

**PENERAPAN *SOCCER LEAGUE COMPETITION*
ALGORITHM UNTUK MENYELESAIKAN
*CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar
sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri

Disusun oleh :

Nama : Julian Christian Anderson

NPM : 2014610023



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2018**



**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Julian Christian Anderson
NPM : 2014610023
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : PENERAPAN SOCCER LEAGUE
COMPETITION ALGORITHM UNTUK
MENYELESAIKAN CAPACITATED VEHICLE
ROUTING PROBLEM

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, Juli 2018

Ketua Program Studi Teknik Industri

(Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., MIM)

Pembimbing Pertama

(Cynthia Prithadevi Juwono, Ir., M.S.)

Pembimbing Kedua

(Hanky Fransiscus, S.T., M.T.)



Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Julian Christian Anderson

NPM : 2014610023

dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan judul :

**" Penerapan *Soccer League Competition Algorithm* untuk Menyelesaikan
Capacitated Vehicle Routing Problem "**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya.

Bandung, 29 Juni 2018

Julian Christian Anderson

NPM : 2014610023

ABSTRAK

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan permasalahan yang bertujuan untuk mencari rute minimum dalam pengiriman barang ke pelanggan. Pengiriman dilakukan oleh beberapa kendaraan yang kapasitasnya identik. Setiap pelanggan hanya dilayani oleh satu kendaraan dan kendaraan yang ada juga memulai rute dari depot dan kembali ke depot. Barang yang dibawa tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan. Karena CVRP merupakan permasalahan NP-*hard* maka semakin bertambah banyaknya jumlah pelanggan waktu penyelesaian akan semakin lama.

Pada penelitian ini CVRP diselesaikan menggunakan *Soccer League Competition Algorithm* (SLC). SLC merupakan salah satu jenis algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari liga sepak bola di dunia. Di dalam sebuah liga sepak bola ada beberapa tim yang bertanding untuk memenangkan liga. Pemain menjadi representasi solusi dari CVRP. Atribut dari pemain akan berkembang pada setiap pertandingan.

Pada penelitian ini juga dilakukan implementasi SLC ke dalam enam kasus *benchmark* dari CVRP. Dari kasus yang diuji SLC berhasil menemukan solusi yang sama dengan *best known solution* untuk kasus P-N16-K8, P-N19-K2, B-N31-K5, dan A-N32-K5. Nilai parameter jumlah tim yang dipakai adalah 2, 3, 4, dan 5. Nilai parameter jumlah pemain cadangan yang dipakai adalah 5, 11, dan 15. Lalu dilakukan uji ANOVA terhadap parameter SLC. Untuk kasus A-N32-K5 dan B-N57-K7 parameter yang berpengaruh adalah jumlah pemain cadangan dan interaksi antara jumlah pemain cadangan dan jumlah tim untuk nilai-nilai yang diuji. Untuk kasus B-N54-K7 parameter yang berpengaruh adalah interaksi antara jumlah pemain cadangan dan jumlah tim.

Performansi SLC dibandingkan dengan beberapa metode metaheuristik lainnya. Performansi SLC lebih baik dibandingkan dengan *Dragonfly Algorithm* pada semua kasus. SLC memiliki performansi yang sama baiknya dengan *Artificial Bee Colony*. SLC memiliki performansi yang sama dengan *Genetic Algorithm* pada kasus A-N32-K5 dan punya performansi yang lebih buruk dibanding *Genetic Algorithm* pada kasus B-N54-K7 dan B-N57-K7.

ABSTRACT

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) main goal is to find the minimum route in delivering items to customers. Delivery will be done by some vehicles that have the same capacity. Every customer demand will be delivered by only one vehicle. The route start from the depot and will return to the depot. In the delivery process the item that is carried must be less than or equal to the vehicle capacity. CVRP is categorized as NP-Hard problem, so that the time needed to solve it will increase exponentially as the customer number grows.

In this research, CVRP will be solved using Soccer League Competition Algorithm (SLC). SLC is one of the example of metaheuristic algorithm that is inspired by Soccer League System. In a soccer league there will be some teams that will compete to win the league. Players inside the league will be the solution representation of CVRP. Player's attribute will increase in every match.

In this research, SLC will be implemented to six benchmark problems. SLC succeeded to find the solution P-N16-K8, P-N19-K2, B-N31-K5, and A-N32-K5. The parameter that will be tested are the number of team (n_{Team}) and the number of substitute players (n_S). The value of n_{Team} that will be tested are 2, 3, 4, and 5. The value of n_S that will be tested are 5, 11, and 15. ANOVA Test main goal is to know which value of the parameters that has an effect to each benchmark problems. For A-N32-K5 dan B-N57-K7 the value of the parameters that has an influence are number of substitutes and the interaction between number of substitutes and the number of team. For B-N54-K7 the parameter that has an effect is the interaction between the number of substitutes and the number of team.

SLC performance is compared to some other metaheuristic algorithm, which are Dragonfly Algorithm, Genetic Algorithm, dan Artificial Bee Colony Algorithm. Overall SLC has better performance from Dragonfly Algorithm and has the same performance than Artificial Bee Colony Algorithm. SLC has the same performance with Genetic Algorithm in A-N32-K5 and has worse performance in B-N54-K7 and B-N57-K7.

