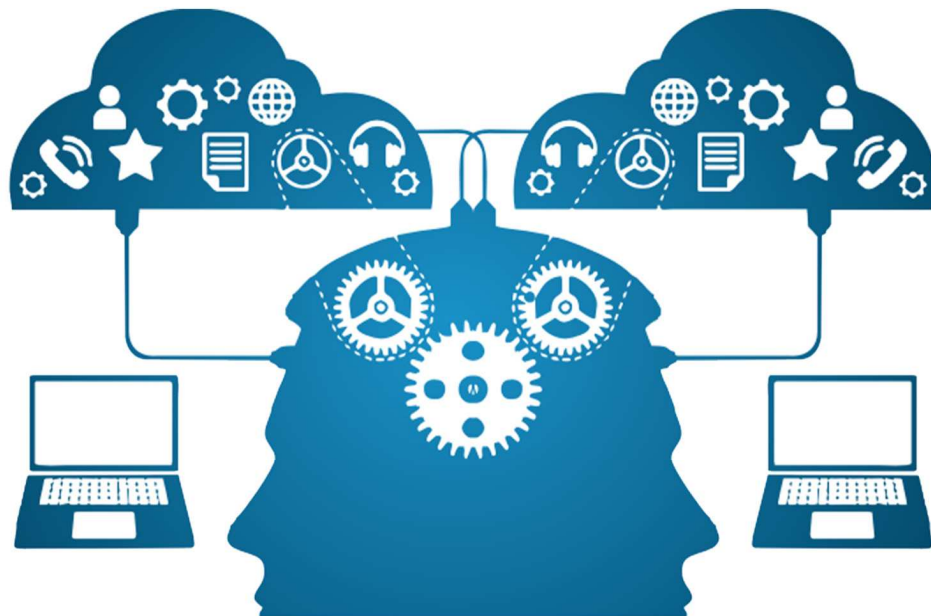




PROSIDING



“REKAYASA DAN INOVASI TEKNOLOGI UNTUK PENINGKATAN KUALITAS HIDUP BANGSA”

Ruang Koendjono, Gedung Pusat Mrican
Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
17-18 September 2014



**PROCEEDINGS
SEMINAR NASIONAL RISET DAN TEKNOLOGI TERAPAN (RITEKTRA) KE-4**

**REKAYASA DAN INOVASI TEKNOLOGI
UNTUK PENINGKATAN KUALITAS HIDUP BANGSA**

17 SEPTEMBER 2014
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA - INDONESIA

Editor :

The Jin Ai, Dr.Eng
Dr. Linggo Sumarno
Sudi Mungkasi, Ph.D

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA – INDONESIA**

PROCEEDINGS

SEMINAR NASIONAL RISET DAN TEKNOLOGI TERAPAN (RITEKTRA) KE-4

REKAYASA DAN INOVASI TEKNOLOGI UNTUK PENINGKATAN KUALITAS HIDUP BANGSA

ISBN : 978-602-71306-0-9

© 2014 Faculty of Science and Technology, Sanata Dharma University, Yogyakarta, INDONESIA

This work is copyright, no part may be reproduced by any process without prior written permission from the Editors. Request and inquiries concerning reproduction and rights should be addressed to C. Kuntoro Adi, S.J., M.A., M.Sc, Ph.D; The Faculty of Science and Technology, Sanata Dharma University, Yogyakarta, INDONESIA or email to ritektra2014@usd.ac.id

The intellectual property of each paper included in these proceedings remains vested in the Authors as listed on the papers.

Published by :

The Faculty of Science and Technology, Sanata Dharma University

Campus III, Paingan, Maguwoharjo, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta, INDONESIA

Telp : (62-274) 883968

Fax : (62-274) 886529

Email : dekanfst@usd.ac.id

Website : www.usd.ac.id

**PROCEEDINGS
SEMINAR NASIONAL RISET DAN TEKNOLOGI TERAPAN (RITEKTRA) KE-4**

**REKAYASA DAN INOVASI TEKNOLOGI
UNTUK PENINGKATAN KUALITAS HIDUP BANGSA**

17 SEPTEMBER 2014
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA - INDONESIA

Editor :

The Jin Ai, Dr.Eng
Dr. Linggo Sumarno
Sudi Mungkasi, Ph.D

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA – INDONESIA**

PROCEEDINGS

SEMINAR NASIONAL RISET DAN TEKNOLOGI TERAPAN (RITEKTRA) KE-4

REKAYASA DAN INOVASI TEKNOLOGI UNTUK PENINGKATAN KUALITAS HIDUP BANGSA

ISBN : 978-602-71306-0-9

© 2014 Faculty of Science and Technology, Sanata Dharma University, Yogyakarta, INDONESIA

This work is copyright, no part may be reproduced by any process without prior written permission from the Editors. Request and inquiries concerning reproduction and rights should be addressed to C. Kuntoro Adi, S.J., M.A., M.Sc, Ph.D; The Faculty of Science and Technology, Sanata Dharma University, Yogyakarta, INDONESIA or email to ritektra2014@usd.ac.id

The intellectual property of each paper included in these proceedings remains vested in the Authors as listed on the papers.

Published by :

The Faculty of Science and Technology, Sanata Dharma University

Campus III, Paingan, Maguwoharjo, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta, INDONESIA

Telp : (62-274) 883968

Fax : (62-274) 886529

Email : dekanfst@usd.ac.id

Website : www.usd.ac.id

KOMITE

SEMINAR NASIONAL RISET DAN TEKNOLOGI TERAPAN (RITEKTRA) KE-4

**REKAYASA DAN INOVASI TEKNOLOGI
UNTUK PENINGKATAN KUALITAS HIDUP BANGSA**

KETUA PELAKSANA : C. Kuntoro Adi, S.J., M.A., M.Sc, Ph.D

SEKRETARIS : Agnes Maria Polina, S.Kom., M.Sc.

STEERING COMMITTEE :

Dr. Rr. MI. Retno Susilorini, ST., M.T

Dr. FL. Budi Setiawan

Dr. A. Teguh Siswantoro, M.S

Dr. Iswanjono

Sudi Mungkasi, Ph.D

P.H. Prima Rosa, S.Si., M.Sc

B. Wuri Harini, S.T., M.T

PROGRAM COMMITTEE (REVIEWER):

The Jin Ai, Dr.Eng

Dr. Linggo Sumarno

Sudi Mungkasi, Ph.D

Ronald Sukwadi, S.T.,M.M.,Ph.D

Dr. Ir. Djoko Setyanto, M.Sc

Dr. Ir. P.J. Prita Dewi Basoeki, M.T

Prof. Ir. Hadi Sutanto, M.MAE., Ph.D

Dr. Lukas, S.T.,M.AI

Dr. Lydia Sari, S.T.,M.T

Dr. Adya Pramudita, S.T.,M.T

Prof. Ir. Suyoto, M.Sc.,Ph.D

Dr. Ir. Alb. Joko Santosa, M.T.

Dr. Pranowo, S.T.,M.T.

Ir. B. Kristyanto, M.Eng.,Ph.D

Dr. A. Teguh Siswantoro, M.S
Ririn Diar Astanti, ST.,M.MT.,Dr.Eng
Prof. Dr.Ing.L.M.F. Purwanto
Dr. Iswanjono
Drs. Eka Priyatma, M.Sc.,Ph.D

TECHNICAL COMMITTE :

Catharina M. Sri Wijayanti, S.Pd
Ridowati Gunawan, S.Kom., M.T.
Iwan Binanto, S.Si., M.Cs
Ir. Budi Setiyadi, M.T
Marlon Leong, S.Kom., M. Kom
Budi Setyahandana, S.T., M.T.
Yonathan Dri Handarkho, S.T., M.Eng.
Petrus Setyo Prabowo, S.T., M.T.
Ir. Krt. Rm. Endro Gijanto, M.M
Yosef Daryanto, S.T., M.Sc.
A. Gatot Bintoro, S.T., M.T.
Dr. Ir. Vg. Sri Rejeki, M.T
Dr. Maria Wahyuni
B. Wuri Harini, S.T., M.T
Eko Hari Parmadi, S.Si, M.Kom.
Stephanie Pamela Adhitama, S.T., M.T.
Ir. Rines, M.T.
Leo Bardus Wardoyo
Rusdanang Ali Basuni
Antonius Suryono
Susilo Dwiratno
Anastasia Rita Widiarti, S.Si.,M.Si
Fransiska Yuvita Rihantari
Zaerilus Tukija

Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (RITEKTRA) ke-4 tahun 2014

“Rekayasa dan Inovasi Teknologi untuk Peningkatan Kualitas Hidup Bangsa”

Latar Belakang

Dirasakan mulai menguatnya perubahan paradigma ekonomi berbasis sumber daya ke ekonomi berbasis pengetahuan (*knowledge-based economy*). Dalam paradigma ini, kekuatan suatu masyarakat diukur dari kemampuan ilmu pengetahuan dan teknologi sebagai faktor pengganti modal, lahan dan energi untuk peningkatan daya saing ekonomi.

Buku Putih (Kementerian Negara Riset dan Teknologi, 2006) mengisyaratkan 6 bidang mendasar yang perlu diprioritaskan dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yaitu bidang pangan, energi, transportasi, teknologi informasi dan komunikasi, pertahanan dan keamanan, serta kesehatan dan obat.

Pengembangan iptek bidang ketahanan pangan mencakup : a). ketersediaan pangan baik dalam jumlah, mutu, keamanannya; b). distribusi pasokan yang memiliki harga stabil dan terjangkau; c). konsumsi – kemampuan mengakses, mengelola konsumsi sesuai kaidah kesehatan dan preferensinya.

Pembangunan iptek dalam bidang energi memiliki perhatian pada penciptaan sumber energi baru dan terbarukan. Buku Putih mengisyaratkan perlunya perhatian pada gagasan bauran energi (*energy mixed*), penghematan dan peningkatan efisiensi, peningkatan eksplorasi energi fosil, serta pengembangan infrastruktur energi. Dukungan iptek khususnya dari segi kebijakan dan pengembangan berkelanjutan diperlukan untuk mencukupi kebutuhan energy.

