

PROCEEDING

INDECT

**Industrial Engineering Conference
on Telecommunication 2013**

Departemen Rekayasa Industri

ISSN 2085-3955



Telkom
University

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas perkenan-Nya kegiatan INDEED (*e-Industrial System Days*) 2013 dapat terlaksana sebagaimana yang direncanakan. Acara ini mencakup empat kegiatan, yaitu Seminar Nasional, *Call for Paper*, dan *Industrial Game*.

INDECT 2013 diselenggarakan dengan tujuan selain untuk menjadi media pertukaran informasi ilmiah antar praktisi, ilmuwan, dan regulator, juga secara khusus dimaksudkan sebagai salah satu upaya untuk lebih memperkenalkan dan membangun *positioning* Teknik Industri Universitas Telkom dalam pertelekomunikasian internasional.

Positioning Teknik Industri dalam dunia pertelekomunikasian memang sesuatu yang baru, karena Teknik Industri pada umumnya menggunakan industri manufaktur sebagai model pembelajaran. Teknik Industri Universitas Telkom sejak kelahirannya melihat bahwa dunia *Information and Communication Technology* yang identik dengan *sophisticated technologies* membutuhkan kompetensi profesional yang dapat menerjemahkannya menjadi *implementable business model*. Teknik Industri Universitas Telkom telah mengambil peran ini dan dituntut secara terus menerus menunjukkan perannya.

Berkaitan dengan hal tersebut, Departemen Rekayasa Industri Universitas Telkom berencana untuk secara berkala menyelenggarakan INDECT. Oleh karena itu, kepada semua pihak yang telah ikut membantu terlaksananya kegiatan INDECT 2013, khususnya para kontributor makalah, pembicara seminar dan partisipan seminar, kami ucapkan terima kasih. Akhir kata, semoga kegiatan INDECT 2013 ini benar-benar dapat mencapai tujuan dan maksud penyelenggaraannya.

Bandung, November 2013

Kepala Departemen Rekayasa Industri

Wiyono, Ir., MT

KATA PENGANTAR

INDEED (*e-Industrial System Days*) 2013, merupakan acara tahunan yang diselenggarakan oleh Departemen Rekayasa Industri Universitas Telkom. Pada tahun ini tema yang diangkat adalah “ICT for Smart Community Development in Rural and Urban Area”.

Pada acara “*Call for Paper*” INDECT 2013, terdapat 30 makalah dari penulis yang berasal dari berbagai daerah di Indonesia yang akan dipresentasikan. Makalah yang terkumpul terdiri dari berbagai macam kajian, di antaranya *knowledge management*, *supply chain*, sistem produksi, sistem informasi, dan lain sebagainya.

Menjadi tanggung jawab akademisi Teknik Industri untuk ikut berkontribusi menukirkan solusi yang tepat untuk meningkatkan daya saing industri Indonesia di tengah persaingan yang ada. Dengan tindakan nyata, walau kecil akan jauh lebih baik daripada tidak melakukan sesuatu sama sekali. Akhirnya, besar harapan bahwa persembahan ini dapat lebih memotivasi dan menginspirasi para dosen dan peneliti untuk terus berkarya untuk kemajuan dunia Teknik Industri di Indonesia.

