



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRACT	xv
INTISARI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	8
1.3 Keaslian Penelitian (<i>Novelty</i>)	9
1.4 Asumsi dan Batasan Masalah	9
1.5 Tujuan Penelitian/Perancangan	10
1.6 Manfaat Penelitian	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 Perkembangan Penelitian	12
2.2 <i>Systematic Literature Review</i> (SLR)	14
2.3 <i>Reference Matrix</i>	15
2.3.1 Pendekatan Perencanaan	16
2.3.2 Konfigurasi <i>Material Handling</i>	17
2.3.3 Ukuran Departemen	19
2.3.4 Tipe <i>Layout</i>	20



2.3.5	<i>Human Factor</i>	21
2.3.6	Pendekatan Solusi	22
2.3.7	Fungsi Tujuan	23
2.4	Studi Literatur pada DRLP	31
BAB III LANDASAN TEORI		35
3.1	Tata Letak Fasilitas	35
3.2	<i>Material Handling</i>	39
3.3	Jarak dalam Tata Letak	41
3.4	Operator <i>Multi Skilled</i>	43
3.5	Pemodelan Matematika	44
3.6	Metode Metaheuristik	45
3.7	Indikator Evaluasi Optimasi pada <i>Multi-Objective</i>	50
BAB IV METODE PENELITIAN		53
4.1	Subjek dan Lokasi Penelitian	53
4.2	Tahapan Penelitian	54
4.2.1	Persiapan	55
4.2.2	Pengembangan Model Matematika	56
4.2.3	Optimasi Model dengan Metaheuristik	60
4.2.4	Tahap pengembangan model lanjutan	60
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		61
5.1	Studi Pendahuluan dan Identifikasi Karakteristik Masalah	61
5.2	Pengembangan Model Matematika <i>Single-Objective</i>	65
5.2.1	<i>Model Mixed Integer Linear Programming (MILP) Dasar</i>	65
5.2.2	<i>Model Robust Mixed Integer Linear Programming (RMILP)</i>	68
5.2.3	Analisis Skalabilitas Komputasi	77
5.3	Evaluasi Sistem Eksisting dengan Metode Eksak	80
5.3.1	Evaluasi Sistem Eksisting	80



5.3.2 Optimasi Eksak dengan MILP dan RMILP	83
5.3.3 Analisis Sensitivitas	88
5.4 Model Optimasi Multi-Objektif	90
5.4.1 Optimasi dengan NSGA II	93
5.4.1.1 Proses Optimasi NSGA II	94
5.4.1.2 <i>Parameter Setting</i> NSGA II	96
5.4.2 Optimasi dengan MOPSO	99
5.4.3 Perbandingan NSGA II dan MOPSO	103
5.5 Model 2	105
5.5.1 Penambahan parameter	106
5.5.2 Pengembangan Fungsi Tujuan dan batasan	107
5.5.3 Proses Optimasi <i>Multi-Objective</i> Pada Model 2	109
5.5 Evaluasi Sistem Eksisting dengan Model <i>Multi-Objective</i>	111
5.5.1 <i>Multi-Criteria Decision Making</i> (MCDM)	112
5.5.2 MCDM untuk Model 1	113
5.5.3 MCDM untuk Model 2	115
5.6 Keterbatasan Model	118
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	120
6.1 Kesimpulan	120
6.2 Saran	121
DAFTAR PUSTAKA	122
LAMPIRAN	141



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Visualisasi Hubungan Dari Kata Kunci Penelitian Terdahulu	12
Gambar 2.2 Keterkaitan penelitian (a) Plant Layout (b) Robust Facility	13
Gambar 2.3 Diagram PRISMA	14
Gambar 2.4 Sumber Klasifikasi Pada Reference Matrix	15
Gambar 2.5 Persentase Penelitian mempertimbangkan Konfigurasi Material Handling	17
Gambar 2.6 Ilustrasi konfigurasi Material Handling	18
Gambar 2.7 Persentasi Penelitian dengan Karakteristik Dimensi Departemen	19
Gambar 2.8 Tipe Layout pada Penelitian Tata Letak Dinamis dan Robust	20
Gambar 2.9 Pendekatan Solusi Single-Objective pada Penelitian Tata Letak Dinamis dan Robust	22
Gambar 2.10 Persentase Penggunaan Algoritma Metaheuristik	23
Gambar 3.1 Ilustrasi Process Layout	37
Gambar 3.2 Ilustrasi Fixed Layout	38
Gambar 3.3 Jenis crane (a) boom crane (b) tower crane (c) bridge/gantry crane	40
Gambar 3.4 Ilustrasi Jarak Euclidean	42
Gambar 3.5 Ilustrasi Jarak Rectilinear	43
Gambar 3.6 Prosedur Algoritma Genetic Algorithm	48
Gambar 4.1 Komponen pada <i>Workshop Bogie</i>	54
Gambar 4.2 Tahapan Penelitian	55
Gambar 4.3 Ilustrasi Perhitungan Jarak pada Penelitian	57
Gambar 5.1 Area Departemen Produksi PT. INKA (Persero)	61
Gambar 5.2 <i>Area Workshop Bogie</i>	62
Gambar 5.3 <i>Layout Double-row layout</i> oleh Amaral	65
Gambar 5.4 <i>Layout Double-row</i> pada penelitian ini	67
Gambar 5.5 Plot waktu komputasi terhadap jumlah fasilitas	78
Gambar 5.6 Konvergensi Optimasi dengan model MILP	80
Gambar 5.7 Desain <i>Bogie Frame</i> NT-11 (K-5) (Huda, 2018)	81