KATA PENGANTAR

Pertama-tama, penulis ingin mengucapkan syukur kepada Tuhan yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat yang diberikan laporan skripsi dengan judul “Penerapan *Soccer League Competition Algorithm* untuk Menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem*” dapat diselesaikan. Dalam melakukan proses penyusunan laporan ini, tidak sedikit hambatan yang dialami penulis. Akan tetapi, dengan adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Cynthia Prithadevi Juwono, Ir., M.S. dan Bapak Hanky Fransiscus, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, atas berbagai kritik dan saran, masukan, dan bantuan yang diberikan dalam penyusunan laporan skripsi.
2. Bapak Fran Setiawan, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji proposal skripsi, atas berbagai kritik dan masukan yang diberikan dalam penyusunan laporan skripsi ini.
3. Bapak Alfian, S.T., M.T., selaku dosen penguji proposal skripsi atas berbagai kritik dan masukan yang diberikan dalam penyusunan laporan skripsi ini.
4. Orang tua penulis, yang telah memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
5. Josephine Thalia yang telah memberikan dukungan selama pengerjaan skripsi.
6. Teman-teman dari Cell Group yang selalu memberikan dukungan sepanjang pengerjaan skripsi.
7. Deva Nareswara dan Adrianus Vincent yang telah memberikan masukan kepada penulis dalam pembuatan program dan skripsi.
8. Dosen Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan, atas segala ilmu pengetahuan yang diberikan sepanjang perkuliahan.
9. Teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan motivasi dalam proses pembuatan laporan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar untuk ke depannya laporan yang dibuat penulis dapat menjadi lebih baik lagi.

Bandung, 2018

Julian Christian Anderson

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah.....	I-1
I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah.....	I-3
I.3 Batasan Masalah.....	I-5
I.4 Tujuan Penelitian.....	I-6
I.5 Manfaat Penelitian.....	I-6
I.6 Metodologi Penelitian.....	I-6
I.7 Sistematika Penulisan.....	I-10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 <i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i>	II-1
II.2 <i>Soccer League Competition Algorithm</i>	II-3
II.3 Representasi Solusi SR-2.....	II-8
II.4 Desain Eksperimen.....	II-9
II.5 Normalisasi Data.....	II-12
BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	III-1
III.1 <i>Encoding dan Decoding</i>	III-1
III.2 Perancangan Algoritma.....	III-8
III.2.1 Notasi Algoritma.....	III-8
III.2.2 Algoritma Utama <i>Soccer League Competition Algorithm</i>	III-11
III.2.3 Algoritma Pembuatan Atribut Awal Pemain (Algoritma A).....	III-14
III.2.4 Algoritma Pembentukan Rute (Algoritma B).....	III-15

III.2.5	Algoritma <i>Local Improvement</i> (Algoritma C).....	III-25
III.2.6	Algoritma Perhitungan Nilai Fitness (Algoritma D).....	III-33
III.2.7	Algoritma Pembuatan Array Baru dan Pengurutan Pemain (Algoritma E).....	III-35
III.2.8	Algoritma Perhitungan Kekuatan Tim (Algoritma F).....	III-36
III.2.9	Algoritma Perhitungan Rata-Rata Atribut Fixed Player Setiap Tim (Algoritma G).....	III-37
III.2.10	Algoritma Perhitungan Super Star Player dan Star Player (Algoritma H).....	III-38
III.2.11	Algoritma Imitasi (Algoritma I).....	III-40
III.2.12	Algoritma Provokasi (Algoritma J).....	III-44
III.2.13	Algoritma Pertandingan Antar Tim (Algoritma K).....	III-47
III.3	Verifikasi dan Validasi Algoritma.....	III-49
BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA PADA KASUS <i>BENCHMARK</i>		IV-1
IV.1	Verifikasi dan Validasi Program.....	IV-1
IV.2	Implementasi Soccer League Competition Algorithm pada Kasus Benchmark CVRP.....	IV-6
IV.2.1	Penentuan Parameter Soccer League Competition Algorithm (SLC).....	IV-7
IV.2.2	Implementasi SLC pada Kasus P-N16-K8.....	IV-12
IV.2.3	Implementasi SLC pada Kasus P-N19-K2.....	IV-14
IV.2.4	Implementasi SLC pada Kasus B-N31-K5.....	IV-15
IV.2.5	Implementasi SLC pada Kasus A-N32-K5.....	IV-17
IV.2.6	Implementasi SLC pada Kasus A-N54-K7.....	IV-18
IV.2.7	Implementasi SLC pada Kasus B-N57-K7.....	IV-20
IV.3	Pengujian Parameter <i>Soccer League Competition</i> <i>Algorithm</i> (SLC).....	IV-22
IV.3.1	Pengujian Parameter SLC pada Kasus P-N16-K8.....	IV-22
IV.3.2	Pengujian Parameter SLC pada Kasus P-N19-K2.....	IV-22
IV.3.3	Pengujian Parameter SLC pada Kasus B-N31-K5.....	IV-23
IV.3.4	Pengujian Parameter SLC pada Kasus A-N32-K5.....	IV-23
IV.3.5	Pengujian Parameter SLC pada Kasus A-N54-K7.....	IV-24
IV.3.6	Pengujian Parameter SLC pada Kasus B-N57-K7.....	IV-24
IV.3.7	Rekapitulasi Hasil Pengujian Parameter.....	IV-25