Bandung, November 2013

Ketua Panitia INDECT 2013

Amelia Kurniawati, ST., MT

DAFTAR MAKALAH

INDECT (*Industrial Engineering Conference on Telecommunication*) 2013

PENERAPAN METODA ASSET-BASED COMMUNITY DEVELOPMENT UNTUK PEMBERDAYAAN TIK DI KABUPATEN BANDUNG: MODEL KONSEPTUAL	1
<i>Yati Rohayati¹, Rino Andias Nugraha², Sari Wulandari³</i>	1
MEMBANGUN PORTAL WEB CROWDSOURCING HEALTH TREATMENT DENGAN MENGGUNAKAN METODE ITERATIVE INCREMENTAL DAN METODE PENCARIAN VECTOR SPACE MODEL	8
<i>Boby Rahmawan, S.Si¹, Yuli Adam Prasetyo, ST., MT.², Mardiyanto Wiyogo, ST.³</i>	8
PENGEMBANGAN PORTAL REVIEW PRODUK NASIONAL MENGGUNAKAN METODE WEIGHTED SCORING MODEL	14
<i>Indra Frestian Putera SP¹, Yuli Adam Prasetyo², Fauzan Azmi³</i>	14
KARAKTERISTIK EXTENDED ENTERPRISE UNTUK PERUSAHAAN PADA INDUSTRI MANUFAKTUR DI ERA INFORMASI	25
<i>Sasmito Budi Utomo, S.Si., M.T.I.</i>	25
PERANCANGAN MODUL SERVICE AND REPAIR SHOP, ENGINEERING DAN GENERAL DALAM KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM PADA DEPARTEMEN MAINTENANCE BERDASARKAN KNOWLEDGE MANAGEMENT CYCLE DENGAN METODE WATERFALL DI PT. XYZ	37
<i>Febrina Mercidiyanti¹, Amelia Kurniawati², M. Teguh Kurniawan³</i>	37
ESTIMASI TINGGI BADAN MANUSIA DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI COMPUTER VISION	45
<i>Ni'matul Ma'muriyah¹, Rizky Alfianto²,</i>	45
FAKTOR-FAKTOR PEMBENTUK ONLINE KNOWLEDGE SHARING BEHAVIOR PADA SISTEM BLENDED LEARNING	53
<i>Khuria Amila¹, Kadarsah Suryadi²</i>	53
ALGORITMA KESEIMBANGAN LINTASAN PERAKITAN U-SHAPED MENGGUNAKAN ALGORITMA GUIDED GREEDY RANDOMIZED ADAPTIVE SEARCH PROCEDURES DENGAN KRITERIA MINIMISASI JUMLAH STASIUN KERJA	61
<i>Emsosfi Zaini¹, Alex Saleh², Yuliana Rahayuningtyas³</i>	61
PENGUKURAN KUALITAS SISTEM INFORMASI MANAJEMEN LABORATORIUM	71
<i>Rayinda Pramuditya Soesanto¹, Muhamad Shantya Utama², Amelia Kurniawati³</i>	71
KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM MAINTENANCE PT XYZ SUB MODUL MATERIAL MASTER DAN STORAGE BERDASARKAN KNOWLEDGE MANAGEMENT CYCLE DENGAN METODE WATERFALL	78
<i>Fadel Muhammad¹, Amelia Kurniawati², M. Teguh Kurniawan³</i>	78