Pembangunan iptek di bidang transportasi terkait dengan pemanfaatan, pembenahan dan pengembangan manajemen transportasi nasional, pembenahan regulasi entah itu dalam transportasi jalan, kereta-api, sungai, danau, laut, udara dan transportasi antar moda dan multi-moda.

Teknologi informasi dan komunikasi (TIK) mengarah pada teknologi dengan ciri konvergensi, miniaturisasi, *embedded, on demand, grid, intelligent, wireless inter-networking, open-source, seamless integration* dan *ubiquitous*. Bidang teknologi informasi dan komunikasi (TIK) Indonesia dikembangkan untuk menjawab kepentingan lima pemangku yaitu : a). masyarakat menuju *knowledge-based society*; b). public yang mengarah ke *e-services*; c). pemerintah menuju *e-government*; d). industri menuju industri TIK global; e). masyarakat iptek dan lembaganya menuju kelas dunia.

Pembangunan iptek di bidang pertahanan dan keamanan ditujukan untuk menopang sistem pertahanan dan keamanan terutama untuk keutuhan Negara kesatuan Republik Indonesia. Kebijakan industri pertahanan keamanan terkait dengan berbagai program yang menopang program penelitian, kemitraan industri, peningkatan potensi sumber daya dalam bidang desain dan rekayasa, perbaikan, pemeliharaan dan pengadaan alat, serta pemberdayaan dan peningkatan peran industri nasional.

Pembangunan iptek di bidang kesehatan dan obat diharapkan mampu menopang upaya pemenuhan hak untuk memperoleh pelayanan kesehatan yang bermutu dan terjangkau terkait dengan : a). gizi dan makanan; b). pengendalian penyakit dan kesehatan lingkungan serta c). pengembangan bahan baku obat, sediaan obat, perbekalan farmasi dan alat kesehatan.

Pertanyaannya adalah : “Inovasi ilmu pengetahuan dan teknologi seperti apakah yang relevan dan penting untuk menjawab kebutuhan di bidang sebagaimana disebut di atas?”

Tujuan Seminar

Tujuan penyelenggaraan seminar nasional tahun ini adalah:

1. Berbagi pengalaman dan penelitian dalam pengembangan ilmu pengetahuan, rekayasa dan teknologi terapan.
2. Mendorong terjalinnya interaksi dan tumbuhnya jaringan komunikasi kerjasama dan kemitraan, baik antara universitas, pemerintah, industri dan masyarakat, guna menghasilkan rekayasa dan inovasi teknologi yang dapat meningkatkan produktivitas dan daya saing nasional.
3. Memberikan kontribusi kepada masyarakat terkait dengan rekayasa dan inovasi teknologi untuk peningkatan kualitas hidup bangsa.

Tema Seminar

Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (RITEKTRA) ke-4 tahun 2014 mengusung tema: “Rekayasa dan Inovasi Teknologi untuk Peningkatan Kualitas Hidup Bangsa.”

Di dalamnya mencakup beberapa sub-tema seperti:

1. Teknologi bagi masyarakat dan kemanusiaan.
2. Peranan teknologi untuk mendukung Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) dan komunitas Asean.
3. Riset dan teknologi terapan untuk mendukung industri nasional yang kompetitif.
4. Peran energi baru dan terbarukan untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat dan pelestarian lingkungan
5. Ketahanan pangan untuk mendukung kemandirian bangsa.
6. Rekayasa dan inovasi teknologi untuk perubahan iklim.
7. Riset ilmu dasar untuk mendukung inovasi teknologi.
8. Dan lain-lain.

Semoga Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (Ritektra) 2014 mampu memberi sumbangan inovatif melalui diskusi hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh para peneliti, praktisi, dan peserta.

Yogyakarta, September 2014

Ketua Seminar

Dr. C. Kuntoro Adi, S.J., M.A., M.Sc.

New and Renewable Energy: Lessons from South Korea

Siyoung Jeong

Sogang University, 35 Baekbeom-ro, Mapo-gu, Seoul 121-742, Korea

E-mail address: syjeong@sogang.ac.kr

Abstract

Korea is one of the 5 biggest importers of fossil fuels in the world. Therefore, replacing fossil fuels with clean energies has always been one of the most crucial issues that Korea faces. In Korea, new and renewable energy are becoming more and more important not just to meet ambitious targets on greenhouse gas emissions, but also to boost the economy. Korea has pledged that 11% of its total energy will come from renewable ones by 2030. To this end, Korea is investing more in renewable energies, such as geothermal, solar, biomass, and wind energy.

Among various renewable energies, wind energy industry is the second biggest sector in Korea, following the photovoltaic industry. In 2004, the total installation capacity was just 37MW, and there were no domestic turbines. However, it increased to 560 MW in 2013, and several Korean heavy manufacturers have started including wind turbines in their portfolios to compete both domestically and in the international marketplace. Such a growth mainly is due to various national policies supporting the development of wind energy. The Renewable Portfolio Standard (RPS) scheme was introduced to replace the existing feed-in tariff which was not very effective to support the wind power development. Recently, offshore wind farms are actively discussed in Korea. Korean government announced an ambitious project to build a 2.5 GW offshore wind farm, the largest in the world. Many Korean companies are involved which have the know-how accumulated through shipbuilding for decades.

Although Korea is relatively late in developing wind energy, the wind power industry has developed rapidly in Korea. Indonesia has a great potential of wind sources, and will be able to take advantage of the experience of Korea in the development of wind energy.

Riset dan Teknologi Terapan untuk Mendukung Industri Nasional yang Kompetitif

Prof. Ir. Hadi Sutanto, MMAE.,PhD.

Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

Abstract

Kesejahteraan suatu bangsa tidak hanya ditentukan oleh potensi dan kekayaan sumber daya alam yang dimiliki, tetapi juga dipengaruhi oleh kemampuan inovasi dan menciptakan kreativitas untuk menghasilkan produk barang dan jasa guna memenuhi kebutuhan masyarakat secara keseluruhan. Dalam era globalisasi dengan ciri iklim persaingan yang semakin kompetitif, maka suatu negara akan mampu bertahan dan berkembang dengan memiliki daya saing yang berkelanjutan. Mampu saing negara dalam dunia industri harus mengandalkan kemampuan riset untuk menghasilkan produk-produk inovatif yang akan mendorong negara tersebut agar mampu berkompetisi dalam percaturan dunia. Proses industrialisasi untuk mewujudkan bangsa yang sejahtera memerlukan peningkatan kemampuan menguasai dan mengembangkan riset terapan berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi dengan didukung oleh pengembangan kemampuan sumber daya manusia, sarana dan prasarana **research and development (R & D)** serta peningkatan mutu pendidikan nasional.

Industri berbasis teknologi berkembang sangat cepat mengikuti perkembangan ekonomi pengetahuan (**knowledge economy**) yang juga bergerak secara dinamis. Perkembangan tersebut memerlukan riset terapan yang dilakukan oleh para peneliti sesuai dengan kapasitas dan kapabilitas mereka. Kegiatan penelitian berupa riset terapan sebaiknya bersinkronisasi dengan kebutuhan industri pengguna agar tercapai pemanfaatan nilai tambah suatu produk barang dan jasa yang relevan.

Lebih lanjut, dalam presentasi ini akan dipaparkan perbedaan antara riset dasar dan riset terapan, walaupun seringkali ke dua macam riset tersebut sulit untuk dibedakan satu dengan lainnya. Riset terapan yang terkait dengan industri dan hubungannya dengan penelitian yang ada di perguruan tinggi akan diperjelas dengan beberapa contoh.

Kata-kata kunci: riset terapan, riset dasar, inovasi, pendidikan, industri, triple helix.

Pengembangan Energi Baru Terbarukan di Kabupaten Bantul

Drs. Trisaktiyana, M.Si.*

Abstract

Sesuai dengan kebijakan Pemerintah tentang diversifikasi energi, pembangunan sektor energi di Kabupaten Bantul dilaksanakan melalui pengembangan dan pemanfaatan potensi Energi Baru Terbarukan (EBT). Pengembangan biogas, energi surya, dan energi angin untuk mengatasi berbagai permasalahan masyarakat telah banyak dilakukan. Masyarakat telah merasakan manfaatnya secara ekonomi.

Contoh yang telah dilaksanakan dengan baik adalah pengembangan dan pemanfaatan EBT di pesisir Kabupaten Bantul. Energi angin dan energi surya penghasil listrik berkapasitas 88 Kw telah dimanfaatkan di Pantai Baru Pandansimo sejak tahun 2010. Hingga saat ini energi listrik yang dihasilkan telah digunakan sebesar 22,5 Kw untuk penerangan kawasan, penyediaan listrik bagi 120 warung kuliner, penyediaan air untuk pertanian dan perikanan setempat, penyediaan air bersih untuk kawasan, dan produksi es kristal bagi kebutuhan kuliner setempat. Kotoran sapi dari kelompok kandang setempat juga diolah dalam 3 digester berkapasitas @ kotoran 100 ekor sapi untuk menghasilkan biogas yang disalurkan untuk keperluan memasak di warung-warung kuliner Pantai Baru Pandansimo.

Selanjutnya, kebijakan pengembangan EBT ini terus disebarluaskan. Pada saat ini Pantai Kuwaru, Pantai Goa Cemara, dan Rumah Tambatan Perahu di muara Sungai Opak telah memiliki instalasi energi angin ataupun surya untuk menghasilkan listrik. Museum Geospasial di Pantai Depok juga sudah memanfaatkan energi listrik dari Surya Sel. Pada akhir tahun 2014, direncanakan telah dilakukan instalasi 25 kincir angin setinggi 170 meter berkapasitas menghasilkan listrik 50 Mw. Semua ini merupakan langkah konkrit untuk mengurangi ketergantungan pada listrik yang dihasilkan dari energi fosil. Apa yang terjadi di Bantul bisa juga diutarakan sebagai upaya pengembangan EBT yang awalnya berskala nonkomersial pemberdayaan masyarakat, berkembang kearah investasi industri energi listrik EBT skala komersial bekerjasama dengan PLN.