IV.4	Interaction Plot.....	IV-25
IV.5	Perbandingan Soccer League Competition Algorithm dengan Dragonfly Algorithm, Genetic Algorithm, dan Artificial Bee Colony.....	IV-29
BAB V	ANALISIS	V-1
V.1	Analisis <i>Encoding</i> dan <i>Decoding</i>	V-1
V.2	Analisis Pertandingan Antar Tim di Dalam Liga.....	V-3
V.3	Analisis Pengaruh Interaksi Parameter SLC.....	V-4
V.4	Analisis Pengaruh Parameter SLC untuk Setiap Kasus Benchmark.....	V-10
V.1	Analisis Performansi SLC.....	V-6
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	VI-1
VI.1	Kesimpulan.....	VI-1
VI.2	Saran.....	VI-2
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
RIWAYAT HIDUP PENULIS		

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	I-9
Gambar II.1	<i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i> 1 Depot.....	II-1
Gambar II.2	Vektor Solusi SLC.....	II-7
Gambar II.3	Ilustrasi 2-opt.....	II-9
Gambar II.4	Contoh Interaksi Parameter.....	II-10
Gambar III.1	Vektor Atribut Pemain di Dalam Liga.....	III-2
Gambar III.2	Contoh Vektor Atribut Pemain di Dalam Liga.....	III-3
Gambar III.3	<i>Flowchart Decoding</i>	III-4
Gambar III.4	Pertukaran <i>Local Improvement</i>	III-7
Gambar III.5	Algoritma Utama SLC.....	III-13
Gambar III.6	<i>Flowchart</i> Algoritma A.....	III-14
Gambar III.7	<i>Flowchart</i> Algoritma B.....	III-15
Gambar III.8	<i>Flowchart</i> Algoritma C.....	III-26
Gambar III.9	<i>Flowchart</i> Algoritma D.....	III-33
Gambar III.10	<i>Flowchart</i> Algoritma E.....	III-35
Gambar III.11	<i>Flowchart</i> Algoritma F.....	III-36
Gambar III.12	<i>Flowchart</i> Algoritma G.....	III-37
Gambar III.13	<i>Flowchart</i> Algoritma H.....	III-38
Gambar III.14	<i>Flowchart</i> Algoritma I.....	III-41
Gambar III.15	<i>Flowchart</i> Algoritma J.....	III-44
Gambar III.16	<i>Flowchart</i> Algoritma K.....	III-45
Gambar IV.1	Program Pembuatan Atribut Awal Pemain.....	IV-1
Gambar IV.2	Contoh Hasil Output Program.....	IV-3
Gambar IV.3	Nilai Input SLC.....	IV-4
Gambar IV.4	Output Program Jika Input Salah.....	IV-4
Gambar IV.5	<i>Nilai Input CVRP</i>	IV-5
Gambar IV.6	Output Hasil Running.....	IV-6
Gambar IV.7	Plot Jumlah Iterasi P-N16-K8.....	IV-8

Gambar IV.8	Plot Jumlah Iterasi P-N19-K2.....	IV-8
Gambar IV.9	Plot Jumlah Iterasi B-N31-K5.....	IV-9
Gambar IV.10	Plot Jumlah Iterasi A-N32-K5.....	IV-9
Gambar IV.11	Plot Jumlah Iterasi A-N54-K7.....	IV-10
Gambar IV.12	Plot Jumlah Iterasi B-N57-K7.....	IV-10
Gambar IV.13	<i>Scatter Plot</i> P-N16-K8.....	IV-12
Gambar IV.14	<i>Scatter Plot</i> P-N19-K2.....	IV-14
Gambar IV.14	<i>Scatter Plot</i> B-N31-K5.....	IV-16
Gambar IV.15	<i>Scatter Plot</i> A-N32-K5.....	IV-17
Gambar IV.16	<i>Scatter Plot</i> A-N54-K7.....	IV-19
Gambar IV.17	<i>Scatter Plot</i> B-N57-K7.....	IV-20
Gambar IV.18	<i>Interaction Plot</i> P-N16-K8.....	IV-26
Gambar IV.19	<i>Interaction Plot</i> P-N19-K2.....	IV-26
Gambar IV.20	<i>Interaction Plot</i> B-N31-K5.....	IV-26
Gambar IV.21	<i>Interaction Plot</i> A-N32-K5.....	IV-27
Gambar IV.22	<i>Interaction Plot</i> A-N54-K7.....	IV-27
Gambar IV.23	<i>Interaction Plot</i> B-N57-K7.....	IV-28