Gambar 5.8 Urutan posisi fasilitas secara skematis pada existing facility layout	86
Gambar 5.9 Urutan posisi fasilitas secara skematis pada <i>robust facility layout</i>	86
Gambar 5.10 Nilai TMC dengan variasi P dan MF	89
Gambar 5.11 Grafik perubahan relatif untuk setiap skenario	90
Gambar 5.12 Sebaran <i>Hypervolume</i> dan <i>Spacing</i> NSGA II	98
Gambar 5.13 TMC dan <i>Robustness Tuning Parameter</i> terbaik	98
Gambar 5.14 Sebaran <i>Hypervolume</i> dan <i>Spacing</i> MOPSO	102
Gambar 5.15 <i>Pareto front</i> MOPSO	102
Gambar 5.16 <i>Pareto front</i> NSGA II dan MOPSO	103
Gambar 5.17 Epsilon Constraint Model 1	105
Gambar 5.18 Pareto front NSGA II dan MOPSO pada Model 2	109
Gambar 5.19 Epsilon Constraint Model 2	110
Gambar 5.20 Block Layout MOPSO P33 pada Model 1	114
Gambar 5.21 Block Layout MOPSO P36 pada Model 2	116



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Variasi dan fluktuasi permintaan di PT. INKA (Persero)	3
Tabel 2.1 Reference Matrix	25
Tabel 2.2 Studi Literatur pada DRLP	33
Tabel 4.1 Tipe Layout Workshop untuk menentukan Subjek Penelitian	53
Tabel 4.2 Rencana Pengambilan Data	59
Tabel 5.1 Evaluasi Pemborosan dengan PAM berdasarkan Aktivitas	63
Tabel 5.2 Evaluasi Pemborosan dengan PAM berdasarkan Waktu	63
Tabel 5.3 Persentase Pemborosan pada WRM	64
Tabel 5.4 Karakteristik Tata Letak berdasarkan observasi pada studi pendahuluan	64
Tabel 5.5 Usulan karakteristik pada penelitian ini	68
Tabel 5.6 Nomenklatur Matematika	69
Tabel 5.7 <i>Pseudocode</i> MILP	76
Tabel 5.8 <i>Pseudocode</i> RMILP	77
Tabel 5.9 Jumlah fasilitas dan waktu komputasi	78
Tabel 5.10 <i>Total Movement Cost</i> pada Sistem Eksisting	81
Tabel 5.11 Area unit kerja	82
Tabel 5.12 Unit kerja <i>Walking Worker Operator</i>	83
Tabel 5.13 <i>Setting parameter</i> pada optimasi MILP dan RMILP	83
Tabel 5.14 Perbandingan fungsi objektif RMILP dan MILP dengan ketidakpastian	84
Tabel 5.15 Perbandingan urutan posisi fasilitas RMILP dan MILP dengan ketidakpastian	85
Tabel 5.16 Koordinat x dan y pada <i>Robust Facility Layout</i>	85
Tabel 5.17 Perbandingan TMC pada setiap <i>case</i>	87
Tabel 5.18 Nilai P dan MF untuk setiap skenario	88
Tabel 5.19 Representasi Solusi NSGA II dan MOPSO	93
Tabel 5.20 <i>Pseudocode</i> NSGA II	95



Tabel 5.21 <i>Tuning Parameter</i>	96
Tabel 5.22 <i>Hypervolume dan Spacing tuning Parameter</i> NSGA II	97
Tabel 5.23 Jumlah solusi pareto dan waktu komputasi <i>tuning parameter</i>	98
Tabel 5.24 <i>Pseudocode</i> MOPSO	99
Tabel 5.25 <i>Hypervolume dan Spacing tuning parameter</i> MOPSO	101
Tabel 5.26 Nilai parameter kualitas pada NSGA II dan MOPSO	104
Tabel 5.27 Perbandingan Nilai Parameter Kualitas Pada Variasi Jumlah Fasilitas	104
Tabel 5.28 Notasi dan Parameter Tambahan pada Model 2	106
Tabel 5.29 Nilai indikator kualitas pada NSGA II dan MOPSO pada model 2110	110
Tabel 5.30 Nilai VIKOR (Q_i) Model 1	113
Tabel 5.31 Koordinat x dan y MOPSO P33	114
Tabel 5.32 Nilai VIKOR (Q_i) pada Pareto Front Model 2	115
Tabel 5.33 Koordinat x dan y MOPSO P36	115
Tabel 5.34 Perbaikan Biaya, Jarak, dan Waktu pada Model 1 dan Model 2	117
Tabel 5.35 Solusi Pareto dengan Robustness lebih Tinggi	118