Kata kunci : Energi Baru Terbarukan, manfaat ekonomi, sebarluas, nonkomersial, komersial

**Kepala Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Bantul*

DAFTAR ISI

Komite Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (RITEKTRA) Ke-4	i
Kata Pengantar Ketua Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (RITEKTRA) Ke-4 tahun 2014	ii
Abstract Keynote “New and Renewable Energy : Lessons from South Korea” <i>Siyoung Jeong</i>	v
Abstract Keynote “Riset dan Teknologi Terapan untuk Mendukung Industri Nasional yang Kompetitif” <i>Hadi Sutanto</i>	vi
Abstract Keynote “Pengembangan Energy Baru Terbarukan di Kabupaten Bantul” <i>Trisaktiyana</i>	vii
Daftar Isi	viii
Studi Eksperimental Peningkatan Perpindahan Panas Turbulen Pada Penukar Kalor Dengan Twisted Tape Inset With Oblique Teeth <i>Indri Yaningsih, Tri Istanto</i>	1 - 6
Pengukuran Produktivitas Untuk Pengembangan Model Perbaikan Produktivitas Industri Kecil (UKM) Sentra Industri Sepatu Wedoro Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur Dengan Pendekatan <i>Lean Production</i> <i>Ig. Jaka Mulyana, Peter R. Angka</i>	7 – 12
Analisis Kepuasan Pengguna Terhadap Website <i>Digital library</i> Menggunakan Metode <i>Kano</i> <i>Nyoman Ayu Nila Dewi</i>	13 – 17
Kinerja Jaringan Multi Protocol Label Switching Virtual Private Network <i>Theresia Ghozali, Kumala Indriati, Michael Oliver</i>	18 - 21
Alat Pengering Kacang Tanah Sebagai Proses Pembuatan Kacang Asin Metode PI Controller <i>Sutedjo, Renny Rakhmawati, Nani Setiyowati</i>	22 – 26
Proses Elektrokoagulasi dengan Katoda dari Karbon Bekas Baterai untuk Menurunkan Kandungan Logam dalam Air Limbah <i>Sutanto, Danang Widjajanto</i>	27 – 31
Performa Perangkat Lunak ANUGA dalam Simulasi Masalah Pecahnya Bendungan Model Yeh-Petroff <i>Sudi Mungkasi</i>	32 - 37
Model Manajemen Workflow Pada Sistem Informasi Administrasi Pelatihan Kerja Berbasis Web <i>Azof Ghazali Sujono, Eko Nugroho, Hanung Adi Nugroho</i>	38 - 43
Aplikasi Sensor Inersia (IMU) dan XBee Untuk Pemantauan Data Gerakan Secara Nirkabel <i>Elang Parikesit, Laurentius Kuncoro Probo Saputra</i>	44 – 47
Scheduling Algorithm Priority Scheme In Multi Carrier System For Individual User QoS <i>Moszes Angga, A. A. Muayyadi, Arfianto Fahmi</i>	48 - 52

Kajian Awal Hubungan Teknometrik Dengan Proses Inovasi (Studi Kasus : UKM IRA Silver) <i>Angela Chintya Dwita, Augustina Asih Rumanti</i>	53 – 58
Kajian Awal Identifikasi Metode Peramalan Teknologi di UKM Surya Usaha Mandiri <i>Vania Hadisurya, Augustina Asih Rumanti</i>	59 – 63
Analisis Konsumsi Energi Sistem <i>Multi-Hop</i> WSN pada Kanal <i>Fading Rice</i> <i>Antonius Aditya, Lydia Sari</i>	64 – 67
Rancang Bangun Modul Praktikum <i>Temperature and Light Control</i> Berbasis Komputer <i>Melisa Mulyadi, Catherine Olivia Sereati</i>	68 – 72
Pengaruh <i>Radome</i> Terhadap Impedansi Input Antena Monopole Planar Segitiga <i>A.Ady Pramudita, Yuyu Wahyu</i>	73 – 77
Perancangan Jaringan <i>Passive Optical Network (PON)</i> Di Kampus Universitas Islam Indonesia <i>Firdaus, Ramadhany Darmaningtyas, Eka Indarto</i>	78 – 83
Usulan Pembagian Wilayah dan Rute Distribusi PT. X <i>Bonifasius Yoga Pratama Wijaya, The Jin Ai, Slamet Setio Wigati</i>	84 – 90
Analisis Kebutuhan Sistem Monitoring Akademik Mahasiswa <i>Penulis Danang Widjajanto, Akhmad Tosin Alamsyah, Sutanto</i>	91 – 95
Pengembangan Variasi Desain Berbasis <i>Artistic Computer Aided Manufacturing (ArtCam)</i> dan <i>Rapid Prototyping (RP)</i> Untuk Meningkatkan Daya Saing Produk Souvenir <i>Baju Bawono, P Wisnu Anggoro, Tonny Yuniarto</i>	96 – 101
Memahami <i>Virtual Ethnography</i> : Pendekatan Kualitative Dalam Penelitian Sistem Informasi. <i>Stevanus Wisnu Wijaya</i>	102 – 104
Prototipe Otomatis Alat Destilasi Bioethanol Menggunakan PLC (Programmable Logic Controller) <i>Ahmad Zulkarnaen, Yaya Suryana, Dwi Astharini</i>	105 – 109
Faktor Faktor Yang Mempengaruhi Niat Mahasiswa <i>Fresh Graduate</i> Dalam Menggunakan Situs Lowongan Kerja Sebagai Media Untuk Mencari Kerja <i>Wibawa Prasetya, Rizkina Nazar</i>	110 - 115
Sistem Pengereman Regenerative Menggunakan Kapasitor Pada Motor Listrik Berpenggerak Motor Induksi Tiga Fasa <i>Arman Jaya, Endro Wahjono, Ainii Siti Khodijah</i>	116 – 121
Tinjauan Laboratorium Potensi Ekstrak Etanol <i>Cabomba aquatica</i> DC not <i>Aubletii</i> sebagai Larvasida pada Larva <i>Aedes aegypti</i> <i>Erina Yatmasari</i>	122 – 125

Penentuan Sistem Distribusi Produk di Hero Garmen <i>Ivan Dwi Putra, The Jin Ai, M. Chandra Dewi Kurnianingtyas</i>	126 – 132
Perbaikan Penjadwalan Shift di Toko Mebel Beta Jaya <i>Ravika Halim, Deny Ratna Yuniartha, Ign. Luddy Indra Purnama</i>	133 – 138
Analisis Tata Kelola Teknologi Informasi Menggunakan COBIT 4.1 (Studi Kasus : PT. BPR Danagung Bakti Yogyakarta) <i>Elsa Saputra, Alb.Joko Santoso, Benyamin L. Sinaga</i>	139 – 144
Prosedur Komputasi Bertingkat Metris Untuk Pemrograman Perkalian Pada Sistem Mikroprosesor <i>Stephanus Ivan Goenawan, Ferry Rippun</i>	145 – 149
Identifikasi Polimer Toner Bekas dan Metoda Pengolahan Limbah Cairnya <i>Isdaryanto Iskandar, Noryawati Mulyono</i>	150 – 153
Studi Awal Rekayasa Pencahayaan Lingkup Fakultas Teknik Universitas Atmajaya dalam rangka menuju <i>Green Building Campus</i> <i>Isdaryanto Iskandar</i>	154 – 159
Analisis Dampak Implementasi SMM ISO 9001-2008 di Program Pascasarjana UNY <i>Zuhdan Kun Prasetyo, Pardjono, Muhyadi</i>	160 – 165
Perancangan Tata Letak Lantai Produksi dengan Metode SLP <i>Lukas Kristianto, Yosef Daryanto</i>	166 – 171
Implementasi Transciever FM Radio Berbasis SDR Menggunakan GNU Radio dan USRP B200 <i>Ganjar Rochmatulloh, Ahmad Zulkarnaen, Muhamad Syahroni, Dwi Astharini, Octarina Nur</i>	172 – 177
Implementasi Rancangan Tata Letak <i>Speaker</i> dan Desain Ruang Operator <i>Sound System</i> di Stasi Gereja Bunda Maria Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta <i>Ignatius Luddy Indra Purnama, Luciana Triani Dewi</i>	178-181
Studi Eksperimental Karakteristik Pengering Pakaian Dengan Memanfaatkan Panas Buang Mesin Pendingin <i>Adventus Sujiono, Maria Nuriati, Maria Natalia Wiwik Dwi Artika, Bartolomeus Damar Adi Wicaksono, Rahayu Larasati</i>	182 – 185
Evaluasi Implementasi Sistem Umpan Balik Perkuliahan <i>Online</i> di Unika Atma Jaya <i>M.M.Wahyuni Inderawati, Ronald Sukwadi, Hotma A. Hutahaeen</i>	186 – 191
Perancangan Antenna Array Untuk Sistem TV Satelit pada Kereta Api <i>Robby Sianipar, Adya Pramudita</i>	192 – 194
Sistem Pemeriksaan Kelembaban Tanah untuk Area Perkebunan dan Pertanian dengan Metode <i>Wireless Sensor Network (WSN)</i> <i>Febrian</i>	195 – 198
Analisis Lentur Balok Beton Bertulang Tampang T Yang Diperkuat <i>Wire Rope</i> Pada Daerah Momen Negatif Dengan Gaya Prategang Awal Menggunakan Metode Elemen Hingga Nonlinier <i>Yanuar Haryanto, Nanang Gunawan Wariyatno</i>	199 – 204
Kajian Teoritis Unjuk Kerja Keran Injak Cuci Tangan Tujuh Langkah <i>Frederikus Wenehenubun, Tarsina Wati Wenehenubun</i>	205 – 210