ANALISIS RANTAI MARKOV UNTUK MENGETAHUI PELUANG PERPINDAHAN MOTIF BATIK TULIS TANJUNG BUMI BANGKALAN (STUDI KASUS UKM SIAR_ FK COLLECTION)	87
<i>Retno Indriartiningtias¹, Fitri Agustina², M. Imam S³</i>	87
PERANCANGAN KOMPETENSI DAN ALAT UKUR KOMPETENSI KARYAWAN KEAHLIAN ELECTRICAL DI PT XYZ	92
<i>Muhammad Mufti Kamil¹, Rizky Afrian Renadri², Amelia Kurniawati³, Nia Ambarsari⁴</i>	92
MULTI-LEVEL HEURISTIK UNTUK HETEROGENEOUS FIXED FLEET VEHICLE ROUTING PROBLEM	98
<i>Arif Imran</i>	98
PERANCANGAN PROSES BISNIS UNTUK EVALUASI KEMAMPUAN BAHASA INGGRIS MAHASISWA DENGAN MENGGUNAKAN <i>KNOWLEDGE CONVERSION 5C</i> DI INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM	
<i>Diegenetika¹, Dr. Luciana Andrawina²</i>	103
RANCANG ULANG ALAT PENGUPAS NANAS YANG ERGONOMIS (STUDI KASUS: UD BERKAT BERSAMA)	111
<i>Merry Siska¹, Yenita Morena², Ferdi Fernando³</i>	111
PERANCANGAN USER REQUIREMENT SPECIFICATION (URS) SISTEM OTOMASI PROSES PEMBUATAN AIR MINUM DALAM KEMASAN 19 LITER DI PT ABC	121
<i>Haris Rachmat, ST.,MT¹. Denny Sukma Eka Atmaja, ST². Romy Willy Cahyo Sofantri³</i>	121
PERANCANGAN SCADA PADA PROSES PEMBUATAN AIR MINUM DALAM KEMASAN (AMDK) 19 LITER DILENGKAPI ACTIVE FACTORY SEBAGAI PELAPORAN OFFLINE SECARA OTOMATIS DAN BERKALA DI PT ABC	131
<i>Subhan Riyandi¹, Haris Rachmat,² Denny Sukma Eka Atmaja,³</i>	131
ANALISIS PENGARUH PENAYANGAN IKLAN TELEVISI SPEEDY TERHADAP MINAT BELI DENGAN METODE QUASI EXPERIMENT PADA MAHASISWA YAYASAN PENDIDIKAN TELKOM BANDUNG	140
<i>Leni Hasianta Purba¹; Fida Nirmala Nugraha.²; Rahmasari Nung Yulianti.³</i>	140
ANALISIS PENGUKURAN KUALITAS LAYANAN USEETV BERDASARKAN NILAI MEAN OPINION SCORE (MOS) DARI QUALITY OF SERVICE (QOS) DAN QUALITY OF EXPERIENCE (QOE)	151
<i>Stenly Ery Naya Humune,¹ Rd. Rohmat Saedudin,² Umar Yunan³</i>	151
ANALISIS PENGARUH FREKUENSI PEMBERIAN IKLAN <i>SPEEDY</i> TERHADAP <i>PURCHASE INTENTION</i> BERDASARKAN EFEK MEDIA TELEVISI DENGAN MENGGUNAKAN <i>QUASI EXPERIMENTAL DESIGN</i> PADA MAHASISWA KAWASAN PENDIDIKAN TELKOM BANDUNG	159
<i>Muhamad Iqbal Nasution¹, Fida Nirmala Nugraha, S.Psi., M.Psi.², Rahmasari Nung Yulianti, ST.³</i>	159
PENERAPAN METODA SIX SIGMA UNTUK MEMINIMASI PRODUK CACAT (STUDI KASUS PRODUK COLLAR 1328 DI CV (GMI)	
<i>Rida Norina¹, Moro Sudjatmiko²Reninta Reminda³</i>	170
USULAN PERANCANGAN PERBAIKAN PROSES DAN PENGELOLAAN PERSEDIAAN DENGAN PENDEKATAN <i>LEAN WAREHOUSING</i> PADA GUDANG PT XYZ	179

<i>Dwi Cahya Purnama, Mira Rahayu, Budi Santosa</i>	179
PENGARUH KEEFEKTIFAN <i>KNOWLEDGE TRANSFER</i> TERHADAP <i>COMPETITIVE ADVANTAGE</i> , IKM BATIK TANJUNG BUMI BANGKALAN DENGAN PENDEKATAN <i>STRUCTURAL EQUATION MODELING (SEM)</i>	184
<i>Ari Basuki¹, Retno Indriartiningtias², Agus Salim³</i>	184
PERANCANGAN LINTAS PRODUKSI DI CV RABBANI DENGAN PENERAPAN <i>LEAN MANUFACTURING</i> DAN METODE <i>LEAN BALANCING</i>	192
Mustika Mugi Rahayu, Anang Zaini Gani, Mira Rahayu	
ANALISIS KEBUTUHAN LAYANAN PEMASANGAN IKLAN YELLOW PAGES BANDUNG DALAM UPAYA PENINGKATAN KUALITAS LAYANAN MENGGUNAKAN INTEGRASI <i>SERVICE QUALITY</i> , MODEL KANO, DAN <i>QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT</i> DI PT INFOMEDIA NUSANTARA	
<i>Vini Primanti¹, Yanti Ambhita Sukma², Yati Rohayati³</i>	206
PERANCANGAN SISTEM DISTRIBUSI DAN TRANSPORTASI PENGADAAN <i>RAW MATERIAL</i> DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN METODE <i>MILKRUN</i> (STUDI KASUS PT XYZ)	215
Ibnu Pujo Wijayanto ¹ , Mira Rahayu ² , Budi Santosa ³ ,	215

