



**PENERAPAN SYMBIOTIC ORGANISMS SEARCH
DALAM PERMASALAHAN CELL FORMATION PADA
GT LAYOUT**

SKRIPSI

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

Disusun oleh:

Nama : Aristophanes Leonardus Andrew

NPM : 2014610095



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

No. Kode	: TI AND p/18	2018
Tanggal	: 4 Januari 2019	
No. Ind.	: 4650-FTI / Skp 36665	
Divisi	:	
Hadiah / Beli	:	
Dari	: FTI	

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Aristophanes Leonardus Andrew
NPM : 2014610095
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : PENERAPAN *SYMBIOTIC ORGANISMS SEARCH* DALAM
PERMASALAHAN *CELL FORMATION* PADA GT LAYOUT

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, Juli 2018

Ketua Program Studi Teknik Industri

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

Pembimbing Tunggal

(Alfian, S.T., M.T.)



Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan



Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Aristophanes Leonardus Andrew

NPM : 2014610095

dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

"PENERAPAN SYMBIOTIC ORGANISMS SEARCH DALAM PERMASALAHAN CELL FORMATION PADA GT LAYOUT"

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, 26 Juli 2018

Aristophanes Leonardus Andrew
2014610095

ABSTRAK

GT *layout* adalah salah satu strategi tata letak fasilitas yang diterapkan untuk mempertahankan fleksibilitas dari *job shop* dan produktivitas yang tinggi seperti *flow shop*. Pada GT *layout* permasalahan utama yang dihadapi adalah permasalahan pembentukan sel atau *cell formation* yang tergolong ke dalam NP-hard problem dimana waktu untuk menyelesaikan permasalahan menggunakan metode eksak akan bertambah secara eksponensial seiring bertambahnya ukuran permasalahan. Metode heuristik yang sudah ada memiliki berbagai kekurangan, salah satunya adalah masih membutuhkan intervensi manusia untuk menentukan pengelompokan mesin dan *part* dari matriks *part-machine* yang sudah dikerjakan. Cara untuk menanggulangi kekurangan – kekurangan tersebut adalah menerapkan metode metaheuristik. Metaheuristik adalah metode tingkat atas yang bisa digunakan sebagai pedoman dalam mendesain metode heuristik untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang spesifik. Penelitian ini akan menerapkan salah satu metode metaheuristik yaitu *Symbiotic Organisms Search*.

Symbiotic Organisms Search (SOS) adalah algoritma metaheuristik yang meniru strategi interaksi simbiosis yang diadopsi oleh organisme untuk bertahan hidup dan berkembang biak dalam ekosistem. Proses simbiosis tersebut dibagi ke dalam tiga bagian yaitu simbiosis mutualisme, komensalisme dan parasitisme. Penelitian ini akan merancang algoritma penyelesaian permasalahan *cell formation* menggunakan algoritma SOS. Algoritma yang dirancang akan diterapkan pada beberapa kasus hipotetik untuk diketahui parameter yang mempengaruhi dan perbandingan performansinya dengan algoritma *Max-Min Ant*, *Grouping Genetic Algorithm* dan *Grey Wolf Optimizer* dalam kasus yang sama.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua parameter algoritma SOS yaitu jumlah iterasi dan jumlah organisme tidak memiliki pengaruh pada kasus yang tergolong sederhana. Pada kasus yang lebih kompleks ada parameter yang memiliki pengaruh langsung dan ada yang berinteraksi. Hasil penelitian juga menunjukkan algoritma penyelesaian permasalahan *cell formation* yang dirancang berdasarkan algoritma *Symbiotic Organisms Search* dengan tujuan maksimasi nilai *grouping efficacy* memiliki performansi yang lebih baik dibanding ketiga algoritma pembanding dalam menyelesaikan semua kasus hipotetik yang diuji.

ABSTRACT

GT layout is one of the facility layout strategies applied to maintain the flexibility of job shop and high productivity of flow shop. In GT layout the main problem faced is the problem of cell formation that belong to NP-hard problem where the time to solve the problem using exact method will increase exponentially as the size of the problem increases. Existing heuristic methods have various shortcomings, one of which is still needing human intervention to determine the grouping of machines and parts of the part-machine matrix that has been modified by the methods. The way to overcome these shortcomings is to apply metaheuristic methods. Metaheuristics is an upper level methodologies that can be used as a guide in designing heuristic methods to solve specific optimization problems. This research will apply one of the metaheuristic method that is Symbiotic Organisms Search.

Symbiotic Organisms Search (SOS) is a metaheuristic algorithm that mimics the symbiotic interaction strategy adopted by organisms to survive and multiply in ecosystems. The symbiotic process is divided into three parts namely symbiotic mutualism, commensalism and parasitism. This research will design an algorithm to solve the cell formation problem using SOS algorithm as the guiding strategy. The designed algorithm will be applied in some hypothetical cases to know the effect of the parameters to the algorithm's performance and the comparison of its performance with Max-Min Ant algorithm, Grouping Genetic Algorithm and Grey Wolf Optimizer in the same case.

The results showed that both SOS algorithm parameters which are the number of iterations and number of organisms have no effect on the case that is simple. In more complex cases there are parameters that have a direct influence and interactions between them. The result of the research also shows the algorithm designed to solve the cell formation problem which is designed based on the algorithm of Symbiotic Organisms Search with the purpose of maximizing the value of grouping efficacy has better performance than the three comparative algorithms in solving all hypothetical cases tested.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan *Symbiotic Organisms Search* Dalam Permasalahan *Cell Formation* Pada *GT Layout*”. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana pada Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Penyusunan skripsi ini tidak luput dari dukungan, semangat, dan bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung selama skripsi disusun sampai selesai. Pada kesempatan ini, saya ingin berterima kasih secara khusus kepada:

1. Bapak Alfian, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing tunggal yang telah membimbing tanpa lelah dengan memberikan ilmu, dorongan, masukan, dan waktu dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Kedua orang tua dan kakak kandung penulis yang selalu memberikan doa serta dukungan secara moral dan materil dalam setiap langkah hidup penulis.
3. Stella Wijaya yang telah setia menemani, mendengarkan dan memberikan semangat dalam setiap tahap penyelesaian skripsi ini.
4. William Wong, Melisa Christina, Geraldly Ananta, dan teman – teman kelas D Teknik Industri angkatan 2014 lainnya yang telah menemani proses perkuliahan penulis.
5. Bapak Hanky Fransiscus, S.T., M.T. dan Bapak Yansen Theopilus S.T., M.T. selaku dosen penguji sidang skripsi yang telah memberikan masukan dan kritik.
6. Hardian Gunardi, Ghiffarani Zahra Putri, William Wong, Samuel Reggie, Wimara Hardani, Rogger Sopakuwa, Henry Winarta, Chandra Kurniarta, Liwen, Valentina Rosalia, dan Fabian Wijaya selaku Ring 1 HMPSTI 2016/2017 yang telah melalui masa kepengurusan bersama. Terima kasih atas semua tawa dan kebersamaan yang telah terjadi.