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Rumus Perhitungan <i>Sum of Squares</i> , <i>Mean Square</i> F ₀ 2 Faktor.....	II-12
Tabel III.1	Koordinat Posisi dan <i>Demand</i> Setiap Pelanggan.....	III-1
Tabel III.2	Matriks Jarak Depot dan Pelanggan.....	III-2
Tabel III.3	Jarak Titik Referensi Kendaraan dengan Setiap Pelanggan.....	III-5
Tabel III.4	Pelanggan yang Dapat Dilayani oleh Setiap Kendaraan.....	III-5
Tabel III.5	Contoh Hasil Perhitungan Total Jarak Tempuh Setiap Rute.....	III-6
Tabel III.6	Local Improvement Kendaraan 1.....	III-7
Tabel III.7	Contoh Hasil Perhitungan Total Jarak Tempuh Keseluruhan.....	III-8
Tabel III.8	<i>Demand</i> dan Koordinat Pelanggan Kasus Sederhana.....	III-50
Tabel III.9	Matriks Jarak Kasus Sederhana.....	III-50
Tabel III.10	Matriks Atribut Awal Pemain.....	III-51
Tabel III.11	<i>Array customerList</i> Setelah diurutkan.....	III-52
Tabel III.12	Jarak Kendaraan dengan Pelanggan.....	III-53
Tabel III.13	List Awal Pelanggan Setiap Kendaraan.....	III-54
Tabel III.14	Rekapitulasi Pelanggan Setiap Kendaraan.....	III-55
Tabel III.15	Rekapitulasi Pelanggan Setiap Kendaraan Setelah Diurutkan.....	III-55
Tabel III.16	List Pelanggan Setelah Mempertimbangkan Kapasitas.....	III-57
Tabel III.17	Rekapitulasi Pelanggan Setiap Kendaraan Setelah Diurutkan Untuk Pemain 3.....	III-57
Tabel III.18	Jarak Kendaraan ke Pelanggan Untuk Pemain ke 2.....	III-57
Tabel III.19	List Pelanggan yang Akan Dilayani.....	III-58
Tabel III.20	Hasil <i>Local Improvement</i>	III-65
Tabel III.21	Hasil <i>Fitness</i> Semua Pemain.....	III-67
Tabel III.22	Atribut Pemain di Array <i>newPlayerArray</i>	III-68
Tabel III.23	Team Power untuk Setiap Tim.....	III-69
Tabel III.24	<i>Rata-Rata Atribut nFP</i> Setiap Tim.....	III-70

Tabel III.25	<i>Super Star Player dan Star Player Setiap Tim</i>	III-72
Tabel III.26	Atribut Baru Setelah Dirandom Ulang.....	III-76
Tabel III.27	Atribut Pemain Setelah Season Berakhir.....	III-77
Tabel III.28	Atribut Super Star Player.....	III-77
Tabel IV.1	Koordinat dan <i>Demand</i> Pelanggan.....	IV-3
Tabel IV.2	Matriks Jarak Pelanggan.....	IV-4
Tabel IV.3	Rekapitulasi Kasus <i>Benchmark CVRP</i>	IV-7
Tabel IV.4	Rekapitulasi Jumlah Iterasi.....	IV-11
Tabel IV.5	Rekapitulasi Kombinasi Parameter.....	IV-12
Tabel IV.6	Rekapitulasi Hasil Implementasi Kasus P-N16-K8.....	IV-13
Tabel IV.7	Rekapitulasi Hasil Implementasi Kasus P-N19-K2.....	IV-15
Tabel IV.8	Rekapitulasi Hasil Implementasi Kasus B-N31-K5.....	IV-16
Tabel IV.9	Rekapitulasi Hasil Implementasi Kasus A-N32-K5.....	IV-18
Tabel IV.10	Rekapitulasi Hasil Implementasi Kasus A-N54-K7.....	IV-19
Tabel IV.11	Rekapitulasi Hasil Implementasi Kasus B-N57-K7.....	IV-21
Tabel IV.12	Rekapitulasi Hasil Uji ANOVA untuk Semua Kasus.....	IV-25
Tabel IV.13	Rekapitulasi Kombinasi Parameter Terbaik untuk Nilai yang Diuji.....	IV-29
Tabel IV.14	Rekapitulasi Perbandingan Solusi Terbaik.....	IV-29
Tabel IV.15	Rekapitulasi <i>Error</i> Solusi A-N54-K7 dan B-N57-K7.....	IV-30
Tabel IV.16	Rekapitulasi Waktu Penyelesaian CVRP dengan SLC.....	IV-30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A: Data Koordinat dan *Demand* Pelanggan

Lampiran B: Matriks Jarak Pelanggan

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang masalah, identifikasi dan rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat dari penelitian. Selain itu juga, pada bab ini akan dibahas mengenai metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

I.1 Latar Belakang Masalah

Di dalam dunia industri, teknologi yang ada mengalami pertumbuhan yang sangat pesat. Dengan pertumbuhan yang pesat ini bermunculan juga masalah – masalah di dunia industri. Permasalahan yang muncul biasanya terkait dengan masalah dalam pendistribusian dan juga transportasi. Hal ini dikarenakan dengan perkembangan industri yang ada maka tingkat pengiriman atau distribusi juga akan meningkat karena jumlah produksi dan juga permintaan dari pelanggan yang terus meningkat. Tentu bila sistem pendistribusian atau transportasi kurang efektif maka biaya yang keluar akan lebih besar. Biaya ini merupakan biaya yang dikeluarkan untuk bahan bakar dan juga biaya yang hilang bila ada permintaan yang tidak terpenuhi.