MULTI-LEVEL HEURISTIK UNTUK HETEROGENEOUS FIXED FLEET VEHICLE ROUTING PROBLEM

Arif Imran

Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Nasional, Bandung
Jl.PHH Mustopa 23 Bandung, 40124
E-mail: arifimr@yahoo.com

ABSTRAK

Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Problem (HFFVRP) adalah salah satu varian dari *Vehicle Routing Problem (VRP)*. Pada HFFVRP terdapat beberapa jenis kendaraan dengan jumlah tetap untuk melayani konsumen. Pada penelitian ini HFFVRP diselesaikan dengan mengaplikasikan *Multi-level* heuristik. Solusi inisial diperoleh dengan mengalokasikan konsumen yang dibentuk oleh algoritma Sweep dan 2-opt ke kendaraan terkecil lebih dahulu dengan memperhatikan tingkat keterisian kendaraan. Algoritma yang diusulkan menggunakan beberapa *local search* seperti 1-*insertion*, *swap*, 2-*insertion* dan 2-opt. Algoritma diuji menggunakan data set yang terdapat pada literatur.

Kata kunci: *metaheuristik, routing, heterogeneous fixed fleet, multi-level, local search.*

ABSTRACT

Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Problem (HFFVRP) constitutes a variant of the *Vehicle Routing Problem (VRP)*. There are several type of vehicles and limited number of vehicles involved here. The HFFVRP is addressed using the *Multi-Level* heuristic. The initial solution is generated using Sweep algorithm and 2-opt procedure and then the customer are allocated to the smallest vehicle first by considering vehicle occupancy level. The proposed algorithm employs four local searches; 1-*insertion*, *swap*, 2-*insertion* dan 2-opt. The algorithm is then tested by using data set from literature.

Keywords – *metaheuristic, routing, heterogeneous fixed fleet, multi-level, local search.*

I. PENDAHULUAN

Terdapat banyak perusahaan logistik/distribusi yang dalam melakukan pendistribusian menggunakan sejumlah tetap kendaraan yang terdiri dari beberapa jenis (kapasitas berbeda). Permasalahan ini dikenal juga dengan sebutan *Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Problem (HFFVRP)*. HFFVRP dapat didefinisikan sebagai suatu masalah dimana sejumlah customer harus dilayani oleh sejumlah tertentu kendaraan yang terdiri dari beberapa jenis yang berasal pada satu depot. Setiap customer hanya boleh dikunjungi satu kali; kapasitas maksimum dan panjang rute maksimum tidak boleh dilanggar. Tujuan dari

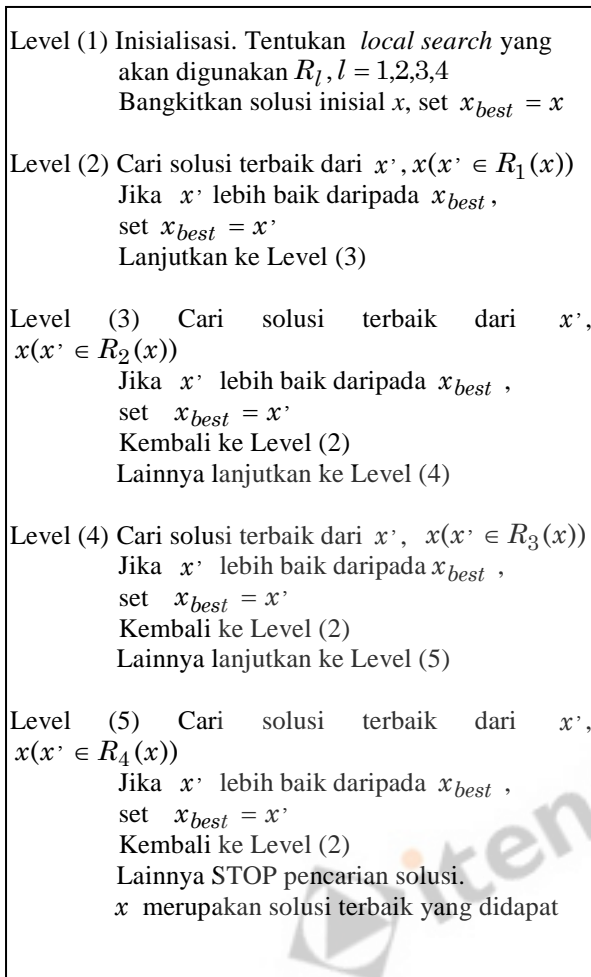
penyelesaian HFFVRP adalah untuk menemukan rute yang memenuhi persyaratan yang disebutkan di atas dengan biaya yang minimum.