7. Teman – teman angkatan 2014 Program Studi Teknik Industri yang telah melalui proses perkuliahan bersama dengan penulis dari awal. Terima kasih atas kebersamaan dalam melalui berbagai dinamika di dalam Teknik Industri.
8. Teman – teman seperjuangan skripsi algoritma yang telah mendengarkan, memberikan masukan dan semangat selama masa pembuatan skripsi.
9. Seluruh pihak yang terlibat selama pembuatan skripsi dan proses perkuliahan penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang dapat membangun skripsi ini menjadi lebih baik. Terakhir, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak dan juga penelitian selanjutnya.

Bandung, 26 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
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 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian.....	I-8
I.4 Tujuan Penelitian	I-8
I.5 Manfaat Penelitian	I-8
I.6 Metodologi Penelitian.....	I-9
I.7 Sistematika Penulisan	I-12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Jenis <i>Layout</i> Dalam Sistem Manufaktur	II-1
II.2 <i>Cell Formation</i>	II-4
II.3 Ukuran Performansi Permasalahan <i>Cell Formation</i>	II-6
II.4 <i>Degree of Belonging</i>	II-10
II.5 <i>Symbiotic Organisms Search</i>	II-11
II.6 <i>Design of Experiments</i>	II-14
BAB III PERANCANGAN ALGORITMA	III-1
III.1 Proses <i>Encoding</i> dan <i>Decoding</i> Permasalahan <i>Cell Formation</i>	III-1
III.2 Perancangan Algoritma <i>Symbiotic Organisms Search</i>	III-4
III.2.1 Algoritma Keseluruhan.....	III-4
III.2.2 Algoritma Perhitungan Total Operasi, Jumlah Mesin Setiap	

<i>Part</i> dan Jumlah <i>Part</i> Setiap Mesin (Algoritma A)	III-10
III.2.3 Algoritma Pembentukan Ekosistem (Algoritma B)	III-12
III.2.4 Algoritma Pembentukan Matriks <i>Part</i> (Algoritma H)	III-16
III.2.5 Algoritma Pengecekan Sel dan Pengelompokan Kembali Mesin (Algoritma I).....	III-21
III.2.6 Algoritma Perhitungan <i>Objective Function</i> (Algoritma C).....	III-28
III.2.7 Algoritma Penentuan <i>Best Organism</i> (Algoritma D).....	III-32
III.2.8 Algoritma Mutualisme (Algoritma E)	III-33
III.2.9 Algoritma Komensalisme (Algoritma F)	III-49
III.2.10 Algoritma Parasitisme (Algoritma G)	III-67
III.3 Validasi Algoritma	III-73

BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMAIV-1

IV.1 Verifikasi Program	IV-1
IV.2 Penentuan Parameter Algoritma.....	IV-6
IV.3 Kasus Hipotetik	IV-7
IV.3.1 Data Hipotetik Kasus 1	IV-7
IV.3.2 Data Hipotetik Kasus 2	IV-8
IV.3.3 Data Hipotetik Kasus 3	IV-9
IV.3.4 Data Hipotetik Kasus 4	IV-11
IV.3.5 Data Hipotetik Kasus 5	IV-12
IV.4 Hasil Implementasi Algoritma dan Uji ANOVA	IV-13
IV.4.1 Hasil Implementasi Kasus 1.....	IV-14
IV.4.2 Hasil Implementasi Kasus 2.....	IV-16
IV.4.3 Hasil Implementasi Kasus 3.....	IV-20
IV.4.4 Hasil Implementasi Kasus 4.....	IV-24
IV.4.5 Hasil Implementasi Kasus 5.....	IV-28
IV.5 Perbandingan Performansi Algoritma	IV-30

BAB V ANALISIS..... V-1

V.1 Analisis Algoritma Mutualisme	V-1
V.2 Analisis Algoritma Komensalisme.....	V-5
V.3 Analisis Algoritma Parasitisme	V-8
V.4 Analisis Parameter Algoritma Pada Hasil Implementasi	V-9

V.5 Analisis Perbandingan Algoritma Rancangan Dengan Algoritma Pembanding	V-15
--	------

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	VI-1
VI.1 Kesimpulan	V-1
VI.2 Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel III.1 Rekapitulasi Nilai <i>Degree of Belonging</i> Setiap <i>Part</i> Terhadap Setiap Sel Pada Organisme 2.....	III-80
Tabel III.2 Rekapitulasi Nilai <i>Degree of Belonging</i> Setiap <i>Part</i> Terhadap Setiap Sel Pada Organisme 3.....	III-81
Tabel IV.1 Rekapitulasi Nilai <i>Objective Function</i> Hasil Implementasi Program	IV-5
Tabel IV.2 Rekapitulasi Kombinasi Parameter yang Diuji.....	IV-6
Tabel IV.3 Jumlah Mesin dan <i>Part</i> Kelima Kasus.....	IV-7
Tabel IV.4 Data <i>Part</i> yang Dikerjakan Setiap Mesin Berdasarkan Matriks <i>Part-Machine</i> Pada Kasus 1	IV-8
Tabel IV.5 Data <i>Part</i> yang Dikerjakan Setiap Mesin Berdasarkan Matriks <i>Part-Machine</i> Pada Kasus 2	IV-9
Tabel IV.6 Data <i>Part</i> yang Dikerjakan Setiap Mesin Berdasarkan Matriks <i>Part-Machine</i> Pada Kasus 3	IV-10
Tabel IV.7 Data <i>Part</i> yang Dikerjakan Setiap Mesin Berdasarkan Matriks <i>Part-Machine</i> Pada Kasus 4	IV-11
Tabel IV.8 Data <i>Part</i> yang Dikerjakan Setiap Mesin Berdasarkan Matriks <i>Part-Machine</i> Pada Kasus 5	IV-13
Tabel IV.9 Nilai Efikasi Pada Kasus 1	IV-14
Tabel IV.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian ANOVA Pada Pengaruh Parameter Terhadap Nilai Efikasi Pada Kasus 1	IV-14
Tabel IV.11 Waktu Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 1 (dalam detik) ..	IV-15
Tabel IV.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian ANOVA Pada Pengaruh Parameter Terhadap Waktu Algoritma Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 1	IV-15
Tabel IV.13 Nilai Efikasi Pada Kasus 2	IV-16
Tabel IV.14 Rekapitulasi Hasil Pengujian ANOVA Pada Pengaruh Parameter Terhadap Nilai Efikasi Pada Kasus 2	IV-16
Tabel IV.15 Waktu Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 2 (dalam detik) ..	IV-18
Tabel IV.16 Rekapitulasi Hasil Pengujian ANOVA Pada Pengaruh Parameter Terhadap Waktu Algoritma Menemukan Solusi	