Dalam pendistribusian yang menjadi salah satu faktor utama adalah pemenuhan permintaan dari setiap pelanggan yang ada. Hal ini yang menjadi kunci untuk mendapatkan keuntungan dan juga kepercayaan dari pelanggan. Bila sistem logistik yang ada kurang baik maka ada kemungkinan ada permintaan yang gagal untuk terpenuhi maka dari itu hal ini harus dihindari oleh perusahaan.

Selain itu juga perusahaan juga harus meminimasi biaya dalam pengiriman. Penghematan biaya tentunya akan sangat krusial bagi perusahaan agar dapat meningkatkan keuntungan yang diperoleh secara keseluruhan. Salah satu cara meminimasi biaya adalah dengan cara meminimasi jarak tempuh.

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan jenis permasalahan yang digambarkan di atas. VRP pertama kali dicetuskan pada tahun 1959 dan dipelajari secara berkelanjutan oleh ahli – ahli lainnya. VRP memiliki tujuan untuk

menggunakan kendaraan secara efisien yang harus melewati beberapa tempat untuk mengambil atau mengantar produk (Fisher, 1995). *Customer* merupakan tempat untuk mengambil atau mengantar. Setiap *customer* harus ditugaskan kepada satu kendaraan di dalam urutan yang spesifik. Dalam VRP setiap kendaraan bermula dari depot dan akan mengirimkan barang ke pelanggan yang sudah memiliki permintaan tertentu lalu akan kembali ke depot.

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan salah satu masalah yang biasa terjadi atau paling umum terjadi di dalam VRP (Bjarnadottir, 2004). Model dari CVRP memiliki beberapa *parameter*, yaitu jumlah pelanggan, kapasitas dari setiap kendaraan, permintaan pelanggan, dan biaya perjalanan dari setiap pelanggan (Fisher, 1995). Setiap parameter merupakan bilangan bulat tidak negatif. Di dalam *Capacitated Vehicle Routing Problem* permintaan dari setiap pelanggan bersifat deterministik, kendaraan yang digunakan identik, kendaraan memiliki pusat di satu depot, dan juga setiap kendaraan memiliki kapasitas (Toth & Vigo, 2002). Tujuan dari CVRP adalah menempuh jarak minimal dalam memenuhi *demand* dari pelanggan – pelanggan yang ada.

Contoh dari *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) di dalam dunia nyata adalah suatu perusahaan produsen suku cadang yang akan mengirimkan barang ke pelanggan – pelanggannya dengan permintaan tertentu dari setiap pelanggan. Pelanggan yang ada merupakan pelanggan tetap dan tidak berubah di dalam rentang waktu yang dekat. Jarak antar pelanggan memiliki nilai yang berbeda. Perusahaan juga punya kendaraan identik dengan kapasitas tertentu untuk memenuhi permintaan dari pelanggan tetap yang ada. Tujuan dari perusahaan tentunya untuk memenuhi permintaan setiap pelanggan dan juga meminimasi biaya dalam pengiriman barang ke setiap pelanggan. Hal ini dapat dilakukan dengan menempuh jarak minimal dengan tetap memenuhi setiap permintaan yang ada.

Capacitated Vehicle Routing Problem termasuk ke dalam masalah *non-deterministic polynomial-time hard* (NP-hard). Kebanyakan permasalahan optimisasi di dalam dunia nyata merupakan permasalahan NP-hard di mana tidak ada algoritma yang efisien dan membutuhkan waktu yang meningkat secara eksponensial dalam penyelesaiannya (Talbi, 2009). Dan masalah dengan tipe NP-hard memerlukan waktu yang lama untuk mencari solusi yang optimal. Metode yang pernah digunakan untuk memecahkan CVRP adalah dengan

metode analitik dan sejauh ini jumlah pelanggan maksimal yang masih memberikan solusi optimum adalah sebanyak 50 pelanggan (Toth & Vigo, 2002). Karena itulah diperlukannya cara lain untuk menyelesaikan masalah berjenis NP-*hard* ini dan salah satunya adalah dengan menggunakan metode *metaheuristic*.

I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan masalah untuk memenuhi permintaan pelanggan dengan tetap meminimasi jarak tempuh secara keseluruhan juga mempertimbangkan kapasitas dari kendaraan yang dimiliki. Dalam pengiriman ke pelanggan, setiap pelanggan hanya dilayani oleh satu kendaraan. Kapasitas kendaraan yang ada juga identik. Setelah kendaraan mengirimkan barang kepada pelanggan maka kendaraan akan kembali ke depot awal mereka berangkat (Bjarnadottir, 2004).

Untuk menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dapat digunakan beberapa cara, antara lain adalah metode analitik atau eksak dan juga metode pendekatan. Metode pendekatan juga terjadi menjadi dua yaitu *heuristic* dan *metaheuristic*. *Heuristic* berasal dari kata Yunani *heuristic* yang berarti seni untuk menemukan strategi dalam menyelesaikan persoalan sedangkan *meta* berarti metodologi tingkat tinggi atau lanjut (Talbi, 2009). Metode analitik yang digunakan dalam menyelesaikan CVRP adalah *branch and bound* (Cordeau et. al., 2007) . Dengan menggunakan *branch and bound* bertambahnya satu pelanggan maka jumlah *branch* akan bertambah secara eksponensial dan tentunya akan berdampak pada waktu penyelesaian CVRP karena dalam metode *branch and bound* ketika pelanggan dalam permasalahan CVRP bertambah maka cabang yang dibuat juga akan bertambah. Hal ini diakibatkan oleh karena CVRP merupakan masalah yang berjenis NP-*hard*. Permasalahan yang berjenis NP-*hard* memerlukan waktu yang akan bertambah menjadi lama jika jumlah pelanggan semakin banyak atau *problem* yang ada bertambah besar. Bahkan waktu penyelesaian dapat bertambah secara eksponensial. Karena hal ini penggunaan metode eksak kurang efisien untuk menyelesaikan permasalahan ini.

