} \sum_{i \in N} w_i^k + \sum_{k \in R} F^k r^k \quad (1)$$

Fungsi pembatas

$$\sum_{k \in T_i} Z_k^i = 1 \quad i \in V, \quad (2)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ji}^k = \sum_{j \in V} x_{ij}^k \quad i \in V \text{ dan } k \in R, \quad (3)$$

$$2x_{ij}^k \leq Z_i^k + Z_j^k, \quad i, j \in V \text{ dan } k \in R, \quad (4)$$

$$\sum_{k \in T_i \cap T_j} \sum_{j \in V} x_{ij}^k \leq 1, \quad i \in V, \quad (5)$$

$$\sum_{k \in T_i \cap T_j} \sum_{j \in V} x_{ji}^k \leq 1, \quad i \in V, \quad (6)$$

$$y_{ij}^k \leq Q_k x_{ij}^k, \quad i, j \in V \text{ dan } k \in R, \quad (7)$$

$$\sum_{j \in v} y_{dj}^k - \sum_{i \in v} y_{id}^k = q_d^k e_d^k, \quad d \in D \text{ dan } k \in R, \quad (8)$$

$$\sum_{j \in v} y_{ji}^k - \sum_{j \in v} y_{ij}^k \geq q_i^k z_i^k, \quad i \in N \text{ dan } k \in R, \quad (9)$$

$$b_d^k \geq l_d - M(1 - z_d^k), \quad d \in D \text{ dan } k \in R, \quad (10)$$

$$a_d^k \leq u_d + M(1 - z_d^k), \quad d \in D \text{ dan } k \in R, \quad (11)$$

$$a_d^k - b_d^k \leq D_k + M(1 - z_d^k), \quad d \in D \text{ dan } k \in R, \quad (12)$$

$$b_i^k \geq a_i^k + w_i^k + s_i - M(1 - z_i^k), \quad i \in N \text{ dan } k \in R, \quad (13)$$

$$a_j^k \geq b_i^k + t_{ij} - M(1 - x_{ij}^k), \quad i, j \in V \text{ dan } k \in R, \quad (14)$$

$$a_j^k \leq b_i^k + t_{ij} + M(1 - x_{ij}^k), \quad i, j \in V \text{ dan } k \in R, \quad (15)$$

$$a_i^k + w_i^k \geq l_i^p - M(1 - z_i^k) - M(1 - v_i^p), \quad i \in N, p \in W_i \text{ dan } k \in R, \quad (16)$$

$$a_i^k + w_i^k \leq u_i^p + M(1 - z_i^k) + M(1 - v_i^p), \quad i \in N, p \in W_i \text{ dan } k \in R, \quad (17)$$

$$\sum_{p=1}^{p_i} v_i^p = 1, \quad i \in N \cap D, \quad (18)$$

$$r^k \geq z_i^k, \quad i \in V \text{ dan } k \in R, \quad (19)$$

$$y_{ij}^k, w_i^k, q_d^k, d_k, a_i^k, b_i^k \geq 0, \quad (20)$$

$$r^k, x_{ij}^k, v_i^p, z_i^k \text{ binary}. \quad (21)$$

Persamaan (2) menjamin setiap pelanggan termasuk depot ditugaskan tepat pada satu kendaraan. Persamaan (3) menyatakan bahwa setiap rute kendaraan dimulai dan berakhir di depot dan jumlah busur yang meninggalkan pelanggan i sama dengan jumlah busur yang masuk. Persamaan (4) menjamin setiap jalur (i,j) dapat dilalui oleh kendaraan k hanya jika z_i^k dan z_j^k keduanya sama dengan 1 (satu). Persamaan (5) dan (6) merupakan batasan yang memaksa setiap pelanggan (i) dikunjungi oleh satu kendaraan. Persamaan (7) rute pada busur (i,j) dibatasi oleh kapasitas Q_k yang melintasi busur tersebut. Persamaan (8) memastikan permintaan pelanggan i yang dikunjungi kendaraan k terpenuhi. Persamaan (9) memastikan permintaan setiap pelanggan yang ditugaskan pada kendaraan k sudah terpenuhi. Persamaan (10) memastikan waktu keberangkatan kendaraan k dari depot d tidak melebihi l_d .