Terbaik Pada Kasus 2	IV-18
Tabel IV.17 Nilai Efikasi Pada Kasus 3	IV-20
Tabel IV.18 Rekapitulasi Hasil Pengujian ANOVA Pada Pengaruh Parameter Terhadap Nilai Efikasi Pada Kasus 3	IV-21
Tabel IV.19 Waktu Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 3 (dalam detik) ..	IV-22
Tabel IV.20 Rekapitulasi Hasil Pengujian ANOVA Pada Pengaruh Parameter Terhadap Waktu Algoritma Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 3	IV-23
Tabel IV.21 Nilai Efikasi Pada Kasus 4	IV-24
Tabel IV.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian ANOVA Pada Pengaruh Parameter Terhadap Nilai Efikasi Pada Kasus 4	IV-25
Tabel IV.23 Waktu Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 4 (dalam detik) ..	IV-26
Tabel IV.24 Rekapitulasi Hasil Pengujian ANOVA Pada Pengaruh Parameter Terhadap Waktu Algoritma Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 4	IV-26
Tabel IV.25 Nilai Efikasi Pada Kasus 5	IV-28
Tabel IV.26 Waktu Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 5 (dalam detik) ..	IV-28
Tabel IV.27 Rekapitulasi Hasil Pengujian ANOVA Pada Pengaruh Parameter Terhadap Waktu Algoritma Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 5	IV-29
Tabel IV.28 Rekapitulasi Rataan Nilai Efikasi Keempat Algoritma Pada Lima Kasus Hipotetik	IV-31

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Metodologi Penelitian Penerapan <i>Symbiotic Organisms Search</i> Dalam Permasalahan <i>Cell Formation</i> Pada GT Layout.....	I-11
Gambar II.1 <i>Fixed Position Layout</i>	II-1
Gambar II.2 <i>Product Layout</i>	II-2
Gambar II.3 <i>Process Layout</i>	II-3
Gambar II.4 <i>GT Layout</i>	II-4
Gambar II.5 Contoh Matriks <i>Part-Machine</i>	II-4
Gambar II.6 Contoh Hasil Pembuatan Sel	II-5
Gambar III.1 Hasil Pembentukan Sel.....	III-1
Gambar III.2 Contoh <i>Encoding</i> Solusi Permasalahan <i>Cell Formation</i>	III-2
Gambar III.3 Contoh <i>Encoding</i> Solusi Permasalahan <i>Cell Formation</i> Beda Indeks	III-3
Gambar III.4 Contoh <i>Encoding</i> Salah Indeks	III-3
Gambar III.5 Contoh <i>Encoding</i> Salah Matriks Mesin.....	III-3
Gambar III.6 Contoh Hasil Proses <i>Decoding</i>	III-4
Gambar III.7 <i>Flowchart</i> Algoritma Keseluruhan.....	III-7
Gambar III.8 <i>Flowchart</i> Algoritma Perhitungan Total Operasi, Jumlah Mesin Setiap <i>Part</i> dan Jumlah <i>Part</i> Setiap Mesin (Algoritma A).....	III-11
Gambar III.9 <i>Flowchart</i> Algoritma Pembentukan Ekosistem (Algoritma B)	III-14
Gambar III.10 <i>Flowchart</i> Algoritma Pembentukan <i>Part</i> (Algoritma H).....	III-18
Gambar III.11 <i>Flowchart</i> Algoritma Pengecekan Sel dan Pengelompokan Kembali Mesin (Algoritma I)	III-23
Gambar III.12 <i>Flowchart</i> Algoritma Perhitungan <i>Objective Function</i> (Algoritma C).....	III-30
Gambar III.13 <i>Flowchart</i> Algoritma Penentuan <i>Best Organism</i> (Algoritma D)	III-33
Gambar III.14 <i>Flowchart</i> Algoritma Mutualisme (Algoritma E)	III-39
Gambar III.15 <i>Flowchart</i> Algoritma Komensalisme (Algoritma F)	III-54
Gambar III.16 <i>Flowchart</i> Algoritma Parasitisme (Algoritma G)	III-68
Gambar III.17 Kasus Sederhana.....	III-73
Gambar III.18 Ilustrasi Variabel partmachine	III-74

Gambar III.19	Matriks Mesin Terisi Kolom Pertama	III-75
Gambar III.20	Matriks Mesin Terisi Kolom Kedua	III-75
Gambar III.21	Matriks Mesin Terisi Kolom Ketiga	III-76
Gambar III.22	Matriks Mesin Terisi Kolom Keempat	III-76
Gambar III.23	Matriks Mesin Hasil Penukaran Kolom Pertama dan Ketiga	III-76
Gambar III.24	Matriks Mesin Hasil Penukaran Kolom Kedua dan Keempat	III-76
Gambar III.25	Matriks Mesin Hasil Penukaran Kolom Ketiga dan Keempat	III-77
Gambar III.26	Matriks Mesin Hasil Penukaran Kolom Keempat dan Pertama	III-77
Gambar III.27	Matriks <i>Part</i> Terisi Kolom Pertama	III-79
Gambar III.28	Matriks <i>Part</i> Terisi Kolom Kedua	III-79
Gambar III.29	Matriks <i>Part</i> Terisi Kolom Ketiga	III-79
Gambar III.29	Matriks <i>Part</i> Terisi Kolom Ketiga	III-79
Gambar III.30	Matriks Mesin Organisme 1 (atas) dan Matriks <i>Part</i> Organisme 1 (bawah).....	III-79
Gambar III.31	Matriks Mesin Terisi Sejumlah jsel(2)	III-80
Gambar III.32	Matriks Mesin Organisme 2 Sebelum Diacak	III-80
Gambar III.33	Matriks Mesin Organisme 2 Setelah Diacak	III-80
Gambar III.34	Matriks <i>Part</i> Organisme 2.....	III-81
Gambar III.35	Matriks Mesin Organisme 2 (atas) dan Matriks <i>Part</i> Organisme 2 (bawah).....	III-81
Gambar III.36	Matriks Mesin Organisme 3 Sebelum Diacak	III-81
Gambar III.37	Matriks Mesin Organisme 3 Setelah Diacak	III-81
Gambar III.38	Matriks <i>Part</i> Organisme 3.....	III-82
Gambar III.39	Matriks Mesin Organisme 3 (atas) dan Matriks <i>Part</i> Organisme 3 (bawah).....	III-85
Gambar III.40	Matriks Mesin Organisme 2 (atas) dan Matriks <i>Part</i> Organisme 2 (bawah).....	III-89
Gambar III.41	Matriks Mesin Organisme 3 (atas) dan Matriks <i>Part</i> Organisme 3 (bawah).....	III-89
Gambar III.42	Matriks Mesin (atas) dan Matriks <i>Part</i> (bawah) Organisme 1 Hasil Tahap Mutualisme.....	III-97
Gambar III.43	Matriks Mesin (atas) dan Matriks <i>Part</i> (bawah) Organisme 2 Hasil Tahap Mutualisme.....	III-98
Gambar III.44	Matriks Mesin (atas) dan Matriks <i>Part</i> (bawah) Organisme 1	