Perancangan dan Implementasi Program Matlab untuk Penghitung Iklan Televisi <i>Christian, Lukas</i>	211 – 216
Laju Penyerapan Air Kayu Kamper Dalam Kondisi Kering <i>Frederikus Wenehenubun, Tarsina Wati Wenehenubun</i>	217 – 221
Rancang Bangun Sistem Kendali Kualitas Air pada Model Kolam Ikan <i>Marlex F. Payara, Martanto, B. Wuri Harini, P. Yozy Merucahyo, Tri Priantoro</i>	222- 227
Prototipe Alat Ukur Kadar Kurkuminoid dalam Rimpang Kunyit Portabel menggunakan Cahaya Laser <i>B. Wuri Harini, Rini Dwiastuti, Marito Dos Santos, Ludovicus Dwi C.</i>	228 – 231
Hidrokimia Air Tanah Daerah Tlogoadi, Mlati, Sleman <i>T. Listyani R.A.</i>	232 – 236
Rancang Bangun Lengan Robot Peniru Gerakan Tangan Manusia Berbasis Mikrokontroler <i>Alfian Anta Kusuma, Tjendro</i>	237 – 242
Penggunaan Sinonim Pada Metode Query Expansion Untuk Meningkatkan Relevansi Data <i>FA. Febrian Arie Nugroho, JB Budi Darmawan</i>	243 – 246
<i>Mixed Integer Linear Programming</i> untuk Pemodelan Distribusi Logistik Bencana <i>Fransiska Mulyani, Agustinus Gatot Bintoro, The Jin Ai</i>	247 – 249
Rancang Bangun Lengan Robot Penyusun Benda Berbasis Mikrokontroler <i>Lingga Prathama Putra, Tjendra</i>	250 – 255
Rancang Bangun Lengan Robot Menulis Kata yang Dikendalikan oleh Aplikasi pada Android <i>Petrus C. Hendar, Tjendro</i>	256 – 261
Rancang Bangun Lengan Robot Penggambar Bidang 2 Dimensi Berbasis Mikrokontroler Dengan PC <i>Agustinus Welly Adi Nugroho, Tjendro</i>	262 – 267
Rancang Bangun <i>Monitoring Prototype</i> Mesin Pemilah Sampah <i>Yohanes Baptista Sunu A., Tjendro</i>	268 – 274
Sistem Penilaian Essay Jawaban Berbahasa Indonesia dengan Metode K-Nearest Neighbor (k-NN) Dan Latent Semantic Analysis (LSA) <i>Agustinus Dwi Budi Darsono, Sri Hartati Wijono</i>	275 – 279
Pengaruh Posisi, Kadar Bahan Pengawet Dan Lama Waktu <i>Leaching</i> Pada Kuat Geser Bambu Wulung Terpapar Eksterior <i>M.Fauzie Siswanto, Priyosulistyo, Suprpto, T.A Prayitno</i>	280 – 284
Prototype Lengan Robot Bermain Piano Menggunakan Lima Jari Dalam Satu Oktaf Nada Mayor Dengan Kendali Keypad <i>Kristian Adi Perbowo, Tjendro</i>	285 – 290
Rapat Medan Magnet Perlawanan Pada Generator Radial Magnet Permanen ND-35 Fasa Tunggal Dengan Rangka Akrilik Knock Down <i>A. Prasetyadi</i>	291 – 294

Studi Awal Pengembangan Sistem E-Voting Di Kabupaten Jembrana Bali Memakai Perspektif Teori Kompleksitas <i>P.H. Prima Rosa, J. Eka Priyatma, Agnes Maria Polina, Iwan Binanto</i>	295 – 300
Penentuan Harga Jual Produk Dan Ukuran Lot Secara Simultan Dengan Mempertimbangkan Deteriorasi <i>Rodhe Louis Yunita Sari Suyanto, Ririn Diar Astanti, Agustinus Gatot Bintoro, Slamet Setio Wigati</i>	301 – 306
<i>Green Open Space</i> Pada Kawasan Pusat Kota Upaya Mewujudkan <i>Green Urban Area</i> Studi Kasus: Kawasan Simpanglima Semarang <i>IM. Tri Hesti Mulyani, B. Pat Ristara Gandhi</i>	307-312
Simulasi Pengoptimalan <i>Daylight System</i> Pada Elemen Atap Bangunan Rumah Tinggal <i>Moediartianto, VG. Sri Rejeki, T. Brenda Chandrawati</i>	313 – 317
Sistem <i>Kali</i> sebagai kearifan lokal manajemen air bersih desa lereng gunung (Kasus Desa Kapencar, Desa Candiyanan dan Desa Reco, Lereng Gunung Sindoro, Wonosobo) <i>VG. Sri Rejeki</i>	318 – 320
Model Integrasi Sistem Produksi Multi Suplier Single Buyer Pada Sistem Just In Time <i>Slamet Setio Wigati, Ag. Gatot Bintoro</i>	321 – 324
Analisis Perbaikan Arsitektur Bisnis Dengan Menggunakan BPM CBOK <i>Feliks Prasepta S. Surbakti, MM.Wahyuni Inderawati, Stefanus Agusta</i>	325 - 330
Pengendalian Prototype Mobil berdasarkan Jarak dengan <i>Fuzzy Logic Controller</i> <i>Shodiq Ardiansyah, Yulius Arie Prayoga, Yulyanto, Theresia Prima Ari Setyani</i>	331 – 336
Model Konseptual Penerimaan TIK di Indonesia Untuk Mendukung MP3EI <i>Haris Sriwindono</i>	337 – 341
Perbandingan Berbagai Software Tool Penampil Data Secara Realtime Melalui Komunikasi Serial <i>Djoko Untoro Suwarno, Prima Ari Setyani</i>	342 – 345
Pembangunan Aplikasi Psikotes 16 PF (<i>Personality Factors</i>) Studi Kasus di Pusat Pelayanan Tes dan Konsultasi Psikologi (P2TKP) USD <i>Eka Citra Suciati, Agnes Maria Polina</i>	346 – 351
<i>Geometric Charactetristics Of Hull Form As Combination Of Frigate And Fast Ferry Hull Froms</i> <i>Frederikus Wenehenubun</i>	352 - 354
<i>Mathematical Expression to Optimation on Performance Characteristics of Public Management and the Environmental of Sustainability Global Scheme</i> <i>Suharto</i>	355 – 359

Usulan Pembagian Wilayah dan Rute Distribusi PT. X

Bonifasius Yoga Pratama Wijaya¹, The Jin Ai², dan Slamet Setio Wigati³
^{1,2,3}Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta
 bonifasiusyoga@gmail.com, jinai@mail.uajy.ac.id,
 yayan@mail.uajy.ac.id

Abstrak — Distribusi merupakan salah satu kegiatan yang harus diperhatikan dalam *Supply Chain Management*. PT. X merupakan perusahaan distribusi air minum di Yogyakarta. Perusahaan ini mengategorikan pelanggan menjadi kategori dropping, horeka, rumah tangga, dan kantor. Dua jenis kendaraan berbeda digunakan untuk melayani pelanggan galon. Pengategorian pelanggan tersebut membuat banyak salesman beroperasi dalam satu kabupaten. Rute distribusi PT. X juga kurang efisien sehingga menyebabkan jarak tempuh salesman menjadi panjang. *Cluster-first route-second* merupakan metode pendekatan heuristik yang dapat digunakan dalam penyelesaian kasus ini. Pembuatan *cluster* menggunakan modifikasi *k-means* yang mempertimbangkan kapasitas, penghitungan jarak menggunakan *haversine formula*. Pembuatan rutenya menggunakan empat TSP heuristik WINQSB.

Kata kunci— *heterogeneous fleet vehicle routing problem*, modifikasi *k-means*, *two-way exchange improvement*.

I. PENDAHULUAN

Distribusi merupakan salah satu kegiatan yang harus diperhatikan dalam lingkup *supply chain management* (SCM). Rute distribusi yang kurang efisien dapat menyebabkan kegiatan distribusi terkadang menyebabkan performansi salesman yang kurang merata.

PT. X merupakan salah satu perusahaan distribusi air minum galon yang terletak di Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Perusahaan ini memiliki dua jenis kendaraan berbeda yang digunakan untuk melayani pelanggan galon. PT. X membagi pelanggannya dalam beberapa kategori, yaitu: *dropping*, horeka, rumah tangga, dan kantor. Pengategorian ini menyebabkan lebih dari dua orang salesman yang beroperasi dalam satu kabupaten, sehingga menyebabkan jarak tempuh salesman menjadi panjang. Rute distribusi yang dilakukan oleh PT. X dinilai kurang efisien, sedangkan utilitas salesman di perusahaan ini juga kurang merata. Pengiriman galonnya dilakukan setiap hari Senin sampai dengan Sabtu.

Pengategorian pelanggan perlu dikaji ulang dan diberikan usulan lainnya yang dapat menjadi alternatif bagi PT. X. Tujuan penelitian ini adalah mengelompokkan wilayah operasi salesman dalam beberapa *cluster* dan mendapatkan rute distribusi dengan menerapkan modifikasi *k-means* yang mempertimbangkan kapasitas dan keempat metode heuristik TSP pada WINQSB. Batasan Masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penentuan koordinat lokasi pelanggan menggunakan *google maps*, sedangkan *haversine formula* digunakan dalam menghitung jarak.

2. Tidak diijinkan menambah depot, salesman, dan kendaraan baru.
3. Biaya pengiriman galon per kilometer ke pelanggan dan waktu bongkar muat galon tiap pelanggan dianggap sama.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Supply chain management (SCM) merupakan teknik, metode, atau alat yang digunakan untuk mengelola suatu *supply chain* (SC). Istilah SCM pertama kali dikemukakan oleh Oliver dan Weber.