Persamaan (11) memaksa waktu kedatangan kendaraan k di depot d kurang dari atau sama dengan u_d . Persamaan (12) total durasi waktu setiap rute tidak boleh melebihi durasi maksimum D_k . Persamaan (13) memastikan bahwa waktu keberangkatan dari pelanggan paling tidak sama dengan waktu pelayanan pada pelanggan i hanya jika pelanggan i mendapatkan kendaraan k . Persamaan (14) dan (15) waktu kedatangan pada pelanggan j sama dengan waktu keberangkatan dari pelanggan i , ditambah biaya t_{ij} dan busur (i,j) hanya jika busur (i,j) mendapatkan kendaraan k . Persamaan (16) dan (17) menyatakan bahwa waktu kedatangan ditambah waktu tunggu kendaraan k pada pelanggan i ada di dalam *time window* hanya jika pelanggan i mendapatkan kendaraan k dan *time window* p dipilih. Persamaan (18) hanya satu *time window* yang dipilih oleh pelanggan. Persamaan (19) memastikan pelanggan i dilayani oleh kendaraan k hanya jika kendaraan digunakan. Persamaan (20) dan (21) menyatakan nilai variabel keputusan.

Selanjutnya peneliti melakukan modifikasi model matematika VRPMTW *multiple depots* yang dikembangkan Belhaiza dkk. [5] menjadi VRPMTW *single depot*. Berdasarkan karakteristik perusahaan yang hanya memiliki satu depot, kendaraan dapat kembali ke depot untuk mengambil produk ketika total muatan dalam satu rute telah melebihi kapasitas. Dengan kata lain, depot dapat ditugaskan lebih dari satu kali pada sebuah kendaraan. Sedangkan pelanggan i tetap ditugaskan sekali pada satu kendaraan. Sehingga persamaan 2 dimodifikasi menjadi Persamaan 22 dan Persamaan 23.

$$\sum_{k \in T_d} Z_d^k \leq N \quad d \in \{1\} \quad (22)$$

$$\sum_{k \in T_i} Z_k^i = 1 \quad i \in N \quad (23)$$

Pada Persamaan 5 dan 6 kendaraan hanya dapat melewati jalur (i,j) kurang dari sama dengan 1. Hal ini berbeda dengan karakteristik perusahaan bahwa kendaraan dapat melewati lebih dari 1. Kendala tersebut akan dimodifikasi sebagaimana Persamaan 27 sampai Persamaan 30.

$$\sum_{k \in T_i \cap T_j} \sum_{j \in V} x_{ij}^k \leq N, \quad i \in d, d \in \{1\} \quad (27)$$

$$\sum_{k \in T_i \cap T_j} \sum_{j \in V} x_{ij}^k \leq 1, \quad i \in N, \quad (28)$$

$$\sum_{k \in T_i \cap T_j} \sum_{j \in V} x_{ji}^k \leq N, \quad i \in d, d \in \{1\} \quad (29)$$

$$\sum_{k \in T_i \cap T_j} \sum_{j \in V} x_{ji}^k \leq 1, \quad i \in N, \quad (30)$$

Setelah dilakukan modifikasi maka langkah selanjutnya adalah menerjemahkan ke dalam bahasa pemrograman LINGO. Dalam pembuatan bahasa pemrograman LINGO ada beberapa tahapan

yaitu set, input data, memasukkan fungsi tujuan dan kendala-kendala sesuai dengan model matematis yang ada. Setelah tahap menerjemahkan model matematis ke bahasa LINGO dan memasukkan data, kemudian model akan dijalankan sehingga menghasilkan solusi. Jika solusi yang dihasilkan tidak layak maka kembali pada tahap penerjemahan model matematis, dengan mengecek kemungkinan kesalahan dalam penerjemahan ke dalam bahasa LINGO. Jika solusi yang dihasilkan layak maka dilanjutkan ke perbandingan biaya transportasi untuk mengetahui seberapa besar penurunan yang diperoleh setelah menerapkan metode usulan.