Hasil Tahap Komensalisme.....	III-102
Gambar III.45Matriks Mesin (atas) dan Matriks <i>Part</i> (bawah) Organisme 1	
Hasil Tahap Parasitisme (<i>parasite vector</i>).....	III-104
Gambar III.46Matriks Mesin (atas) dan Matriks <i>Part</i> (bawah) Organisme 2	
Hasil Tahap Parasitisme (<i>parasite vector</i>).....	III-105
Gambar III.47Matriks Mesin (atas) dan Matriks <i>Part</i> (bawah) Organisme 3	
Hasil Tahap Parasitisme (<i>parasite vector</i>).....	III-106
Gambar III.48Hasil Pembentukan Sel Menggunakan Algoritma SOS (atas)	
dan Hasil <i>Decoding</i> (bawah)	III-106
Gambar IV.1Pengaruh Interaksi Antar Parameter Pada Nilai Efikasi Pada	
Kasus 2.....	IV-17
Gambar IV.2 <i>Main Effect Plot</i> Parameter iterasimax Terhadap Waktu	
Algoritma Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 2.....	IV-19
Gambar IV.3 <i>Main Effect Plot</i> Parameter populasiawal Terhadap Waktu Algoritma	
Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 2.....	IV-20
Gambar IV.4 <i>Main Effect Plot</i> Parameter iterasimax Terhadap Nilai Efikasi	
Pada Kasus 3	IV-21
Gambar IV.5 <i>Main Effect Plot</i> Parameter populasiawal Terhadap Nilai	
Efikasi Pada Kasus 3	IV-22
Gambar IV.6Pengaruh Interaksi Antar Parameter Terhadap Waktu	
Algoritma Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 3.....	IV-23
Gambar IV.7Pengaruh Interaksi Antar Parameter Terhadap Nilai Efikasi	
Pada Kasus 4	IV-25
Gambar IV.8 Pengaruh Interaksi Antar Parameter Pada Waktu Algoritma	
Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 4.....	IV-27
Gambar IV.9 <i>Main Effect Plot</i> Parameter populasiawal Terhadap Waktu	
Algoritma Menemukan Solusi Terbaik Pada Kasus 5.....	IV-30
Gambar V.1 Contoh Matriks Seli.....	V-2
Gambar V.2 Contoh Matriks Opsi untuk Mesin 1 Organisme i.....	V-4
Gambar V.3 Matriks Organisme k2 (atas), Organisme Terbaik (tengah) dan	
Organisme i (bawah).....	V-6
Gambar V.4 Matriks opsi (atas) dan bukanopsi (bawah) Untuk Mesin 2 Pada	
Organisme i Pada Tahap Komensalisme	V-7

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A MATRIKS PART-MACHINE

LAMPIRAN B HASIL UJI ANOVA

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai dasar dari penelitian yang dilakukan. Pembahasan meliputi latar belakang masalah, identifikasi dan rumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

I.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan zaman membuat persaingan dalam berbagai sektor semakin ketat, termasuk dalam sektor manufaktur. Harga dan kualitas tidak lagi menjadi satu-satunya faktor penentu terjualnya suatu produk. Berbagai faktor lain, salah satunya adalah variasi produk menjadi faktor yang penting bagi pembeli dalam membeli suatu produk. Hal ini terjadi karena kebutuhan setiap orang semakin beragam. Maka dari itu, produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan perlu memiliki berbagai variasi agar sesuai dengan kebutuhan seseorang secara spesifik. Dalam konteks manufaktur, berbagai variasi produk ini memerlukan berbagai proses produksi yang berbeda. Setiap proses produksi tersebut memerlukan mesin dan urutan produksi yang berbeda. Hal ini membuat perusahaan manufaktur harus memiliki strategi manufaktur yang sesuai dengan kondisi tersebut. Salah satu strategi penting yang bisa diterapkan adalah mengatur tata letak fasilitas produksi.

Menurut Singh dan Rajamani 1996, tata letak fasilitas produksi mempengaruhi berbagai aspek seperti *material handling*, *throughput time*, *setup time*, *batch size*, *work-in-progress*, *delivery time*, *machine utilization*, *investment*, *labor*, *quality*, *space*, *part design*, hingga ke area fungsional seperti *part design*, *production control*, *process planning*, *maintenance*, *accounting*, dan *purchasing*. Maka dari itu, tata letak fasilitas menjadi strategi penting yang perlu diperhatikan setiap pabrik manufaktur. Suatu strategi tata letak fasilitas yang sesuai dengan kondisi pasar tersebut adalah *GT layout*.

Dalam konteks manufaktur, *Group Technology* (GT) bisa didefinisikan sebagai filosofi manufaktur yang mengidentifikasi *part* yang mirip dan

mengelompokkannya untuk mendapat keuntungan dari kemiripan dalam segi manufaktur dan desain *part* tersebut (Selim, Askin, dan Vakharia, 1998). *GT layout* adalah penyusunan *layout* pabrik menggunakan konsep GT yaitu dengan mengelompokkan *part* yang memiliki kemiripan dari segi proses permesinan menjadi suatu *part family* kemudian meletakkan mesin-mesin yang dibutuhkan untuk mengerjakan *part family* tersebut secara berdekatan (satu sel). Tujuan dari pengelompokkan *part* dan mesin tersebut adalah untuk memaksimalkan interaksi antar *part* dan mesin dalam satu *cell* dan meminimasi atau menghilangkan interaksi antar *part* dan mesin pada *cell* yang berbeda. Pengelompokkan *part* tersebut membuat *GT layout* memiliki fleksibilitas seperti *job shop* dan produktivitas seperti *flow shop* (Singh dan Rajamani, 1996). Hal ini sesuai dengan kondisi pasar yang menginginkan berbagai macam variasi produk namun tetap dengan harga yang rendah. *GT layout* bisa memproduksi berbagai variasi produk seperti *job shop* dengan tetap mempertahankan produktivitas seperti *flow shop* sehingga biaya produksi bisa tetap rendah. *GT layout* juga disebut *Cellular Manufacturing (CM)* karena melakukan penetapan *part* dan mesin ke dalam suatu *cell*.