Terdapat beberapa penelitian membahas HFFVRP diantaranya Taillard (1999), yang merupakan yang pertama membahas HFFVRP. Taillard mengembangkan algoritma *Heuristic Column Generation*. Data set didapat dari modifikasi data set Golden et al (1984). Tarantilis et al (2003) mengembangkan metode yang dinamakan *List Based Threshold Accepting (LBTA)* yang kemudian diikuti oleh metode dinamakan *Backtracking Adaptive Threshold Accepting (BATA)* (2004). Kedua metode tersebut merupakan varian dari algoritma *Threshold Accepting (TA)* dari Dueck dan Scheuer (1990). Li et al (2007) mengadaptasi algoritma *Record to Record Travel* (Dueck,(1993)) yang merupakan varian deterministik dari algoritma *Simulated Annealing*. Li et al (2007) mendapatkan hasil yang lebih baik daripada Tarantilis et al (2003 dan 2004). Brandao (2011) menggunakan algoritma *Tabu Search* yang merupakan pengembangan algoritma *Tabu Search* yang dipakai untuk menyelesaikan *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem* oleh Brandao (2009).

II. METODOLOGI

Pada penelitian ini digunakan algoritma *Multi-Level* heuristik untuk menyelesaikan HFFVRP. Algoritma ini diusulkan oleh Salhi et al. (1997) untuk menyelesaikan *multi-depot vehicle routing problem* dan *multi-depot heterogeneous vehicle routing problem*. Berdasarkan studi literatur algoritma *Multi-level* belum pernah digunakan untuk menyelesaikan masalah HFFVRP. Ide dasar dari *Multi-level* heuristik adalah menggunakan sifat dasar dari *local search*. Hal ini dilakukan karena nilai optimum lokal untuk satu *local search* biasanya berbeda dengan nilai optimum *local search* yang lain. Dengan kata lain, jika suatu *local search* sudah mendapatkan solusi optimum lokal maka *local search* yang lain digunakan untuk memperbaiki solusi yang telah didapat. Pada penelitian ini algoritma *Multi-Level* Algoritma yang dilengkapi dengan beberapa *local search*. Algoritma

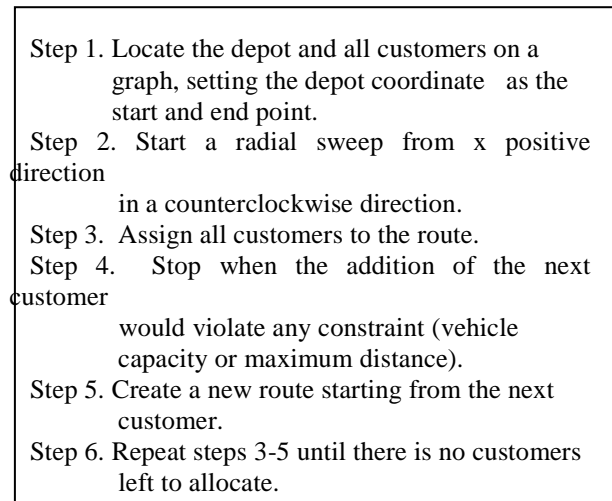
yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