Tabel 1 Definisi variabel

Variabel	Tipe	Deskripsi
x_{ij}^k	Binary	Sama dengan 1 dan hanya jika busur (i,j) dilalui oleh kendaraan k
y_{ij}^k	Real	Sama dengan aliran pada busur (i,j)
r^k	Binary	Sama dengan 1 dan hanya jika kendaraan k digunakan
v_i^p	Binary	Sama dengan 1 dan hanya jika pelanggan i dilayani didalam <i>time window</i>
w_i^k	Real	Waktu tunggu kendaraan k pada pelanggan i
z_i^k	Binary	Sama dengan 1 dan hanya jika pelanggan i mendapatkan kendaraan k.
q_d^k	Binary	Total permintaan yang dimuat dalam kendaraan k pada depot d
d_k	Real	Waktu perjalanan kendaraan k
a_i^k	Real	Waktu kedatangan kendaraan k pada pelanggan i
b_i^k	Real	Waktu keberangkatan kendaraan k dari pelanggan i

Tabel 2 Definisi parameter

Parameter	Tipe	Deskripsi
t_{ij}	Real	Waktu tempuh berhubungan dengan busur (i,j)
q_i	Real	Permintaan pelanggan pada vertex i
l_i^p	Real	<i>Lower bound</i> pada <i>time window</i> p untuk pelanggan i
u_i^p	Real	<i>Upper bound</i> pada <i>time window</i> p untuk pelanggan i
Q_k	Real	Kapasitas kendaraan
D_k	Real	Maksimal waktu tempuh kendaraan k
s_i	Real	Waktu pelayanan pada pelanggan i
e_d^k	Binary	Sama dengan 1 jika dan hanya jika kendaraan berangkat dan berakhir di depot d
B	Binary	Sama dengan 1 jika dan hanya jika total waktu tempuh harus diminimalkan
F^k	Real	Biaya tetap dalam satuan waktu menggunakan kendaraan k
M	Real	Konstanta

3. Hasil dan Pembahasan

Model matematika diatas digunakan untuk menyelesaikan rute pengiriman pada salah satu distrik yaitu Klojen. PT Lukindari Permata Malang mengirimkan es krim ke 151 toko pada tanggal 27 Februari – 5 Maret 2018. Rute awal untuk distrik Klojen ditunjukkan pada Tabel 3.

Dari hasil *running* model dengan menggunakan *software* Lingo diperoleh rute kendaraan pada tiap *time window* seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Pembentukan rute pengiriman dengan menggunakan *mixed integer linear programming* menghasilkan rute yang berbeda secara signifikan dengan rute pengiriman yang dimiliki oleh perusahaan. Dari rute tersebut, kendaraan tidak melanggar waktu istirahat toko-toko pada jam 11.00-

13.00 dan kendaraan tidak perlu mengubah rute untuk mencari alternatif toko yang akan dikirim. Dengan menggunakan *mixed integer linear programming* dalam menyelesaikan VRPMTW diperoleh jarak dan waktu tempuh yang lebih minimal dengan mempertimbangkan jam buka tutup toko.

Pada Tabel 5 dapat dilihat perbandingan total jarak rute awal dan total jarak rute pada kondisi usulan. Adapun total jarak pada kendaraan ke-1 hari Selasa adalah 33906 m untuk kondisi awal dan 29684 m pada kondisi usulan. Perbedaan total jarak antara rute usulan dan rute awal adalah 4222 m. Dari perbedaan total jarak pada hari Selasa maka didapat penghematan sebesar 9,97%. Total jarak pada kendaraan ke 1 hari Rabu adalah 48553 m untuk rute pada kondisi awal dan 52101 m pada kondisi usulan. Sehingga perbedaan total jarak pada hari Rabu maka didapat penghematan sebesar 13,90%.