Dalam *Cellular Manufacturing*, permasalahan fundamental yang terjadi adalah pembentukan *cell* atau *cell formation* yang berisi *part family* dan mesin yang dibutuhkan untuk memproduksi *part family* tersebut. *Cell formation problem* adalah *combinatorial optimization problem* dan tergolong ke dalam kelas NP-hard (Singh dan Rajamani, 1996). Talbi (2009) menyatakan jika suatu permasalahan tergolong ke dalam *non-deterministic polynomial time hard (NP-hard)* maka waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan solusi optimal mengikuti fungsi eksponensial dari ukuran permasalahannya. Hal ini menunjukkan semakin besar ukuran permasalahannya maka waktu untuk menemukan solusi optimal akan bertambah secara signifikan hingga mencapai suatu waktu yang tidak dapat lagi diterima. Maka dari itu, untuk permasalahan yang tergolong NP-hard diperlukan suatu metode yang dapat mencari kandidat solusi dengan baik dalam waktu yang dapat diterima. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode metaheuristik. Menurut Talbi (2009) metode metaheuristik berbeda dengan algoritma optimasi eksak yang menjamin solusi optimal dari suatu permasalahan karena metode metaheuristik menghasilkan solusi yang cukup baik (belum tentu optimal) dalam waktu yang dapat diterima.

I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Pada proses pembentukan sel atau *cell formation*, permasalahan yang muncul adalah mengidentifikasi *part families* dan *machine groups* dengan cara mengatur ulang matriks *part machine* menjadi blok – blok yang berbentuk diagonal dengan jumlah *part* yang perlu menggunakan mesin di sel lain sesedikit mungkin. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan berbagai metode seperti yang dipaparkan Singh dan Rajamani (1996) yaitu *part-machine analysis*, *similarity coefficient based clustering*, dan *mathematical programming and graph*. Namun menurut Singh dan Rajamani (1996), metode-metode tersebut memiliki kekurangan, seperti pada metode *part-machine analysis* membutuhkan intervensi secara manual dari manusia untuk mengidentifikasi *part families* atau *machine groups*. Hal ini akan menjadi masalah jika ukuran permasalahan (matriks *part-machine*) tergolong besar dan tidak dapat dikelompokkan dengan jelas. Pada metode *similarity coefficient based clustering* dapat terjadi *machine chaining problem* dan dibutuhkan kapasitas penyimpanan data serta proses komputasi yang besar untuk mengidentifikasi kemiripan. Sama seperti *part-machine analysis*, metode ini juga membutuhkan intervensi manusia yaitu untuk menentukan jumlah sel yang akan terbentuk. Pada metode *mathematical programming and graph*, karena sifat permasalahan *cell formation* yang tergolong NP-hard maka metode tersebut akan membutuhkan waktu pengerjaan yang bertambah secara eksponensial seiring bertambahnya ukuran permasalahan. Secara keseluruhan metode-metode tersebut bersifat iteratif dan bergantung pada solusi awal, kemudahan *input (part-machine matrix)* untuk dikelompokkan dan jumlah *cell* yang ditentukan sehingga solusi yang dihasilkan belum tentu optimal (Singh dan Rajamani, 1996).

Berdasarkan penjelasan di atas, diperlukan metode lain untuk bisa mendapatkan solusi yang mendekati *global optimal* dari permasalahan dengan ukuran yang besar, metode yang tidak bergantung pada *initial solution*, tidak membutuhkan intervensi manusia dalam penentuan solusi dan tetap dalam waktu komputasi yang bisa diterima (*feasible* atau *reasonable time*). Metode yang dapat digunakan adalah algoritma yang bersifat *random search* seperti *simulated annealing*, *genetic algorithms* dan *neural networks* karena algoritma ini memberikan solusi yang tidak bergantung pada *initial solution* dan memiliki

objective value yang mendekati nilai *global optimum* (Singh dan Rajamani, 1996). Algoritma-algoritma tersebut tergolong ke dalam algoritma metaheuristik.

Dalam Talbi (2009) disebutkan bahwa kata *metaheuristic* berasal dari bahasa Yunani yaitu *heuriskein* dan *meta*. *Heuriskein* berarti seni untuk menemukan strategi baru untuk menyelesaikan suatu permasalahan. Akhiran *meta* berarti suatu metode tingkat atas. Metaheuristik bisa didefinisikan sebagai metode tingkat atas yang bisa digunakan sebagai pedoman dalam mendesain metode heuristik untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang spesifik (Talbi, 2009). Algoritma metaheuristik menghasilkan solusi yang dapat diterima (belum tentu optimal) dalam waktu yang dapat diterima (*reasonable time*) dari permasalahan yang kompleks. Menurut Talbi, ada berbagai klasifikasi algoritma metaheuristik yang dapat dibuat berdasarkan berbagai sudut pandang seperti *nature-inspired vs. non-nature inspired*, *population-based vs. single point search*, *dynamic vs. static objective function* dan lainnya. Klasifikasi yang paling umum digunakan adalah *population-based vs. single point search*. Secara umum, algoritma *single point search* mencari solusi secara bertahap diawali dengan satu solusi pertama dan terus dikembangkan, dibandingkan dan diganti. Pada algoritma *population-based search* proses pencarian solusi dimulai dengan berbagai solusi awal (populasi) yang kemudian dikembangkan, dibandingkan dan diganti. Seiring dengan perkembangan penelitian di bidang metaheuristik makin banyak dibuat algoritma *hybrid* yaitu gabungan dari *single point* dan *population-based search*.

Pada permasalahan *cell formation*, penyelesaian permasalahan ini pernah dilakukan dengan menggunakan metode metaheuristik antara lain *Grey Wolf Optimizer* (Gunawan, 2016), *Max-Min Ant* (Setiawan, 2010), *Viral System* (Konstantius, 2011), *Grouping Genetic Algorithm* (Yulius, 2010), *Intelligent Water Drops* (Linardi, 2011), *Firefly* (Sayadi, M. K., Naini, S. G. J., Hafezalkotob A., 2012), *Artificial Bee Colony* (Dentari, 2012), *Particle Swarm Optimization* (Putra, 2007), dan *Water Flow-like* (Wu T. H., Chung, S. H., Chang C. C., 2010).