Distribusi merupakan salah satu kegiatan dalam SCM, secara sederhana distribusi dapat didefinisikan sebagai suatu proses pengiriman barang dari *supplier* sampai pada pelanggan akhir. Dent [1] mendefinisikan bahwa distribusi merupakan suatu aktifitas yang bertanggung jawab untuk memunculkan permintaan dan melakukan pemenuhan terhadap pelanggan melalui penyediaan produk maupun jasa. Pujawan dan Mahendrawati [2] menjelaskan fungsi dasar manajemen distribusi dan transportasi pada umumnya yang terdiri dari: melakukan segmentasi dan menentukan tingkat pelayanan target, menentukan mode transportasi, melakukan konsolidasi informasi dan pengiriman, melakukan penjadwalan dan penentuan rute pengiriman, memberikan pelayanan sebagai nilai tambah, menyimpan persediaan, dan menangani pengembalian.

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan permasalahan rute kendaraan yang termasuk dalam lingkup SCM. Dantzig dan Ramser [3] merupakan ilmuwan yang pertama kali memperkenalkan model VRP. Terdapat dua variasi umum VRP, yaitu: *homogeneous* dan *heterogeneous* VRP. Penelitian ini difokuskan pada model *heterogeneous vehicle routing problem* (HVRP). Model ini merupakan varian VRP klasik dengan karakteristik pelanggan yang dilayani oleh kapasitas dan kendaraan yang heterogen.

Varian HVRP pertama adalah *Fleet Size Mix Vehicle Routing Problem* (FSMVRP) yang diperkenalkan oleh Golden dan Gheysens [4] dengan dua pendekatan heuristik, yaitu: algoritma *saving* dan rute kunjungan besar. Varian kedua adalah *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem* (HFVRP) yang diperkenalkan oleh Taillard [5]. Perbedaan FSMVRP dengan HFVRP adalah jumlah armada terbatas dan biaya angkut berbeda untuk tiap armada.

Soonprachaet. al. [6] meneliti perkembangan terbaru mengenai HFVRP dan FSMVRP. Kwon et. al. [7] dan Brandao [8] meneliti HFVRP dan menerapkan algoritma

tabu search untuk penyelesaiannya. HFVRP memiliki beberapa varian,yaitu: HFVRP *with overloads and time windows* yang pernah diteliti oleh Kritikos dan Loannu [9] dan penemuan 2L-HFVRP yang diteliti oleh Leung *et. al*[10]. Hasil penelitiannya menunjukkan pentingnya HFVRP diukur dari keefektifan pendekatan yang dilakukan untuk mengurangi biaya operasional kendaraan dengan pelanggaran kapasitas yang minimal.

III. PENJABARAN PERMASALAHAN

Permasalahan HFVRP pada umumnya dimisalkan $G = (N, A)$ merupakan suatu jaringan logistik, di mana $N = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ merupakan kumpulan titik dan $A = \{(i,j) : i, j \in N, i \neq j\}$ merupakan kumpulan seperti busur. Titik 0 merupakan suatu depot yang menjadi markas kendaraan tersebut, sedangkan titik yang tersisa adalah pelanggan. Kapasitas kendaraan yang heterogen (K). Setiap pelanggan memiliki demand non-negatif yang wajib dipenuhi dan jarak antara pelanggan i dan j merupakan kumpulan dengan setiap busur $(i,j) \in A$. Jarak tersebut adalah simetris dan memenuhi pertidaksamaan segitiga. Q merupakan kapasitas angkut kendaraan yang berguna untuk memenuhi jumlah pesanan kepada n , di mana n merupakan pelanggan dari depot ($i = 0$). Jarak antar pelanggan (d_{ij}) harus diketahui. Dengan adanya penyelesaian model HFVRP diharapkan jarak total rute perjalanan kendaraan minimal, pada satu pelanggan tidak diijinkan dilayani lebih dari satu kendaraan, jumlah barang tidak boleh melebihi kapasitas.

Berikut adalah penjabaran model matematis permasalahan ini:

Model Matematis

Keterangan:

indikasi

i, j : nodes (pelanggan), $i, j \in N$

k : jenis kendaraan, $k = 1, 2, \dots, m_k$, di mana m_k adalah jumlah kendaraan k

Parameter

q_{ij} : permintaan pada node pelanggan i sampai j

d_{ij} : jarak antara node i dan j (km)

Q_k : kapasitas dari jenis kendaraan k (galon)

v_k : biaya variabel dari kendaraan k per unit jarak (Rp/km)

AK : batas jumlah kendaraan (unit)

C_k : biaya tetap dari jenis kendaraan k (Rp)

Variabel Keputusan

$X_{ijk} = 1$, jika jenis kendaraan k dari konsumen i

langsung ke j , 0, jika tidak demikian

f_{ij} = beban angkut kendaraan dari konsumen i ke j

Fungsi Tujuan

Minimasi

$$\sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in N} X_{ijk} \cdot d_{ij} \cdot v_k + \sum_{k \in K} \sum_{j \in N} X_{0jk} \cdot C_k$$

Kendala

$$\sum_{k \in K_i} \sum_{j \in N} X_{ijk} = 1 \text{ untuk semua } i \tag{1}$$

$$\sum_{k \in K_j} \sum_{i \in N} X_{ijk} = 1 \text{ untuk semua } j \tag{2}$$

$$\sum_{j \in N \setminus \{0\}} X_{0jk} \leq m_k \text{ untuk semua } k = 1, 2, \dots, m_k \tag{3}$$

$$\sum_{j \in N} f_{ji} - \sum_{j \in N} f_{ij} = q_i \text{ untuk semua } i \in N \setminus \{0\} \tag{4}$$

$$\sum_{k \in K_{ij}} q_j \cdot X_{ijk} \leq f_{ji} \leq \sum_{k \in K_{ij}} (Q_k - q_i) \cdot X_{ijk} \text{ untuk semua } (i,j) \in A \tag{5}$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \text{ untuk semua } (i,j,k) \in AK \tag{6}$$

$$f_{ij} \geq 0 \text{ untuk semua } (i,j) \in A \tag{7}$$

Kendala (1) dan (2) merupakan syarat bahwa pelanggan tersebut harus dikunjungi sekali oleh satu kendaraan, kendala (3) adalah batas jumlah kendaraan jenisnya, kendala (4) adalah kepastian bahwa permintaan tiap pelanggan dapat terpenuhi, kendala (5) adalah kapasitas kendaraan, kendala (6) dan (7) adalah variabel keputusan.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

Setiap penelitian memerlukan langkah-langkah dalam pengerjaannya. Penyelesaian masalah di PT. X juga memerlukan bantuan program untuk merancang *cluster* dan menghitung *from-to-chart* jarak antar pelanggan. Berikut adalah metodologi penelitiannya:

Langkah pertama adalah persiapan penelitian. Hal ini bertujuan untuk mencari beberapa objek penelitian berupa perusahaan, meminta ijin, dan wawancara dengan pimpinan perusahaan mengenai kondisi dan permasalahan yang mungkin terdapat di perusahaan.

Langkah kedua adalah identifikasi dan perumusan masalah. Hal ini bertujuan untuk melihat dan informasi yang didapat dari wawancara dengan pimpinan perusahaan dan merumuskan masalah tersebut. *Pivot tabel* microsoft excel 2010 digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan distribusi di PT. X.

Langkah ketiga adalah studi pustaka. Hal ini dilakukan untuk mencari referensi yang tepat dan sudah pernah dilakukan oleh peneliti terdahulu untuk menyelesaikan kasus yang sama.

Langkah keempat adalah pengumpulan data. Hal ini dilakukan untuk melengkapi data-data yang dibutuhkan dalam penelitian.

Langkah kelima adalah pengolahan data dan perancangan program. Penyelesaian penelitian ini menggunakan pendekatan *cluster-first route-second* Toth dan Vigo [11]. Terdapat dua tahap pengerjaan yaitu: pembentukan *cluster* dan pembuatan rute. Perancangan program ini dikhususkan untuk pembuatan *cluster* menggunakan algoritma *k-means*. Algoritma ini pertama kali diperkenalkan oleh JB Macqueen. Software yang digunakan untuk merancang program adalah *Visual Basic for Application* pada Macro Excel 2010. Algoritma *k-means* tidak dapat mengakomodasi kendala kapasitas tiap *cluster*, maka perlu dilakukan sedikit modifikasi. Berikut adalah langkah-langkah algoritma *k-means* dan diagram alir perancangan programnya:

1. Tentukan jumlah cluster yang ingin dibentuk dengan cara mengurangkan demand dengan kapasitas total sekali angkut keempat armada. Keempat armada tersebut dapat mengangkut 840 galon per sekali angkut. Penentuan *cluster* dapat dilihat pada TABEL I.

TABEL I. PENENTUAN CLUSTER

Hari	Total Demand	Kapasitas Angkut	Kekurangan	Armada yang Wajib Mengangkut Kembali	Nama Salesman
Senin	1220	840	380	150 + 270	Salesman 1 dan 2
Selasa	1131	840	291	150 + 270	Salesman 1 dan 4
Rabu	864	840	24	150	Salesman 3
Kamis	845	840	5	150	Salesman 3
Jumat	963	840	123	150	Salesman 3
Sabtu	895	840	55	150	Salesman 1

Salesman 1 dan 3 memiliki kapasitas angkut 150 galon, sedangkan salesman 2 dan 4 memiliki kapasitas angkut 270 galon. Salesman yang mengangkut galon sisa disesuaikan dengan jumlah galon sisa tersebut, misalkan pada hari Senin jumlah galon sisa yang tidak dapat diangkut sekali jalan berjumlah 380 galon, maka butuh tambahan seorang salesman dengan kapasitas 150 galon dan seorang salesman dengan kapasitas 270 galon.