Metode *heuristic* juga dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah CVRP (Cordeau et. al., 2007). Karena merupakan algoritma pendekatan maka mungkin memberikan solusi eksak maupun tidak eksak atau dengan kata lain

algoritma ini memberikan solusi perkiraan (Desale et. al.,2015). Metode *heuristic* dapat mengurangi waktu untuk menyelesaikan permasalahan yang ada karena merupakan metode pendekatan namun solusi belum tentu optimal untuk permasalahan yang diteliti (Kunche & Reddy, 2016). Dalam penyelesaian CVRP penggunaan metode *heuristic* memang lebih cepat dibanding analitik namun hasilnya tidak terlalu baik. Dengan menggunakan metode ini untuk menyelesaikan CVRP maka akan mendapatkan beberapa solusi yang belum tentu optimal namun mendekati yang terbaik dalam waktu yang singkat (Desale et. al.,2015). Dikarenakan metode ini belum tentu mendapatkan yang optimal karena tidak mencari ke seluruh kemungkinan jawaban yang ada maka metode yang lebih baik untuk digunakan adalah metode *metaheuristic*.

Metode *metaheuristic* ini adalah metode *heuristic* yang dikembangkan, pengembangan yang dilakukan adalah dengan cara meningkatkan kandidat solusi yang ada (Desale et. al.,2015). Metode *metaheuristic* menggunakan cara iterasi untuk mengeksplorasi dan mengeksplorasi ruang solusi dengan berbagai strategi. Karena pengembangan inilah *metaheuristic* dapat menemukan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan metode *heuristic*.

Sebelumnya CVRP pernah diselesaikan dengan *metaheuristic* lainnya, antara lain *Genetic Algorithm* (Pereira, Tavares, Machando, & Costa, 2002), *Particle Swarm Algorithm* (Kennedy and Eberhart, 1995), dan *Artificial Bee Colony Algorithm* (Brajevic, 2011). Hasil dari pemecahan CVRP dengan ketiga algoritma di atas cukup baik. CVRP dapat juga diselesaikan dengan algoritma *metaheuristic* yang lainnya untuk mendapatkan solusi dengan cepat dan juga akurat secara hasilnya.

Soccer League Algorithm (SLC) adalah salah satu algoritma *metaheuristic* yang dicetuskan oleh Naser Moosavian dan Babak Kasaei Roodsari dan dipublikasikan pada tahun 2014 (Moosavian & Roodsari, 2014) . Algoritma ini digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi. SLC merupakan algoritma yang terinspirasi dari liga sepak bola dan berdasarkan kompetisi antar tim dan pemain di liga tersebut. Selain kompetisi antar tim ada juga kompetisi antar pemain di tim yang sama. Suatu tim terdiri dari 11 *Fixed Player* (FP) dan juga beberapa *Substitute Player* (S). Setiap tim memiliki *Star Player* (SP) dan pemain ini yang memiliki kekuatan terbesar di tim tersebut. Di dalam suatu liga ada satu *Super Star Player* (SSP) dan inilah pemain paling kuat

di dalam liga. Pemain-pemain menjadi representasi solusi di dalam algoritma ini. Parameter dalam algoritma ini adalah jumlah tim (n_{Team}) dan jumlah cadangan (n_S). Nilai dari parameter ini dapat dirubah dan akan ditetapkan pada awal algoritma dimulai. Algoritma ini akan berjalan dan melakukan iterasi sebanyak jumlah pertandingan yang akan dilakukan antar tim dan juga sebanyak jumlah *season* yang telah ditentukan pada awal algoritma ini.

Soccer League Competition Algorithm (SLC) pernah digunakan untuk menyelesaikan beberapa permasalahan optimisasi dan telah dibandingkan dengan algoritma lainnya. *Soccer League Competition Algorithm* dapat menghasilkan solusi yang cukup baik dan mendekati atau mendapatkan *Best Known Solution* untuk beberapa permasalahan NP-hard. *Soccer League Competition Algorithm* akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan CVRP dan diharapkan mendapatkan solusi yang optimal dan juga cepat.

Pemilihan algoritma ini dikarenakan oleh algoritma SLC pernah digunakan dalam penyelesaian kasus yang bersifat diskrit, yaitu *knapsack* dan juga *Water Distribution Network Problem*. Algoritma yang sebenarnya bersifat kontinu namun dapat diimplementasikan ke dalam persoalan diskrit. Karena CVRP merupakan soal diskrit maka diharapkan juga bahwa algoritma ini dapat memiliki performansi yang baik bila diimplementasikan ke dalam permasalahan CVRP.