Penelitian terbaru pada permasalahan *cell formation* adalah penelitian menggunakan *Grey Wolf Optimizer* (Gunawan, 2016). Pada literatur yang didapatkan diketahui bahwa algoritma GWO (Gunawan, 2016) memiliki performa yang lebih baik dibanding algoritma *Intelligent Water Drops* (Linardi, 2011) dan algoritma *Firefly* (Sayadi, et. al, 2012) namun lebih buruk dibanding algoritma

Max-Min Ant (Setiawan, 2010) dan algoritma *Grouping Genetic Algorithm* (Yulius, 2010) dengan ukuran performansi nilai efikasi dari pengelompokan yang terbentuk. Menurut Gunawan (2016) hal ini dikarenakan proses pembentukan posisi dan proses perpindahan agen serigala yang merepresentasikan proses pembuatan kandidat solusi baru dilakukan secara acak sehingga menyebabkan kandidat solusi baru yang dihasilkan bisa lebih buruk dibanding sebelumnya. Hal ini terjadi karena proses memasukkan mesin ke dalam *cell* hanya menggunakan bilangan acak dan tidak mempertimbangkan matriks *part-machine*. Selain itu, menurut Gunawan (2016) proses perpindahan yang terjadi pada algoritma GWO yang hanya berpatokan pada jumlah *cell* yang didapat secara acak juga mengakibatkan hubungan antara mesin, *part* dan *cell* yang telah terbentuk kurang dapat dibawa ke iterasi selanjutnya. Selain kedua hal tersebut, metode GWO juga cukup kompleks karena membutuhkan banyak parameter sehingga ada kemungkinan performa dari algoritma GWO yang dibuat terganggu akibat penentuan parameter yang tidak benar.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, berbagai algoritma metaheuristik telah diterapkan pada permasalahan *cell formation*. Namun karena sifat atau klasifikasi dari permasalahan *cell formation* yang tergolong NP-hard dan sifat dari algoritma metaheuristik itu sendiri yang tidak menjamin solusi yang optimal maka penelitian untuk membuat metode atau algoritma yang lebih baik (optimasi) untuk mencari solusi dari permasalahan *cell formation* masih terus dikembangkan. Maka dari itu, untuk permasalahan yang tergolong ke dalam kelas NP-hard masih terus dikembangkan metode untuk menyelesaikan permasalahan tersebut secara lebih baik dari berbagai jenis nilai performansi seperti nilai *objective function* dari permasalahan dan waktu pengerjaan. Berbagai algoritma metaheuristik terus dibuat atau dikembangkan. Algoritma metaheuristik yang dianggap memiliki kemampuan lebih baik dibanding algoritma yang telah diterapkan pada permasalahan yang tergolong ke dalam kelas NP-hard terus coba diterapkan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Salah satu algoritma metaheuristik yang tergolong baru pada saat penelitian ini dilakukan adalah algoritma *Symbiotic Organisms Search* (SOS) yang dibuat oleh Min-Yuang Cheng dan Doddy Prayogo (2014).

Symbiotic Organisms Search (SOS) adalah algoritma metaheuristik yang meniru strategi interaksi simbiosis yang diadopsi oleh organisme untuk

bertahan hidup dan berkembang biak dalam ekosistem (Cheng dan Prayogo, 2014). Seperti proses interaksi yang terjadi di alam, algoritma SOS juga dibagi ke dalam tiga tahap yaitu tahap mutualisme, komensalisme dan parasitisme. Pada setiap tahap algoritma akan bekerja sesuai dengan karakteristik tahap tersebut. Algoritma ini dimulai dengan populasi awal (*initial population*) yang disebut ekosistem, didalamnya terdapat berbagai individu yang dibuat secara acak. Setiap individu tersebut merepresentasikan kandidat solusi untuk permasalahan terkait. Maka dari itu algoritma SOS tergolong ke dalam kategori *population based search*. Selain itu, pada Cheng dan Prayogo (2014) disebutkan bahwa algoritma SOS telah diuji pada 26 *benchmark functions* algoritma metaheuristik oleh Cheng dan Lien (2012) dalam Cheng dan Prayogo (2014) dan empat permasalahan desain struktur bangunan. Hasil dari pengujian tersebut dibandingkan dengan algoritma lain yaitu *Genetic Algorithm (GA)*, *Differential Evolution (DE)*, *Particle Swarm Optimization (PSO)*, *Bees Algorithm (BA)*, *Mine Blast Algorithm (MBA)*, dan *Cuckoo Search (CS)* dan menunjukkan performa SOS yang sangat baik dalam menyelesaikan berbagai permasalahan numerik yang kompleks. Dalam literatur tersebut juga disebutkan bahwa algoritma SOS hanya membutuhkan dua parameter yaitu jumlah evaluasi maksimal dan ukuran populasi, lebih sedikit dibanding algoritma lain seperti GA, DE, PSO, MBA dan CS yang membutuhkan paling sedikit satu parameter tambahan yang spesifik terhadap permasalahan. Hal ini menunjukkan algoritma SOS tidak hanya memiliki performa yang lebih baik dibanding algoritma pesaing namun juga lebih sederhana sehingga dapat menghindari resiko performa yang terganggu akibat penyetelan parameter yang tidak benar.

Terkait permasalahan *cell formation*, SOS bisa diterapkan pada permasalahan tersebut dan berpotensi menjadi alternatif metode penyelesaian yang lebih sederhana dan lebih baik dibandingkan dengan *Grey Wolf Optimizer*, *Max-Min Ant(MMAS)* dan *Grouping GeneticAlgorithm (GGA)* dikarenakan beberapa hal. Pertama, SOS tergolong ke dalam kelas *swarm intelligence* (Wu, H., Zhou, Y., Luo, Q., Basset, M. A., 2016) sama seperti GWO dan MMAS sehingga mengindikasikan bahwa algoritma SOS bisa diterapkan pada permasalahan *cell formation*. Kedua, terkait penyebab performansi algoritma GWO yang lebih buruk dibanding algoritma pembanding, proses pencarian kandidat solusi baru pada algoritma SOS mempertimbangkan solusi yang sudah

ditemukan. Hal ini terlihat pada tahap mutualisme dan komensalisme dimana nilai X_i dan X_j tetap dipertimbangkan pada perhitungan nilai $X_{i_{new}}$ dan $X_{j_{new}}$. Ketiga, algoritma SOS hanya memiliki dua parameter umum yaitu jumlah iterasi dan jumlah organisme dan tidak memiliki parameter khusus seperti kebanyakan algoritma metaheuristik lainnya. Hal ini membuat kemungkinan terganggunya performa algoritma akibat penyetelan parameter yang tidak tepat menjadi hampir tidak mungkin terjadi. Keempat, dalam hal pencarian solusi algoritma SOS terbukti memiliki performa yang lebih baik dibanding beberapa algoritma lain. Hal ini dibuktikan dalam 26 *benchmark functions* algoritma metaheuristik oleh Cheng dan Lien (2012) dalam Cheng dan Prayogo (2014) dimana algoritma SOS berhasil menemukan nilai *global optimum* untuk 22 dari 26 permasalahan matematika tersebut, lebih banyak dari semua algoritma pembanding. Salah satu algoritma pembanding adalah algoritma *Genetic Algorithm* yang merupakan dasar dari algoritma *Grouping Genetic Algorithm*. Hal ini mengindikasikan bahwa algoritma SOS bisa memiliki performa yang lebih baik dibanding algoritma *Grouping Genetic Algorithm* dalam menyelesaikan permasalahan *cell formation*.

Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian ini ingin mengetahui bagaimana penerapan algoritma SOS dalam permasalahan pembentukan *cell formation* yang nantinya akan dibandingkan performanya dengan algoritma *Grey Wolf Optimizer* (Gunawan, 2016), *Max-Min Ant* (Setiawan, 2010) dan *Grouping Genetic Algorithm* (Yulius, 2010). Selain itu, walaupun algoritma SOS hanya memiliki parameter umum namun pada penelitian ini tetap ingin diketahui pengaruh kedua parameter tersebut terhadap performa algoritma pada setiap kasus yang dikerjakan.

Berdasarkan identifikasi di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan algoritma *Symbiotic Organisms Search* untuk menyelesaikan permasalahan *cell formation* pada *GT layout*?
2. Bagaimana pengaruh parameter terhadap performansi algoritma *Symbiotic Organisms Search* dalam menyelesaikan berbagai kasus permasalahan *cell formation* pada *GT layout*?
3. Bagaimana performansi algoritma *Symbiotic Organisms Search* dibanding algoritma *Grey Wolf Optimizer* (Gunawan, 2016), *Grouping Genetic Algorithm* (Yulius, 2010) dan *Max-Min Ant* (Setiawan, 2010)?

I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian

Pembatasan masalah pada penelitian penerapan algoritma *Symbiotic Organisms Search* pada pembentukan *cell formation* berguna agar penelitian lebih terfokus. Batasan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pembentukan sel hanya mempertimbangkan dua faktor yaitu mesin dan *part*.
2. Tata letak mesin dalam sel tidak diperhatikan.
3. Urutan pengerjaan *part* dalam sel tidak diperhatikan.
4. Tidak ada jumlah mesin dan *part* maksimal dalam suatu sel.
5. Data yang digunakan bersifat hipotetik, deterministik dan konstan.

Selain menentukan batasan masalah, asumsi penelitian yang ditentukan sebagai berikut:

1. Mesin memiliki kapasitas untuk memproses semua *part* yang menggunakannya.

I.4 Tujuan Penelitian

Penelitian penerapan algoritma *Symbiotic Organisms Search* dalam permasalahan *cell formation* pada GT *layout* memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Menerapkan algoritma *Symbiotic Organisms Search* pada permasalahan *cell formation* pada GT *layout*.
2. Mengetahui pengaruh parameter algoritma *Symbiotic Organisms Search* untuk menyelesaikan permasalahan *cell formation* pada GT *layout*.
3. Mengetahui perbandingan performansi antara algoritma *Symbiotic Organisms Search* dengan algoritma *Grey Wolf Optimizer* (Gunawan, 2016), *Grouping Genetic Algorithm* (Yulius, 2010) dan *Max-Min Ant* (Setiawan, 2010).

I.5 Manfaat Penelitian

Penelitian penerapan algoritma *Symbiotic Organisms Search* dalam permasalahan *cell formation* pada GT *layout* memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Menerapkan algoritma *Symbiotic Organisms Search* untuk menyelesaikan permasalahan yang ada dalam perancangan tata letak fasilitas khususnya *GT layout*.
2. Menambah penerapan algoritma *Symbiotic Organisms Search* dalam menyelesaikan permasalahan yang tergolong NP-hard.
3. Meningkatkan wawasan pembaca tentang algoritma *Symbiotic Organisms Search* khususnya dalam permasalahan *cell formation* pada *GT layout*.

I.6 Metodologi Penelitian

Penelitian penerapan algoritma *Symbiotic Organisms Search* dalam permasalahan *cell formation* pada *GT layout* akan mengikuti langkah-langkah berikut:

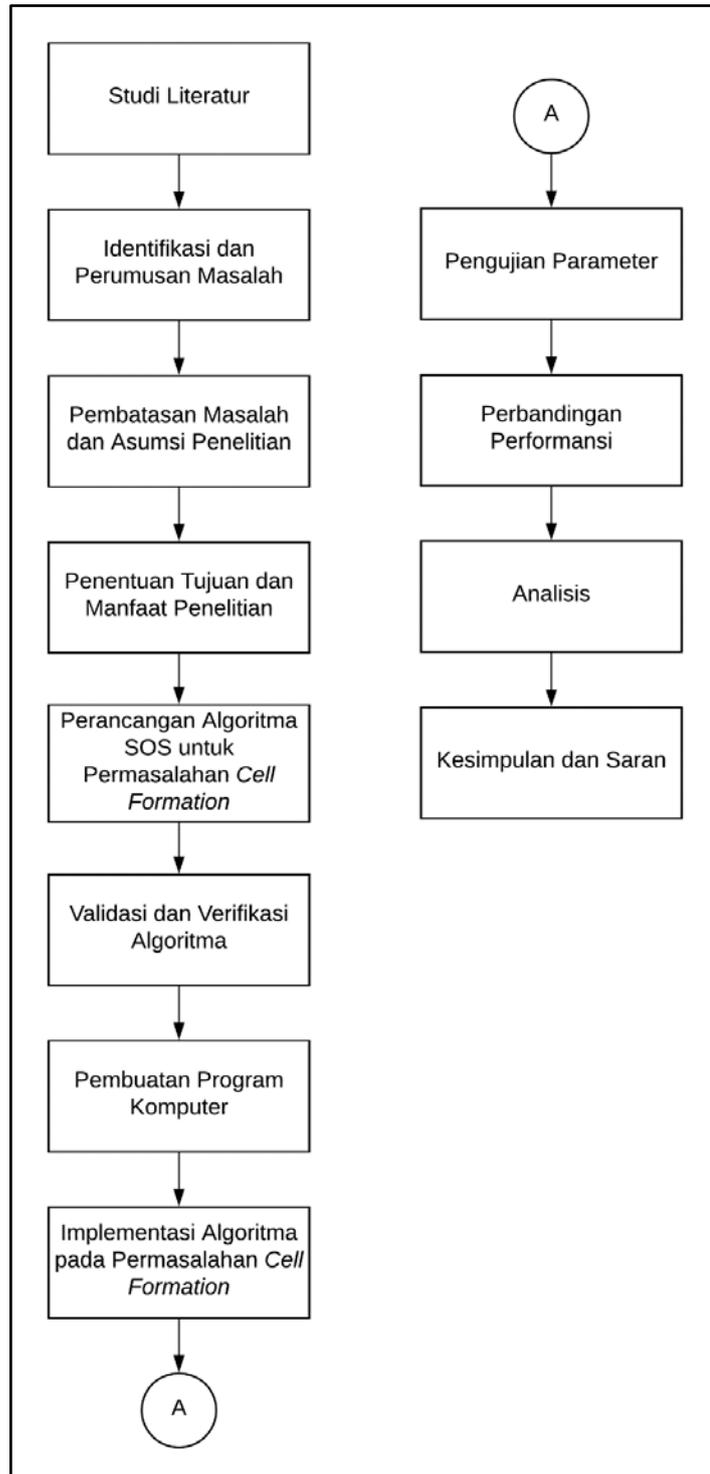
1. Studi literatur
Studi literatur dilakukan terhadap permasalahan *cell formation* pada *GT layout* dan algoritma *Symbiotic Organisms Search*. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan pemahaman terhadap literatur yang terkait dengan topik penelitian. Literatur akan menjadi dasar penelitian yang akan dilakukan.
2. Identifikasi dan perumusan masalah
Pada tahap ini akan diidentifikasi permasalahan yang akan diteliti. Setelah teridentifikasi, masalah akan dirumuskan ke dalam beberapa poin agar menjadi lebih jelas.
3. Pembatasan masalah dan asumsi penelitian
Pada tahap ini ditentukan batasan masalah yang akan diteliti. Tujuan pembatasan masalah adalah agar ruang lingkup penelitian tidak terlalu luas. Selain itu dibuat juga asumsi penelitian untuk menyederhanakan penelitian.
4. Penentuan tujuan dan manfaat penelitian
Pada tahap ini dirumuskan tujuan dan manfaat dari penelitian. Tujuan dan manfaat penelitian berguna agar penelitian yang dilakukan menjadi terfokus karena memiliki tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dengan jelas.

5. Perancangan algoritma *Symbiotic Organisms Search* untuk permasalahan *cell formation* pada *GT layout*
Pada tahap ini akan dirancang algoritma *Symbiotic Organisms Search* yang sesuai dengan permasalahan *cell formation*.
6. Validasi algoritma
Pada tahap ini akan dilakukan validasi terhadap rancangan algoritma SOS untuk permasalahan *cell formation*. Proses validasi akan memastikan rancangan algoritma SOS sudah sesuai dengan permasalahan *cell formation*.
7. Pembuatan dan verifikasi program komputer
Pada tahap ini algoritma rancangan yang sudah divalidasi akan dibuat ke dalam program komputer. Pembuatan program komputer ini bertujuan untuk memudahkan penerapan algoritma SOS tersebut pada kasus-kasus permasalahan *cell formation*. Proses verifikasi akan memastikan penulisan/*coding* pada program sudah sesuai dengan algoritma yang dirancang.
8. Implementasi algoritma dalam permasalahan *cell formation* pada *GT layout*
Pada tahap ini program yang telah dibuat akan dijalankan pada berbagai jenis kasus *cell formation* untuk melihat performa dari algoritma SOS.
9. Pengujian parameter
Pada tahap ini akan diuji pengaruh dari parameter yang digunakan pada algoritma SOS. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah parameter yang digunakan mempengaruhi performansi dari algoritma SOS.
10. Perbandingan performansi
Pada tahap ini performansi dari algoritma SOS yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *cell formation* akan dibandingkan dengan tiga algoritma lainnya yang juga digunakan dalam permasalahan *cell formation*. Algoritma tersebut adalah *Grey Wolf Optimizer* (Gunawan, 2016), *Max-Min Ant* (Setiawan, 2010) dan *Grouping Genetic* (Yulius, 2011).
11. Analisis

Pada tahap ini akan dianalisis seluruh proses penerapan algoritma SOS pada permasalahan *cell formation*. Hasil perbandingan algoritma SOS dengan tiga algoritma lainnya juga akan dianalisis pada tahap ini.

12. Kesimpulan dan saran

Pada tahap ini akan disimpulkan hasil penelitian penerapan algoritma SOS pada permasalahan *cell formation*. Pada tahap ini juga akan dibuat saran yang ditujukan pada penelitian-penelitian selanjutnya yang mungkin terkait dengan penelitian ini.



Gambar I.1 Metodologi Penelitian Penerapan *Symbiotic Organisms Search* Dalam Permasalahan *Cell Formation* Pada *GT Layout*

I.7 Sistematika Penulisan

Pada laporan berisi 5 bab yang terdiri dari pendahuluan, tinjauan pustaka, perancangan algoritma, implementasi algoritma, analisis dan kesimpulan dan saran. Berikut penjelasan untuk setiap babnya.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi dasar dari penelitian yang dilakukan yang meliputi latar belakang masalah, identifikasi dan rumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi pembahasan tentang teori yang digunakan dalam penelitian. Teori – teori tersebut meliputi jenis *layout* dalam sistem manufaktur, *cell formation*, *Symbiotic Organisms Search*, dan *design of experiment*.

BAB III PERANCANGAN ALGORITMA

Bab ini berisi proses perancangan algoritma SOS untuk menyelesaikan permasalahan *cell formation*. Proses perancangan meliputi proses *encoding* dan *decoding* permasalahan *cell formation*, perancangan algoritma dan proses validasi algoritma rancangan.

BAB IV IMPLEMENTASI ALGORITMA

Bab ini berisi proses implementasi algoritma yang telah disusun. Proses implementasi meliputi verifikasi program, penentuan parameter algoritma, kasus hipotetik, hasil implementasi algoritma pada kasus hipotetik, dan perbandingan performansi algoritma yang dirancang dengan algoritma pembanding.

BAB V ANALISIS

Bab ini berisi proses analisis dari algoritma yang telah dirancang dan performannya. Proses analisis meliputi analisis penerjemahan algoritma *Symbiotic Organisms Search* (SOS) ke dalam permasalahan *cell formation*, analisis parameter algoritma dan analisis perbandingan algoritma rancangan dengan algoritma pembanding.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang dihasilkan dari penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan berguna untuk menjawab rumusan permasalahan pada bab I sedangkan saran berguna untuk masukan bagi penelitian – penelitian selanjutnya.