Perhitungan biaya bahan bakar akan berbanding lurus terhadap total jarak yang ditempuh. Perbandingan biaya transportasi pada kondisi awal dan usulan dapat dilihat pada Tabel 5. Biaya transportasi pada hari Selasa pada kendaraan ke-1 adalah Rp 82.718 untuk awal rute dan Rp 94.598 pada rute usulan. Dimana perbedaan biaya transportasi antara rute usulan dan rute awal pada hari Selasa untuk semua kendaraan adalah 1,097%. Biaya transportasi pada kendaraan ke 1 hari Rabu adalah Rp.135.463 untuk rute awal dan Rp 66.051 pada kondisi usulan. Sehingga perbedaan total biaya transportasi pada hari Rabu sebesar 13,90%.

Tabel 3 Rute awal perusahaan

Hari	Rute
Kendaraan 1 Hari Selasa	Perusahaan → Pitoelas → Rejeki Klojen → Remaja → Leo → Restu Ibu → Rania → Slamet Wahyudi → Goldia S.Syahrir → Raya Kosmetik → Bintang Baru → Chandra → Sumber Rejeki → Sabillah → Alfamart Halmahera → Alfamart M.Yamin → Goldia Pasar Besar → Snack Station KH.Tamin → Pendowo → Heni → Nuriyati → Prima Kasin → Sahabat Al-Qodri → Alfamart Ade Irma → Air Mancur 45 → salon anggun → Kopinma → Depo GT → Perusahaan
Kendaraan 2 Hari Selasa	Perusahaan → Sido Muncul → Barokah 3 → Bu Wahyu Utami → Anisma Kesatrian → Bakpau Chik Yen → Kampung Warna Warni → Alfa Warna Warni → Aremania → Sari Mulya → Biru Rejeki → Sumber Berkah → Aroma Cake → FC Janeisha → Agustin Polehan → Bu May → Cipto Polehan → Putri → Rohima → Yuyun → Mulyani → Adika Swalayan → Perusahaan
Kendaraan 1 Hari Rabu	Perusahaan → Dian Ilmu → AT Mart Al-Khaibar → Pak Subari → Sari Rejeki → Win → Darwati → Istiqomah → Barokah Bareng → Sumber Rejeki → SMPN 1 Malang → Museum Brawijaya → Pojok Jaya → Attaufiq MAN 2 Malang → Kantin UM CSR → Alfamart Gading Kasri → Tomposari → SMAK Santa Maria → Wijaya → Pak Anto → Alfamart Brig. Katamso → Class Travel → Annie Kasin → Alfamart Nusakambangan 1 → Indomart Nusakambangan → Alfamart Nusakambangan 2 → Indomart Sulawesi → Alfamart Wachid Hasyim → Alfamart Kapt. Tendean → Alfamart Yulius Usman → Perusahaan
Kendaraan 2 Hari Rabu	Perusahaan → Hosana → Supercell → Arvin → Lisetya → Lasemi → Aura → Asrama Corjesu → Yuyud → 60 Tapak Siring → Istana Buah Jaksa Agung → Kopmart RSSA → Lampion Mas → Setia → Sekabram → Indocell → Lumintu → Istana Buah Kawi → Dewi → Air Mancur Kauman → Hafid → Galuh MM → Barokah Taman Slamet → Leo Oro Oro Dowo → Farakhan → Muhtar → Yanto → Perusahaan