2. Tentukan *centroid* (titik pusat *cluster*) dengan mencari beberapa titik lokasi pelanggan disesuaikan dengan jumlah *cluster*. Penulis memilih beberapa titik outlet yang memiliki permintaan tinggi.
3. Hitung jarak setiap pelanggan ke masing - masing *centroid*. Pencarian koordinat menggunakan *google maps* dilakukan untuk membantu dalam penghitungan jarak. *Haversine formula* digunakan untuk menghitung jarak. Metode ini diperkenalkan oleh Profesor James Inman untuk menghitung jarak antar lokasi yang mempertimbangkan bentuk permukaan bumi. Penghitungan jarak antar pelanggan membutuhkan waktu yang sangat lama jika menggunakan bantuan *google maps*, sedangkan metode ini digunakan untuk membantu mempermudah dalam penghitungan jarak antar pelanggan pada *from to chart*. Berikut adalah *haversine formula*:

$$d = 2r \arcsin \sqrt{\sin^2 \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \quad (1)$$

keterangan:

d merupakan jarak kedua titik

r merupakan radius atau jari-jari permukaan bumi

ϕ_2, ϕ_1 merupakan latitude dari titik 1 dan 2

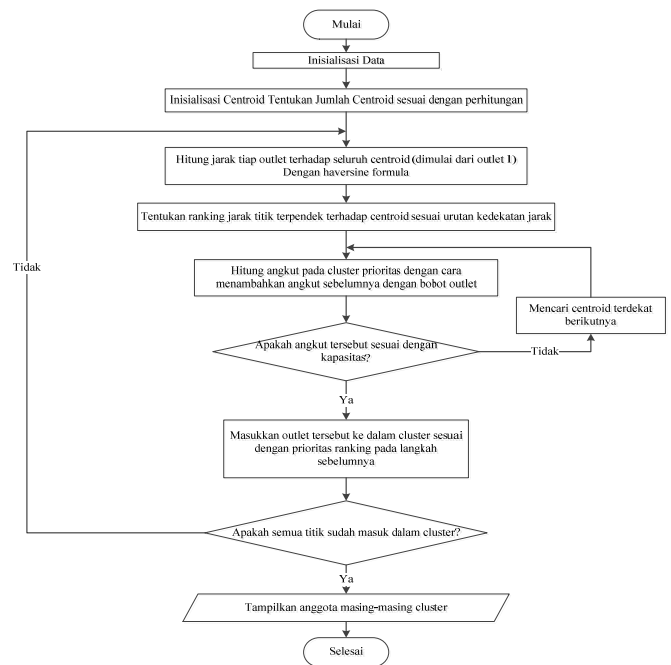
$\lambda_2 - \lambda_1$ merupakan longitude dari titik 1 dan 2

4. Setiap titik memilih jarak terhadap *centroid* yang terdekat. Pemilihan ini juga menggunakan ranking jarak yang berfungsi sebagai urutan prioritas pelanggan untuk bergabung dalam *cluster* tertentu.

Angkut merupakan inisial galon yang telah diangkut, dalam pemilihan prioritas cluster harus mempertimbangkan jumlah angkut. Jumlah angkut ini didapat dari hasil penambahan bobot permintaan galon pada outlet dengan jumlah angkut sebelumnya. Jika angkut tersebut melebihi kapasitas kendaraan maka outlet tersebut akan dilayani oleh cluster selanjutnya berdasarkan prioritas ranking, jika tidak maka outlet tersebut akan dilayani oleh cluster ini.

5. Tentukan *centroid* baru dengan cara menghitung nilai rata-rata dari titik pelanggan yang tergabung dalam path *centroid* yang sama.
6. Kembali ke langkah 3 jika posisi *centroid* baru dengan *centroid* lama belum sama.
7. Algoritma *k-means* selesai jika sudah ditemukan *centroid* yang sama dalam beberapa iterasi.

Diagram alir perancangan programnya dapat dilihat pada Gambar I.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan Program

Diagram alir tersebut menjadi acuan dalam perancangan program *clustering* dengan modifikasi algoritma *k-means*.

Langkah keenam adalah penarikan kesimpulan dan saran. Hal ini dilakukan untuk mengambil kesimpulan berdasarkan analisis terhadap pengolahan data dan memberikan saran yang memungkinkan bagi perusahaan maupun peneliti selanjutnya.

V. ANALISIS

Ada tiga tahap analisis yaitu: analisis hasil pembuatan *cluster*, analisis penentuan rute, dan pembuatan rutenya. Program pembuatan *cluster* ini menggunakan macro excel 2010 dan terbukti sangat membantu karena mampu

menghasilkan jawaban yang relatif lebih cepat daripada penghitungan secara manual. Algoritma *k-means* akan berhenti jika terdapat kesamaan antara *centroid* awal dengan *centroid* baru. Contoh hasil pembuatan *cluster* dapat dilihat pada TABEL II.

TABEL II. CONTOH HASIL CLUSTER

Cluster ke-	Nama Pelanggan	
Cluster 1	SARJITO RS	LANGGENG TK
	KOP SMKN 2	EKO BP
	ALFA MART 0212	

Hasil *cluster* ini diperoleh dari program algoritma *k-means* yang telah dibuat. *Cluster* awal berjumlah 4 sedangkan *cluster* tambahan telah ditentukan pada tahap metodologi berdasarkan jumlah galon sisa. Jumlah *cluster* tiap harinya berbeda-beda, yaitu: hari Senin dan Selasa menghasilkan enam *cluster*, hari Rabu sampai dengan Sabtu menghasilkan lima *cluster*.

Pembuatan rute untuk penyelesaian kasus ini menggunakan bantuan *network modelling Travelling Salesman Problem (TSP)* pada WINQSB. Metode TSP WINQSB menggunakan penyelesaian heuristik. Metode yang digunakan yaitu: *nearest neighbor*, *cheapest insertion*, *two-way exchange improvement*, dan *branch and bound*. Keempat metode heuristik TSP tersebut dirancang menjadi sebuah software WINQSB oleh Chang [12]. Model jaringan pada WINQSB dapat menyelesaikan permasalahan seperti: *capacitated network flow*, transportasi, penugasan, *maximal flow*, *minimal spanning tree*, *shortest path*, dan TSP.

Penulis membandingkan hasil total minimal jarak keempat metode tersebut untuk mengetahui solusi terbaiknya. Perbandingan keempat metode tersebut dapat dilihat pada TABEL III, sedangkan hasil pembuatan rutenya dapat dilihat pada TABEL IV.

TABEL III. PERBANDINGAN KEEMPAT METODE

Hari	Cluster ke-	Total Minimal Jarak dalam Kilometer			
		Nearest Neighbor	Cheapest Insertion	Two-Way Exchange	Branch and Bound
Senin	1	5.26	5.25	5.25	5.25
	2	7.97	7.88	7.88	7.88
	3	53.88	52.96	52.96	52.96
	4	8.54	8.48	8.47	8.48
	5	21.27	21.27	21.27	21.27
	6	2.87	2.83	2.83	2.83
Selasa	1	33.83	33.83	33.81	33.83
	2	9.3	9.25	9.25	9.25
	3	42.4	42.4	42.4	42.4
	4	7.8	7.8	7.79	7.8
	5	20.18	20.2	20.18	20.18
	6	3.17	3.16	3.16	3.16
Rabu	1	43.24	43.24	43.24	43.24
	2	9.92	9.89	9.86	9.89
	3	40.1	40.09	40.03	40.09
	4	13.59	13.54	13.53	13.54
	5	10.1	10.08	10.08	10.08
Kamis	1	13.18	13.06	13.06	13.06
	2	47.72	47.03	47.02	47.03
	3	11.19	11.17	11.17	11.17
	4	7.18	7.16	7.15	7.16
	5	33.2	33.17	33.15	33.17
Jumat	1	11.96	11.91	11.91	11.91
	2	3.17	2.94	2.93	2.94
	3	9.77	9.75	9.75	9.75
	4	30.93	30.14	30.1	30.14
	5	45.08	45.05	45.05	45.05
Sabtu	1	5.02	5.02	5.02	5.02
	2	41.57	40.51	40.4	40.51
	3	24.08	24.07	24.07	24.07
	4	10.45	10.44	10.44	10.44
	5	15.16	14.64	14.64	14.64

TABEL IV. HASIL PEMBUATAN RUTE

Hari	Route ke-	Route Kunjungan
Sabtu	Route 1	JTRACO - CENTRAL LAUNDRY - EXECUTIVE CLUB - MALJORBORO PALACE HTL - CITA KONTRAK SORAGAN - FRANK WURST RESTO - BETHESDA RS - ALFA MART 009 - XO SUKI - BALCONY - RAMA HOTEL - GUDANG POPEYE - RAHARJO DR - POPEYE GEJAYAN - JTRACO
	Route 2	JTRACO - ALFA MART 013N - TONY - ALFA MART 0204 - ALFA MART 009 - CLEANUP LAUNDRY - ALFA MART 0216 - ALFA MART 0456 - ANTIQUE BLACK - POOK TK - HIWIE CIEN - PEPPER LUNCH - ALFA MART 0130 - ALFA MART 0221 - AGEN RESMI DIGITAL - ATK - FDC KLINIK PARIS - PULAU RAYA TB - ALFA MART 0187 - JTRACO
	Route 3	JTRACO - PADI - SUYATNO - BATAVA INTERNAS - PANTI NUGROHO RS - KOYDM - MUTIARA BUNDA - JTRACO
	Route 4	JTRACO - ZENKO - POPEYE MONALI - MUNCUL BOUTIQUE HOTEL - IFFINANCEPT - NUSANTARA ERADATA - BAKTI MAJU MARDANUS - ALFA MART 0347 - SEKAR ARUM SALON - ALFA MART 0167 - STEPHANUS ARDIANTO - ALFA MART 0069 - ALFA MART 0210 - SIMPLY HOMO MYS - JTRACO
	Route 5	JTRACO - CONCEPT SHOP - HARTINI - MIROTA BABARSARI - LANA BEU - AMANDA BROWNIES 4 - TIRTA BUANA - SUCI PRIYANTORO BP - ANEKA JAYA TK - KSEE SALON BERBAH - AMANDA BROWNIES 3 - DIAN TK - RS HIDAYAHULLOH - ALFA MART 0101 - ALFA MART 0135 - ALFA MART 0316 - UMUM MBAK - DINDA TK - ALFA MART 0149 - BRI PAKUALAMAN - BCA KCP AHMAD DAHAN - WIJAYA IMPERIAL HTL - WWW WP - ACACIANA - ACC SERBA SAMBAL - JTRACO

TABEL III

menunjukkan bahwa *two-way exchange improvement* memiliki total jarak rute paling minimal daripada ketiga metode yang lain, maka metode ini dijadikan acuan dalam penentuan rute. TABEL IV merupakan hasil pembuatan rute yang diperoleh dari metode *two-way exchange improvement*.