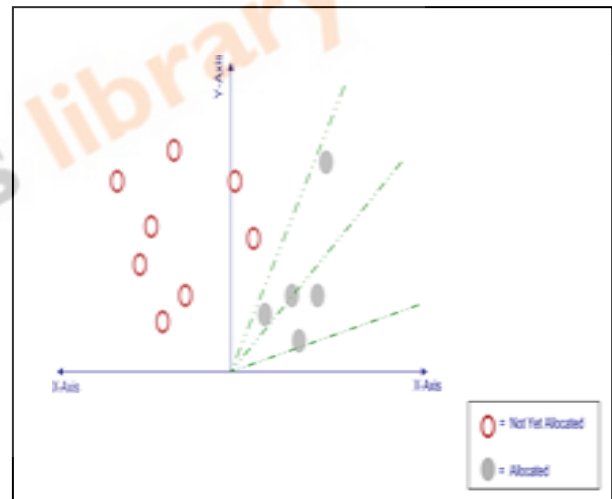
Gambar 1. Algoritma *Multi-Level* usulan

Penjelasan langkah-langkah pada algoritma

Pada Level (1), solusi inisial dibangkitkan. Solusi inisial diperoleh melalui tiga langkah; (a) Membuat satu rute menggunakan algoritma *Sweep* dari Gillet dan Miller (1972), (b) perbaiki hasil langkah (a) menggunakan prosedur 2-opt yang dikembangkan oleh Lin (1963), dan (c) bentuk rute-rute dengan mengalokasikan setiap permintaan mulai dari kendaraan yang memiliki kapasitas terkecil. Tujuan dari algoritma *Sweep* adalah untuk mendapatkan kelompok *customer* yang berdekatan jika dilihat dari sudut antara dua *customer*. Langkah-langkah dan ilustrasi dari algoritma *Sweep* dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Langkah-langkah algoritma *Sweep*



Gambar 3. Ilustrasi algoritma *Sweep*

Pada Level (2) sampai Level (5), dua jenis *local search* yaitu *intra-route* (dalam rute) dan *inter-route* (antar rute) digunakan. Yang termasuk ke dalam jenis *intra-route* adalah 1-*insertion intra-route*, 2-*insertion intra-route*, dan *swap intra-route*. Sedangkan yang termasuk ke dalam jenis *inter-route* adalah 1-0 *insertion inter route*.

Struktur *Local Search*

Empat *local search* digunakan dalam algoritma *Multi-level* dengan urutan pemakaian sebagai berikut: 1- *insertion intra-route* (R_1), 2- *insertion intra-route* (R_2), *swap intra-route* (R_3), dan 1-0 *insertion inter-route* (R_4). Pada Level (2) gunakan

R_1 untuk mendapatkan solusi terbaik x' . Jika x' mempunyai nilai yang lebih baik dari pada x_{best} , maka $x_{best} = x'$ dan proses pencarian (*search*) dilanjutkan ke Level (3). Pada Level (3) gunakan R_2 untuk mencari nilai terbaik x' . Jika x' mempunyai nilai yang lebih baik dari pada x_{best} , maka $x_{best} = x'$ dan proses pencarian kembali ke Level (2) jika tidak lanjutkan ke Level (4). Di Level (4) gunakan R_3 untuk mencari nilai terbaik x' . Jika x' mempunyai nilai yang lebih baik dari pada x_{best} , maka $x_{best} = x'$ dan proses pencarian kembali ke Level (2) sebaliknya lanjutkan ke Level (5). Pada Level (5) gunakan R_4 untuk mencari nilai terbaik x' . Jika x' mempunyai nilai yang lebih baik dari pada x_{best} , maka $x_{best} = x'$ jika tidak dapat ditemukan solusi yang lebih baik, proses pencarian atau algoritma dihentikan.

Prosedur 1-insertion (inter-route and intra-route)

Dua jenis prosedur *1-insertion* diterapkan. Yang pertama adalah *1-insertion intra-route* dan yang kedua adalah *1-insertion inter-route*. Pada *1-insertion intra-route* satu *customer* dipindahkan dari tempatnya di suatu rute dan disisipkan dalam rute yang sama untuk memperoleh rute dengan *cost*/jarak yang lebih kecil. Sedangkan pada *1-insertion inter-route*, setiap *customer* dari suatu rute dipindahkan ke rute yang lain. Jika perpindahan ini tidak melanggar pembatas yang ada dan jarak/*cost* menjadi lebih kecil maka *customer* yang terpilih akan dipindahkan.