Tabel 4 Rute usulan dengan VRP *Multiple Time Windows*

Hari	K	Time window 07.00-11.00	Time window 13.00-18.00
Selasa	1	Perusahaan → Anisa Kesatrian → Bakpau Chik Yen → Andika Swalayan → Mulyani → Yuyun → Rohima → Putri → Cipto Polehan → Bu May → Agustin Polehan → FC Janesha → Biru Rejeki → Sari Mulya	Aremania → Perusahaan.
	2	Pitoelas → Rejeki Klojen → Barokah 3 → Sido Muncul → Bu Wahyu Utami → Alfa Warna Warni → Kampung Warna Warni → Leo → Rania → Goldia Sultan Syahrir → Alfamart Ade Irma → Air Mancur 45 → Salon Anggun	Sahabat Al Qodri → Snack Station KH.Tamin → Raya Kosmetik → Bintang Baru → Chandra → Sumber Rejeki → Alfamart M.Yamin → Prima Kasin → Nuriyati → Pendowo → Alfamart Halmahera → Heni → Slamet Wahyudi → Goldia Pasar Besar → Sumber Berkah → Aroma Cake → Remaja → Restu Ibu → Kopinma → Depo GT → Perusahaan.
Rabu	1	Perusahaan → Arvin → Supercell → Hosana → Lisetya → Lasemi → Aura → Asrama Corjesu → Yuyud → 60 Tapak Siring → Istana Buah Jaksa A. → Kopmart Ssa → Lampion Mas → Lumintu → Smpn 1 Malang → Meseum → Brawijaya → Barokah Bareng Sumber Rejeki → Istana Buah Kawi →	Hafid → Air Mancur Kauman → Dewi → Setia → Galuh Mm → Wijaya → Muhtar → Yanto → Perusahaan
	2	Perusahaan → Kantin UM CSR → Attaufiq MAN 2 Malang → Pojok Jaya → Dian Ilmu → AT Mart Al-Khaibar → Pak Subari → Sari Rejeki → Win → Darwati → Istiqomah → SMAK Santa Maria → Wijaya → Pak Anto → Alfamart Brig. Katamso → Class Travel → Annie Kasin → Alfamart Nusakambangan 1 → Indomart Nusakambangan → Alfamart Nusakambangan 2	→ Indomart Sulawesi → Alfamart Yulius Usman → Alfamart Kapt. Tendean → Alfamart Wachid Hasyim → Indocell → Sekabram → Barokah Taman Slamet → Leo Oro-oro Dowo → Farakhan → Perusahaan.

Tabel 5 Perbandingan total jarak dan biaya transportasi

No.	Rute	Total Jarak Awal (m)	Total Jarak Usulan (m)	Biaya Transportasi Awal (Rp)	Biaya Transportasi Usulan (Rp)
1	Kendaraan 1 Hari Selasa	33906	29684	94.598	82.718
2	Kendaraan 2 Hari Selasa	37696	34783	105.172	97.0446
3	Kendaraan 1 Hari Rabu	48553	23674	135.463	66.051
4	Kendaraan 2 Hari Rabu	39460	52101	110.093	145.365
Penghematan hari Selasa				9,97%	
Penghematan hari Rabu				13,90%	

4. Kesimpulan

Dengan menggunakan *mixed integer linear programming* untuk menyelesaikan *vehicle routing problem with multiple time windows* dihasilkan rute usulan untuk PT Lukindari Permata Malang. Rute usulan mampu menghasilkan penghematan biaya transportasi kendaraan sebesar 9,97% untuk hari Selasa dan 13,9% untuk hari Rabu. Penelitian selanjutnya diharapkan mampu mempertimbangkan *loss energy dan quality losses*.

Referensi

- [1] Rong A, Akkerman R, Grunow M. An Optimization Approach for Managing Fresh Food Quality Throughout the Supply Chain. *International Journal of Production Economics*. Vol. 131, No. 21, Pp. 429, 2011.
- [2] Tania M. Pengembangan Model Vehicle Routing Problem untuk Pendistribusian Produk Perishable Menggunakan Produk Berpendingin. *Jurnal Teknik POMITS*. Vol. 1, No. 1, 1-6, 2012.
- [3] Bitao P, Fei W, Hybrid Intellegent Algorithm for Vehicle Routing Problem with Multiple Time Windows. *International Forum on Information Technology and Applications*. China. 2010.
- [4] Favaretto D, Moretti E, Pellegrini P, Ant Colony System for a VRP with Multiple Time Windows and Multiple Visits. *Journal of Interdisciplinary Mathematics*. Vol. 10, No. 2, Pp. 263-284, 2007.
- [5] Belhaiza S, Hansen P, Laporte G. A Hybrid Variable Neighborhood Tabu Search Heuristic for The Vehicle Routing Problem with Multiple Time Windows. *Computers & Operations Research*. Vol. 52(B), Pp. 269-281, 2013.