Two-way exchange improvement heuristic adalah *heuristic improvement* khusus untuk menyelesaikan TSP. Metode ini didefinisikan sebagai: asumsi (i,j) dan (k,l) merupakan dua titik yang tidak berdekatan pada suatu kunjungan. Menghilangkan dua titik dari kunjungan akan membuat dua potongan, misalnya A dan B. Mengubungkan kembali kunjungan lengkap dengan salah satu dari (i) menggantikan titik A dan menghubungkan (I,j) dan (k,l); atau (ii) menggantikan titik B dan menghubungkan (i,k) dan (j,l). Langkah *two-way exchange improvement* adalah:

1. Membangkitkan inialisasi kunjungan oleh *nearest neighbor heuristic* atau *cheapest insertion heuristic*.
2. Memeriksa semua kemungkinan penggantian dua arah untuk kunjungan sekarang dan memilih yang terbaik sebagai objek perbaikan. Jika perbaikan tersebut tidak ditemukan maka hentikan langkah ini.
3. Melakukan penggantian dua arah untuk membentuk rute. Kembali ke langkah 2

Jumlah rute distribusi mengikuti jumlah *cluster* yang telah dibentuk di awal. Rute hari Senin dan Selasa berjumlah enam rute, sedangkan hari Rabu sampai dengan Sabtu berjumlah lima rute. Langkah selanjutnya setelah menganalisis hasil penentuan rute adalah pembagian tanggung jawab salesman. Hal ini dilakukan untuk menyeimbangkan beban kerja salesman tiap minggu. Pembagian ini dibagi menjadi dua, yaitu: pembagian tanggung jawab salesman pada minggu ganjil dan genap. Pembagian tanggung jawab salesman dapat dilihat pada TABEL V dan TABEL VI.

TABEL V. TANGGUNG JAWAB SALESMAN MINGGU GANJIL

Hari	Salesman ke-				Hari	Salesman ke-			
	1	2	3	4		1	2	3	4
Senin	Rute 1	Rute 2	Rute 3	Rute 4	Kamis	Rute 1	Rute 2	Rute 3	Rute 4
	149 galon	268 galon	116 galon	269 galon		149 galon	130 galon	149 galon	269 galon
	5.25 km	7.88 km	52.96 km	8.47 km		13.06 km	47.02 km	11.17 km	7.15 km
	5 outlet	27 outlet	20 outlet	27 outlet		15 outlet	22 outlet	10 outlet	25 outlet
	Rute 5	Rute 6				Rute 5			
	149 galon	269 galon				148 galon			
	21.27 km	2.83 km				33.15 km			
	11 outlet	22 outlet				18 outlet			
Selasa	Rute 1	Rute 2	Rute 3	Rute 4	Jumat	Rute 1	Rute 2	Rute 3	Rute 4
	111 galon	255 galon	102 galon	246 galon		149 galon	269 galon	149 galon	269 galon
	33.81 km	9.25 km	42.40 km	7.79 km		11.91 km	2.93 km	9.75 km	30.10 km
	18 outlet	38 outlet	5 outlet	16 outlet		17 outlet	13 outlet	5 outlet	40 outlet
	Rute 5		Rute 6			Rute 5			
	148 galon		269 galon			127 galon			
	20.18 km		3.16 km			45.05 km			
	11 outlet		12 outlet			13 outlet			
Rabu	Rute 1	Rute 2	Rute 3	Rute 4	Sabtu	Rute 1	Rute 2	Rute 3	Rute 4
	145 galon	269 galon	111 galon	190 galon		149 galon	244 galon	68 galon	180 galon
	43.24 km	9.86 km	40.03 km	13.53 km		5.02 km	40.40 km	24.07 galon	10.44 km
	13 outlet	31 outlet	12 outlet	29 outlet		13 outlet	18 outlet	6 outlet	13 outlet
		Rute 5					Rute 5		
		149 galon					254 galon		
		10.08 km					14.64 km		
		14 outlet					24 outlet		

TABEL V menunjukkan tanggung jawab masing-masing salesman setiap harinya pada minggu ganjil. Penentuan salesman yang diwajibkan kembali mengangkut galon sisa mempertimbangkan salesman dengan jarak paling pendek, outlet paling sedikit, porsi beban tugas salesman, kapasitas yang dibutuhkan untuk cluster tambahan tersebut. Salesman 1 dan 2 mengangkut galon sisa untuk pelanggan di rute 5 dan 6 pada hari Senin. Salesman 1 dan 4 mengangkut galon sisa untuk pelanggan di rute 5 dan 6 pada hari Selasa. Salesman 3 mengangkut galon sisa untuk pelanggan di rute 5 pada hari Rabu, Kamis, dan Jumat. Salesman 4 mengangkut galon sisa untuk pelanggan di rute 5 pada hari Sabtu. Salesman 2 dan 4 memiliki kapasitas armada masing-masing 270 galon, salesman 2 mengangkut galon sisa sebanyak satu kali dan salesman 4 mengangkut galon sisa sebanyak dua kali. Salesman 1 dan 3 memiliki kapasitas armada masing-masing 150 galon, kedua salesman tersebut memiliki beban bongkar muat galon yang lebih rendah dibandingkan salesman 2 dan 4 sehingga salesman 1 mengangkut galon sisa sebanyak dua kali dalam seminggu dan salesman 3 mengangkut galon sisa sebanyak tiga kali dalam seminggu.

Penentuan salesman yang diwajibkan mengangkut kembali juga dipengaruhi oleh kapasitas galon sisa, misalkan terdapat 74 galon sisa maka salesman dengan kapasitas 150 galon yang akan mengangkut kembali, begitu sebaliknya jika terdapat lebih dari 150 galon sisa maka salesman dengan kapasitas angkut 270 galon yang mengangkut kembali. Galon sisa merupakan galon yang belum dikirimkan ke pelanggan lainnya dan bukan mengirimkan kekurangan galon pada pelanggan yang sama pada rute sebelumnya. Hal ini juga didukung oleh jarak rute yang ditempuh salesman. Tugas dan kewajiban mengangkut galon sisa untuk seminggu berikutnya akan ditentukan ulang. Penentuan tanggung jawab salesman mengacu pada

syarat dan tanggung jawab salesman pada minggu ganjil (pertama dan ketiga), pergantian salesman yang mengangkut galon sisa dapat dilihat pada TABEL VI.

TABEL VI. TANGGUNG JAWAB SALESMAN MINGGU GENAP

Hari	Salesman ke-				Hari	Salesman ke-			
	3	4	1	2		3	4	1	2
Senin	Rute 1	Rute 2	Rute 3	Rute 4	Kamis	Rute 1	Rute 2	Rute 3	Rute 4
	149 galon	268 galon	116 galon	269 galon		149 galon	130 galon	149 galon	269 galon
	5.25 km	7.88 km	52.96 km	8.47 km		13.06 km	47.02 km	11.17 km	7.15 km
	5 outlet	27 outlet	20 outlet	27 outlet		15 outlet	22 outlet	10 outlet	25 outlet
	Rute 5	Rute 6				Rute 5			
	149 galon	269 galon				148 galon			
	21.27 km	2.83 km				33.15 km			
	11 outlet	22 outlet				18 outlet			
Selasa	3	4	1	2	Jumat	3	4	1	2
	111 galon	255 galon	102 galon	246 galon		149 galon	269 galon	149 galon	269 galon
	33.81 km	9.25 km	42.40 km	7.79 km		11.91 km	2.93 km	9.75 km	30.10 km
	18 outlet	38 outlet	5 outlet	16 outlet		17 outlet	13 outlet	5 outlet	40 outlet
	Rute 5		Rute 6			Rute 5			
	148 galon		269 galon			127 galon			
	20.18 km		3.16 km			45.05 km			
	11 outlet		12 outlet			13 outlet			
Rabu	3	4	1	2	Sabtu	3	4	1	2
	145 galon	269 galon	111 galon	190 galon		149 galon	244 galon	68 galon	180 galon
	43.24 km	9.86 km	40.03 km	13.53 km		5.02 km	40.40 km	24.07 galon	10.44 km
	13 outlet	31 outlet	12 outlet	29 outlet		13 outlet	18 outlet	6 outlet	13 outlet
		Rute 5					Rute 5		
		149 galon					254 galon		
		10.08 km					14.64 km		
		14 outlet					24 outlet		

TABEL VII. PERFORMANSI SALESMAN HARI SENIN

	Sebelum				Setelah				
	Jumlah Galon Tiap Salesman				Jumlah Galon Tiap Salesman				
Kabupaten	1	2	3	4	Kabupaten	1	2	3	4
Bantul	45			40	Bantul	85			
Kota Yogyakarta	65	59	46	66	Kota Yogyakarta	14	124		98
Sleman	82	414	155	248	Sleman	19	411	298	171
Jumlah galon yg harus diantar	192	473	201	354	Jumlah galon yg harus diantar	118	535	298	269
Frekuensi trip x kapasitas	2x150	2x270	2x150	2x270	Frekuensi trip x kapasitas	1x150	2x270	2x150	1x270
Total trip	8				Total trip	6			
Utilitas	64.00%	87.59%	67.00%	65.56%	Utilitas	78.67%	99.07%	99.33%	99.63%