Tabel 1: Perbandingan hasil perhitungan

No	Size	Best Solution	Taillard (1999)	Tarantilis et al. (2004)	Li et al. (2007)	Brandao (2011)	Multi-Level
1	50	607,53	623,05	611,39	607,53	607,53	628,34
2	50	1015,29	1022,05	1015,29	1015,29	1015,29	1021,59
3	75	1061,96	1095,01	1071,01	1061,96	1061,96	1156,77
4	100	1117,51	1156,93	1123,83	1120,34	1120,33	1223,65
5	100	1534,17	1592,16	1556,35	1534,17	1534,17	1639,07

Prosedur 2-insertion (intra-route)

2-insertion intra-route memindahkan dua *customer* yang berurutan dalam suatu rute dan menyisipkan mereka ke suatu tempat dalam rute yang sama untuk mendapatkan rute yang lebih pendek.

Prosedur 2-opt

2-opt intra-route, mempunyai nama lain *2-opt* (lihat Lin (1963)), merupakan prosedur perbaikan/*local search* yang efektif. Prosedur ini bekerja dengan menghilangkan dua *arc* yang tidak berdekatan pada satu rute dan menambahkan dua *arc* yang baru. Proses pertukaran dilakukan sampai perbaikan dari rute/*total cost* tidak ditemukan lagi.

Prosedur swap (intra-route)

Swap intra-route bertujuan untuk mengurangi jarak/*cost* suatu rute dengan cara menukar tempat dua *customer* dalam suatu rute.

III. HASIL

Untuk proses pengujian, algoritma usulan diprogram ke dalam bahasa C++ dan digunakan untuk menyelesaikan data set Taillard (1999). Program dieksekusi menggunakan komputer dengan prosesor Intel core I3 GHz PC dan 2GB RAM.

Tabel 1 berisi solusi yang didapat dari algoritma usulan dan algoritma yang telah dipublikasikan. Yang di *bold* adalah solusi yang terbaik yang diketahui. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa algoritma usulan menghasilkan solusi yang tidak sebaik solusi yang didapat oleh Taillard (1999), Tarantilis et al, (2004), Li et al (2007), dan Brandao (2011).

Masing-masing algoritma yang dikembangkan dieksekusi menggunakan komputer yang memiliki spesifikasi berbeda. Taillard (1999) menggunakan

Sun Sparc workstation 50MHz, Tarantilis (2004) memakai komputer dengan prosesor Pentium II 400MHz dengan 128MB RAM, Li et al (2007), menggunakan komputer dengan prosesor Athlon 1GHz dengan 256MB RAM, dan Brandao (2011) memakai komputer dengan prosesor Intel Pentium M 1.4GHz dengan 512MB RAM.

Selain dipengaruhi oleh *hardware* kecepatan mendapatkan solusi juga dipengaruhi oleh sistem operasi, *compiler*, bahasa pemrograman dan tingkat kepresisian perhitungan yang diinginkan (Yu et al. 2011). Jika dilihat dari waktu komputasi (CPU Time) tanpa membandingkan spesifikasi komputer yang digunakan, algoritma usulan menggunakan waktu komputasi yang lebih kecil dibandingkan dengan waktu komputasi algoritma yang telah dipublikasikan. Waktu yang dipakai untuk setiap data set kurang dari 4 detik.

Tabel 2: Perbandingan CPU Time (dalam detik)

N	Siz	Tailla	Taranti	Li	Brand	Mult
o	e	rd	lis et al	et al	ao	i-
		(1999)	(2004)	(2007)	(2011)	Leve
				7		1
1	50	575	387	141	55	2
2	50	335	368	166	59	2
3	75	2245	363	216	206	2
4	10	5833	428	404	243	3
	0					
5	10	3402	1156	447	302	3
	0					

IV. KESIMPULAN

Adaptasi algoritma *Multi-level* telah dikembangkan untuk menyelesaikan HFFVRP. Algoritma *Multi-level* dilengkapi dengan beberapa *local search*. Dari uji coba menggunakan data set yang ada pada literatur, terlihat algoritma usulan memberikan hasil yang tidak sebaik hasil dari algoritma yang telah dipublikasikan