Oleh karena itu, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana penerapan *Soccer League Competition Algorithm* untuk menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem*?
2. Bagaimana pengaruh parameter *Soccer League Competition Algorithm* terhadap performansi algoritma *Soccer League Competition Algorithm*?
3. Bagaimana perbandingan performansi *Soccer League Competition Algorithm*, *Artificial Bee Colony* (Brajevic, 2011), *Genetic Algorithm* (Pereira, Tavares, Machado, dan Costa, 2002), dan *Dragonfly Algorithm* (Susanto, 2016) dalam menyelesaikan kasus *benchmark Capacitated Vehicle Routing Problem*?

I.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini dibuat sesuai dengan identifikasi masalah. Pembatasan masalah yang digunakan untuk menyederhanakan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Jenis permasalahan yang digunakan pada penelitian ini hanya terbatas pada *benchmark* yang umum digunakan, yaitu P-N16-K8, P-N19-K2, B-N31-K5, A-N32-K5, A-N54-K7, dan B-N57-K7. (https://github.com/VRP-REP/translator/tree/master/data/original_instance/ATD-LAB/CVRP)
2. Performansi algoritma dilihat dari total jarak yang dihasilkan oleh solusi penyelesaian CVRP.

I.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, berikut dibawah ini adalah tujuan dari penelitian yang dilakukan.

1. Menerapkan *Soccer League Competition Algorithm* dalam menyelesaikan kasus *benchmark Capacitated Vehicle Routing Problem*.
2. Mengetahui pengaruh dari parameter *Soccer League Competition Algorithm* terhadap performansinya.
3. Membandingkan performansi *Soccer League Competition Algorithm*, *Artificial Bee Colony* (Brajevic, 2011), *Genetic Algorithm* (Pereira, Tavares, Machado, dan Costa, 2002), dan *Dragonfly Algorithm* (Susanto, 2016) dalam menyelesaikan kasus *benchmark Capacitated Vehicle Routing Problem*.

I.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan, manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan terhadap metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem*.
2. Meningkatkan wawasan dan pengetahuan pembaca mengenai penerapan *Soccer League Competition Algorithm* untuk menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem*.
3. Menambah referensi yang dapat digunakan untuk penelitian yang terkait dengan *Soccer League Competition Algorithm* dan *Capacitated Vehicle Routing Problem*.

I.6 Metodologi Penelitian

Dalam melakukan penelitian mengenai perancangan serta penerapan *Soccer League Competition Algorithm* terhadap permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem*, diperlukan suatu metodologi penelitian. Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini.

1. Studi Literatur

Langkah pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah mencari serta mengumpulkan informasi mengenai *Soccer League Competition Algorithm* (SLC) dan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dari referensi jurnal – jurnal dan buku – buku yang terkait.

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Setelah studi literatur, langkah selanjutnya adalah dengan melakukan identifikasi dan perumusan masalah. Identifikasi yang dilakukan adalah terkait dengan CVRP itu sendiri. Perumusan masalah dilakukan berdasarkan identifikasi masalah serta *Soccer League Competition Algorithm*.

3. Penentuan Batasan Masalah dan Asumsi

Setelah melakukan identifikasi dan perumusan masalah, ditentukan batasan-batasan masalah serta asumsi yang akan digunakan dalam penelitian yang bertujuan untuk membantu proses penelitian yang akan dilakukan.

4. Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian harus memiliki tujuan dan manfaat. Penentuan tujuan dan manfaat penelitian dilakukan agar penelitian yang dilakukan punya maksud dan tujuan yang jelas serta bermanfaat.

5. Penerapan *Soccer League Competition Algorithm* Terhadap *Capacitated Vehicle Routing Problem*

Penerapan algoritma merupakan tahapan pertama yang harus dilakukan dalam penyelesaian masalah CVRP agar hasil dari penerapan algoritma SLC menggambarkan solusi VRP.

6. Verifikasi dan Validasi *Soccer League Competition Algorithm*

Setelah merancang algoritma pada tahap sebelumnya harus dilakukan verifikasi untuk memastikan setiap komponen program yang dibuat

sesuai dengan permasalahan yang ada, yaitu CVRP. Algoritma yang telah melewati tahap verifikasi akan melewati proses validasi dengan melihat *output* yang dihasilkan oleh algoritma. Tahap validasi ini dilakukan dengan membandingkan *output* yang dihasilkan SLC dengan *output best known solution* untuk masalah/kasus yang sederhana.

7. Perancangan Program Berdasarkan *Soccer League Competition Algorithm*
Setelah dilakukan verifikasi dan validasi *Soccer League Competition Algorithm* yang telah diterapkan, selanjutnya akan dilakukan pembuatan program yang akan membantu penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem*.
8. Verifikasi dan Validasi Program
Program yang telah dibuat pada tahapan sebelumnya, kemudian akan diverifikasi dan divalidasi. Hal ini bertujuan agar program yang telah dibuat dapat sesuai dengan *Soccer League Competition Algorithm* untuk menyelesaikan CVRP.
9. Implementasi *Soccer League Competition Algorithm* pada Kasus *Benchmark*
Setelah dilakukan verifikasi dan validasi dari program, maka akan dilakukan implementasi *Soccer League Competition Algorithm* agar didapatkan solusi untuk CVRP.
10. Melakukan Perbandingan Hasil yang Didapat SLC Dengan Metode Penyelesaian Masalah Lainnya
Pada tahap ini dilakukan perbandingan mengenai *output* yang dihasilkan oleh algoritma SLC pada tahap sebelumnya dengan *output* yang dihasilkan oleh algoritma pembanding serta menghitung kedekatan dengan *Best Known Solution* pada kasus terkait.
11. Evaluasi Pengaruh Parameter Pada *Soccer League Competition Algorithm*
Pada tahap ini, parameter *Soccer League Competition Algorithm* akan dievaluasi. Setiap parameter yang ada di dalam SLC akan dihitung tingkat signifikansinya terhadap penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem*.
12. Analisis