TABEL VIII. PERFORMANSI SALESMAN HARI SELASA

	Sebelum				Setelah				
	Jumlah Galon Tiap Salesman				Jumlah Galon Tiap Salesman				
Kabupaten	1	2	3	4	Kabupaten	1	2	3	4
Bantul	10	76	7		Bantul	45		48	
Gumung Kidul	50				Gumung Kidul	50			
Kota Yogyakarta	60	93	79	160	Kota Yogyakarta	7	109	48	228
Sleman	136	146	162	152	Sleman		146	163	287
Jumlah galon yg harus diantar	256	315	248	312	Jumlah galon yg harus diantar	102	255	259	515
Frekuensi trip x kapasitas	2x150	2x270	2x150	2x270	Frekuensi trip x kapasitas	1x150	1x270	2x150	2x270
Total trip	8				Total trip	6			
Utilitas	85.33%	58.33%	82.67%	57.78%	Utilitas	68.00%	94.44%	86.33%	95.37%

TABEL IX. PERFORMANSI SALESMAN HARI RABU

	Sebelum				Setelah				
	Jumlah Galon Tiap Salesman				Jumlah Galon Tiap Salesman				
Kabupaten	1	2	3	4	Kabupaten	1	2	3	4
Bantul	50	33	3	17	Bantul	98	5		
Kota Yogyakarta	50	69	31	56	Kota Yogyakarta	95	110		1
Sleman	35	210	159	138	Sleman	63	154	142	183
Jumlah galon yg harus diantar	135	312	193	211	Jumlah galon yg harus diantar	256	269	142	184
Frekuensi trip x kapasitas	1x150	2x270	2x150	1x270	Frekuensi trip x kapasitas	2x150	1x270	1x150	1x270
Total trip	6				Total trip	5			
Utilitas	90.00%	57.78%	64.33%	78.15%	Utilitas	85.33%	99.63%	94.67%	68.15%

TABEL X. PERFORMANSI SALESMAN HARI KAMIS

Sebelum					Setelah				
	Jumlah Galon Tiap Salesman					Jumlah Galon Tiap Salesman			
Kabupaten	1	2	3	4	Kabupaten	1	2	3	4
Bantul	43	28	5	23	Bantul		94		
Kota Yogyakarta	47	18	19	99	Kota Yogyakarta		8	4	171
Kulon Progo	8				Kulon Progo		8		
Sleman	72	239	141	108	Sleman	297	20	145	98
Jumlah galon yg harus diantar	170	285	160	230	Jumlah galon yg harus diantar	297	130	149	269
Frekuensi trip x kapasitas	2x150	2x270	2x150	1x270	Frekuensi trip x kapasitas	2x150	1x270	1x150	1x270
Total trip	7				Total trip	5			
Utilitas	56.67%	52.78%	53.33%	85.19%	Utilitas	99.00%	48.15%	99.33%	99.63%

TABEL XI. PERFORMANSI SALESMAN HARI JUMAT

Sebelum					Setelah				
	Jumlah Galon Tiap Salesman					Jumlah Galon Tiap Salesman			
Kabupaten	1	2	3	4	Kabupaten	1	2	3	4
Bantul	101		5	6	Bantul	112			
Kota Yogyakarta	47	72	25	77	Kota Yogyakarta	4	139	8	70
Kulon Progo		66			Kulon Progo		50		16
Sleman	42	140	171	211	Sleman	110	130	141	183
Jumlah galon yg harus diantar	190	278	201	294	Jumlah galon yg harus diantar	276	269	149	269
Frekuensi trip x kapasitas	2x150	2x270	2x150	2x270	Frekuensi trip x kapasitas	2x150	1x270	1x150	1x270
Total trip	8				Total trip	5			
Utilitas	63.33%	51.48%	67.00%	54.44%	Utilitas	92.00%	99.63%	99.33%	99.63%

TABEL XII. PERFORMANSI SALESMAN HARI SABTU

Sebelum					Setelah				
	Jumlah Galon Tiap Salesman					Jumlah Galon Tiap Salesman			
Kabupaten	1	2	3	4	Kabupaten	1	2	3	4
Bantul	66	30		19	Bantul		71		44
Gumung Kidul	49				Gumung Kidul		49		
Kota Yogyakarta	48	60	33	28	Kota Yogyakarta		28	40	101
Kulon Progo	4			140	Kulon Progo		94		50
Sleman		193	136	89	Sleman	68	2	109	239
Jumlah galon yg harus diantar	167	283	169	276	Jumlah galon yg harus diantar	68	244	149	434
Frekuensi trip x kapasitas	2x150	2x270	2x150	2x270	Frekuensi trip x kapasitas	1x150	1x270	1x150	2x270
Total trip	8				Total trip	5			
Utilitas	0.55667	0.52407	0.56333	0.51111	Utilitas	0.45333	0.9037	0.99333	0.8037

TABEL VIII sampai dengan XIII menunjukkan perbandingan performansi salesman sebelum dan sesudah usulan tiap harinya. TABEL VIII menunjukkan bahwa Salesman 1 harus mengantar 192 galon maka salesman tersebut memiliki frekuensi trip angkut 2 kali kapasitas angkut kendaraan. Kapasitas angkut kendaraan salesman 1 adalah 150 maka salesman 1 ini memiliki kapasitas angkut sebesar 300 yang didapat dari 2 kali frekuensi trip angkutnya. Utilitas salesman 1 pada hari Senin sebelum usulan adalah 192/300 sehingga didapatkan hasil sebesar 64%. Frekuensi angkut galon salesman 1 sebelum pengusulan sebanyak 2 kali, sedangkan setelah pengusulan hanya mengangkut galon sebanyak 1 kali. Utilitas salesman 1 sesudah pengusulan adalah 118/150 didapatkan hasil sebesar 79%.

Perbandingan performansi salesman dipengaruhi oleh jumlah galon yang harus diantar, frekuensi trip kali kapasitas angkut, total trip, dan utilitas salesman sebelum dan sesudah. Total trip tiap hari didapat dari penjumlahan keseluruhan masing-masing frekuensi trip semua salesman pada hari tertentu. Total trip sebelum perbaikan pada hari Senin adalah 8, sedangkan total trip sesudah perbaikan

adalah 6 sehingga terdapat pengurangan frekuensi trip sebanyak 2. Biaya operasional pada kasus ini dianggap sama dan menjadi batasan masalah sehingga perbandingan setiap salesman menggunakan performansi utilitasnya bukan menggunakan biaya operasional.

Hasil ini menjawab fungsi tujuan model matematis yang diselesaikan menggunakan metode *k-means* dengan kendala kapasitas dan *two way exchange*. Model matematis tersebut dikatakan valid karena: (1) menjawab tujuan penelitian, (2) total trip sebelum dan sesudah mengalami penurunan jumlah trip yang diikuti oleh naiknya utilitas salesman, (3) permintaan galon tiap pelanggan terpenuhi, (4) kendala-kendala terpenuhi, (5) dan sesuai dengan langkah-langkah pengerjaan dalam metodologi.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan tiga puluh dua *cluster* yang terdiri dari: hari Senin dan Selasa memiliki enam *cluster*, sedangkan hari Rabu sampai dengan Sabtu memiliki lima *cluster*, sedangkan jumlah rutenya mengikuti jumlah *cluster*. Contoh hasil pembuatan *cluster* dapat dilihat pada TABEL II, sedangkan contoh hasil pembuatan rutenya dapat dilihat pada TABEL IV. Pengelompokan pelanggan berdasarkan *cluster* dan penentuan rute distribusi diharapkan dapat memberikan dampak yang meminimalisir biaya operasional khususnya biaya BBM. Rute yang semula kurang efisien telah diperbaiki meskipun hasilnya tidak jauh berbeda. Penghitungan *two-way exchange improvement* pada TSP heuristik WINQSB menghasilkan jarak yang paling pendek dibandingkan ketiga metode TSP heuristik WINQSB lainnya. TABEL VII sampai dengan TABEL XII menunjukkan bahwa performansi salesman sesudah usulan lebih baik dibandingkan sebelum usulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Dent, "Distribution Channels Understanding and Managing Channels to Market", vol. 1, London and Philadelphia: Kogan Page, 2008.
- [2] I.N. Pujawan, dan E.R. Mahendrawati, "Supply Chain Management", vol. 2, Surabaya: Guna Widya, 2010.
- [3] G.B. Dantzig, and R. H. Ramser, "The Truck Dispatching Problem", *Management Science*, vol.6, no.1, pp. 80-91, 1959.
- [4] B. Golden, and F. Gheysens, "The Fleet Size And Mix Vehicle Routing Problem", *Computer & Operation Research*, vol 11, no 1, pp 49-66, 1984.
- [5] E.D. Taillard, "A Heuristic Column Generation Method for The Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem", *RAIRO-Operations Research*, vol. 33, no.1, pp. 1-13, 1996.
- [6] K. Soonpracha, A. Mungwattana, G.K. Janssens, and T. Manisri, "Heterogeneous Vehicle Routing Problem Review and Conceptual Framework", *Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientist 2014*, vol 2, 2014.
- [7] Y. Kwon, Y. Choi, and D. Lee, "Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Considering Carbon Emission", *Transportation Research Part D*, vol. 23, pp.81-89, 2013.
- [8] J. Brandão, "A Tabu Search Algorithm For The Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing

- Problem”*Computers & Operations Research*, vol. 38, no. 1, pp. 140–151, 2011.
- [9] M.N. Kritikos, and G. Loannou, “The Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Overloads and Time Windows”, *International Journal of Production Economics*, vol. 144, no. 1, pp. 68-75, 2013.
- [10] S.C.H. Leung, Z. Zhang, D. Zhang, X. Hua, and M.K. Lim, “A Metaheuristic Algorithm for Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problems with Two-Dimensional Loading Constraints”, *European Journal of Operational Research*, vol. 225, no. 2, pp. 199-210, 2013.
- [11] P. Toth, and D. Vigo, “The Vehicle Routing Problem”, Bologna: SIAM, 2001.
- [12] Y.L. Chang, “WINQSB”, vol. 2, John Wiley and Sons Inc, 2003.