Untuk penelitian lebih lanjut, untuk memperbaiki solusi dapat ditambahkan *local search* yang lain seperti *swap inter route*, *perturbation* yang dikembangkan oleh Salhi dan Rand (1987) ataupun GENIUS yang dikembangkan oleh Gendreau et al, (1992). Selain itu untuk perbaikan solusi, algoritma *Multi level* dapat dikombinasikan dengan algoritma *Variable Neighborhood Search* (VNS), *Tabu Search* atau *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure* (GRASP). Kombinasi dengan VNS telah menghasilkan solusi yang kompetitif untuk masalah *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing*

Problem (HFVRP) dan *Multi-Depot HFVRP*, (lihat Imran et al. (2009) dan Salhi et al. (2013).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brandao, J. (2009). A Deterministic Tabu Search Algorithm for the Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem. *European Journal of Operational Research* 195, 716-728.
- [2] Brandao, J. (2011). A tabu search algorithm for the heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem. *Computers & Operations Research* 38, 140-151.
- [3] Dueck, G. (1993). New Optimization Heuristics: The Great Deluge Algorithm and Record to Record Travel. *Journal of Computation Physics* 104, 86-92.
- [4] Dueck, G. dan Scheuer, T. (1990). Threshold Accepting: A General Purpose Optimization Algorithm Appearing Superior to Simulated Annealing. *Journal of Computation Physics* 90, 161-175.
- [5] Gendreau, M., Hertz, A. dan Laporte, G. (1992). New Insertion and Post Optimization Procedures for the Travelling Salesman Problem. *Operations Research* 40, 1086-1094.
- [6] Gillett, B.E. dan Miller, L.R. (1974). A Heuristic Algorithm for the Vehicle Dispatch Problem. *Operations Research* 22, 340-344.
- [7] Golden, B., Assad, A., Levy, L. dan Gheysens, E. (1984). The Fleet Size and Mix Vehicle Routing. *Computers & Operations Research* 11, 49-66.
- [8] Imran A, Salhi, S., dan Wassan N.A., (2009). A Variable Neighborhood-Based Heuristic for the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem, *European Journal of Operational Research* 197, pp. 509-518.
- [9] Li FY., Golden, B., dan Wasil, E. (2007). A record-to-record travel algorithm for solving the heterogeneous fleet vehicle routing problem. *Computers & Operations Research* 34, 2734 - 2742.
- [10] Lin, S. (1965). *Computers Solutions of the Traveling Salesman Problem*. *Bell System Technical Journal* 44, 2245-2269.
- [11] Salhi, S., Imran, A., dan Wassan, N.A., *The Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Heterogeneous*

- Vehicle Fleet: Formulation and a Variable Neighborhood Search Implementation, *Computers & Operations Research*. doi/10.1016/j.cor.2013.05.011, 2013.
- [12] Salhi, S. dan Rand, G.K. (1987). Improvements to Vehicle Routing Heuristics. *Journal of the Operational Research Society* 38, 293-295.
- [13] Salhi, S., dan Sari, M., 1997. A Multi-Level Composite Heuristic for the Multi-Depot Vehicle Fleet Mix Problem. *European Journal of Operational Research* 103, 95-112.
- [14] Tarantilis, C.D., Kiranoudis, C.T. dan Vassiliadis, V.S. (2003). A List Based Threshold Accepting Metaheuristic for the Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Problem. *Journal of the Operational Research Society* 54, 65-71.
- [15] Tarantilis, C.D., Kiranoudis, C.T. dan Vassiliadis, V.S. (2004). A Threshold Accepting Metaheuristic for the Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Problem. *European Journal of Operational Research* 152, 148-158.
- [16] Taillard, E.D. (1999). A Heuristic Column Generation Method for the Heterogeneous Fleet VRP. *Recherche Operationnelle* 33, 1-14
- [17] Yu, B., Yang, Z.Z., dan Xie, J.X., A Parallel Improved Ant Colony Optimization for Multi Depot Vehicle Routing Problem, *Journal of the Operational Research Society* 62, 2011, pp. 183–188