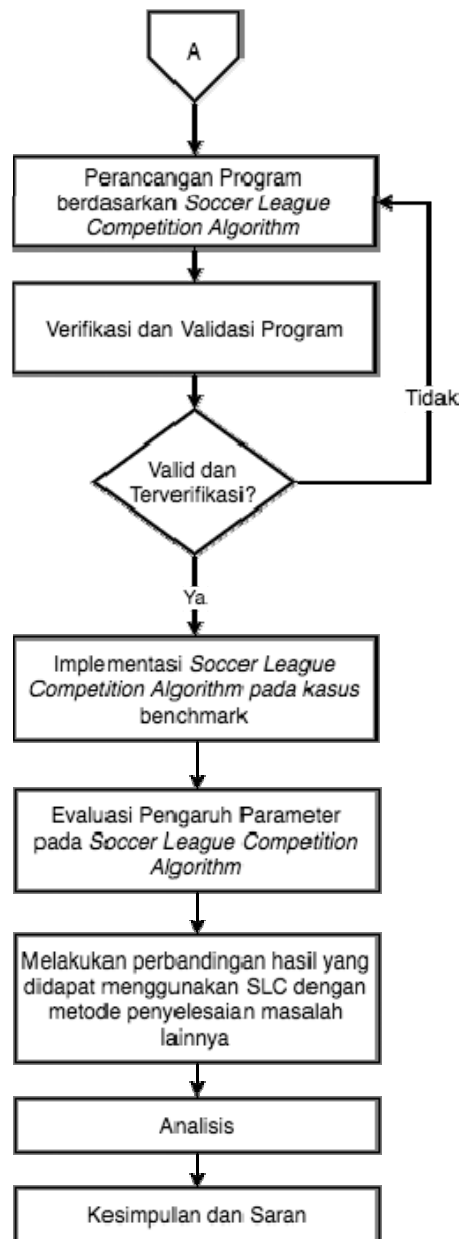
Analisis akan dilakukan terhadap solusi yang dihasilkan oleh algoritma *Soccer League Competition Algorithm* terhadap permasalahan CVRP dan juga hasil *benchmarking* dari metode penyelesaian masalah lainnya. Akan dilakukan analisis juga mengenai parameter yang berpengaruh dalam penyelesaian CVRP.

13. Kesimpulan

Tahapan terakhir adalah menuliskan kesimpulan mengenai perumusan masalah yang telah dilakukan. Kesimpulan akan menjawab perumusan masalah dan menyimpulkan penelitian secara keseluruhan.

Gambar di bawah ini adalah *flowchart* dari metodologi penelitian yang dibuat.

Gambar I.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar I.1 Flowchart Metodologi Penelitian (Lanjutan)

I.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini akan disusun dalam laporan yang sistematis. Berikut merupakan sistematika penulisan dari penelitian yang akan dilakukan:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang permasalahan, identifikasi dan rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori yang berkaitan dengan pengolahan data dan analisis yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan yang diidentifikasi. Teori-teori tersebut terkait dengan permasalahan CVRP, *Soccer League Competition Algorithm*, representasi SR-2, desain eksperimen, dan normalisasi data.

BAB III PENERAPAN ALGORITMA

Bab ini berisi penerapan *Soccer League Competition Algorithm* untuk menyelesaikan soal CVRP. Penerapan dilakukan dengan menggunakan *flowchart*. Setelah algoritma diterapkan kemudian akan diverifikasi dan divalidasi. Setelah proses verifikasi dan validasi telah dilakukan, akan dibuat program sesuai dengan algoritma yang telah diterapkan dalam bab ini.

BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA PADA KASUS *BENCHMARK*

Bab ini berisi implementasi *Soccer League Competition Algorithm* untuk menyelesaikan kasus-kasus *benchmark* CVRP. Implementasi *Soccer League Competition Algorithm* akan dilakukan dengan menggunakan program yang dibuat berdasarkan *flowchart*. Bab ini juga berisi verifikasi dan validasi program yang telah dibuat, hasil pengimplementasian, dan hasil uji parameter yang dimiliki oleh *Soccer League Competition Algorithm*.

BAB V ANALISIS

Bab ini berisi analisis *encoding* dan *decoding* yang digunakan, analisis pertandingan antar tim dalam liga, analisis pengaruh parameter untuk setiap kasus *benchmark*, interaksi dari parameter, dan analisis performansi *Soccer League Competition Algorithm*.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap penerapan *Soccer League Competition Algorithm* untuk menyelesaikan CVRP dan juga saran-saran yang terhadap penelitian berikutnya.