

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL INDONESIA	i
HALAMAN JUDUL INGGRIS	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	v
NASKAH SOAL	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
INTISARI	xxii
<i>ABSTRACT</i>	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah	5
1.4. Tujuan Penelitian	6
1.5. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
BAB III LANDASAN TEORI	16
3.1. <i>Facility Layout Problem</i>	16
3.2. Klasifikasi <i>Facility Layout Problem</i>	16
3.2.1. <i>Single-Row Facility Layout Problem (SRLP)</i>	16
3.2.2. <i>Double-Row Facility Layout Problem (DRLP)</i>	17
3.2.3. <i>Multi-Row Facility Layout Problem (MRLP)</i>	18
3.3. Aspek <i>Facility Layout Problem</i>	19
3.3.1. <i>Unequal Row Lengths</i>	19
3.3.2. <i>Safety Constraints</i>	20

3.4.	<i>Linear Programming</i>	20
3.4.1.	<i>Integer Linear Programming</i>	21
3.4.2.	<i>Mixed-Integer Linear Programming</i>	21
3.4.3.	<i>Binary Linear Programming</i>	21
3.5.	<i>Non-Linear Programming</i>	22
3.5.1.	<i>Integer Non-Linear Programming</i>	22
3.5.2.	<i>Mixed-Integer Non-Linear Programming</i>	23
3.5.3.	<i>Binary Non-Linear Programming</i>	23
3.6.	<i>Euclidean Distance</i>	24
3.7.	<i>Metaheuristics</i>	24
3.8.	<i>Multi-Objective Optimization</i>	25
3.9.	<i>Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II</i>	25
3.10.	<i>Archived Multi-Objective Simulated Annealing</i>	26
3.11.	<i>Inverted Generational Distance</i>	27
3.12.	<i>Hypervolume</i>	28
BAB IV METODE PENELITIAN		29
4.1.	Objek Penelitian	29
4.2.	Alat Penelitian	29
4.3.	Alur Penelitian	30
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		35
5.1.	Karakterisasi Sistem	35
5.2.	Perancangan Model Matematis	37
5.2.1.	Notasi Model	37
5.2.2.	Fungsi Objektif Model	39
5.2.3.	Batasan Model	40
5.3.	Verifikasi dan Validasi Model	43
5.3.1.	Model Gurobi <i>Optimizer</i>	45
5.3.1.1.	Hasil Komputasi Gurobi <i>Optimizer</i>	49
5.3.1.2.	Perhitungan Manual Hasil Komputasi Gurobi <i>Optimizer</i>	50
5.3.1.3.	Skema Tata Letak Hasil Komputasi Gurobi <i>Optimizer</i>	52
5.3.2.	Model <i>Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II</i> (NSGA-II)	53
5.3.2.1.	Hasil Komputasi NSGA-II	59

5.3.2.2. Perhitungan Manual Hasil Komputasi NSGA-II	59
5.3.2.3. Skema Tata Letak Hasil Komputasi NSGA-II	61
5.3.3. Model <i>Archived Multi-Objective Simulated Annealing</i> (AMOSa)	62
5.3.3.1. Hasil Komputasi AMOSA	69
5.3.3.2. Perhitungan Manual Hasil Komputasi AMOSA	70
5.3.3.3. Skema Tata Letak Hasil Komputasi AMOSA	72
5.4. <i>Numerical Study</i>	73
5.5. Analisis Sensitivitas	80
5.6. <i>Managerial Insight</i>	85
BAB VI PENUTUP	87
6.1. Kesimpulan	87
6.2. Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Peta Penelitian	15
Tabel 5.1. Set Indeks Model Matematis	37
Tabel 5.2. Parameter Model Matematis	38
Tabel 5.3. Variabel Keputusan Model Matematis	38
Tabel 5.4. Fungsi Objektif Model Matematis	39
Tabel 5.5. Batasan Model Matematis	40
Tabel 5.6. Data Panjang Mesin (S9H)	44
Tabel 5.7. Data <i>Flow Material</i> (S9H)	44
Tabel 5.8. Data Nilai Jarak Aman Antar Mesin (S9H)	45
Tabel 5.9. Data Panjang Baris (S9H)	45
Tabel 5.10. Parameter Gurobi <i>Optimizer</i>	45
Tabel 5.11. Penjelasan Parameter Gurobi <i>Optimizer</i>	46
Tabel 5.12. Hasil Komputasi Gurobi <i>Optimizer</i>	50
Tabel 5.13. Perhitungan Manual Hasil Komputasi Gurobi <i>Optimizer</i>	50
Tabel 5.14. Data Variabel Keputusan (Koordinat) Mesin Gurobi <i>Optimizer</i>	52
Tabel 5.15. Parameter NSGA-II	53
Tabel 5.16. Hasil Komputasi NSGA-II	59
Tabel 5.17. Perhitungan Manual Hasil Komputasi NSGA-II	60
Tabel 5.18. Data Variabel Keputusan (Koordinat) Mesin NSGA-II	62
Tabel 5.19. Parameter AMOSA	63
Tabel 5.20. Hasil Komputasi AMOSA	70
Tabel 5.21. Perhitungan Manual Hasil Komputasi AMOSA	70
Tabel 5.22. Data Variabel Keputusan (Koordinat) Mesin AMOSA	72
Tabel 5.23. Parameter <i>Numerical Study</i>	73
Tabel 5.24. Hasil <i>Pareto Front</i>	75
Tabel 5.25. Hasil <i>Numerical Study</i>	77
Tabel 5.26. Konfigurasi Panjang Baris	81
Tabel 5.27. Nilai Rata-Rata Fungsi Objektif Setiap Jumlah Baris	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Visualisasi <i>Single-Row Layout Problem</i>	17
Gambar 3.2. Visualisasi <i>Double-Row Layout Problem</i>	17
Gambar 3.3. Visualisasi <i>Multi-Row Layout Problem</i>	19
Gambar 4.1. <i>Flowchart</i> Alur Penelitian	34
Gambar 5.1. Karakterisasi Sistem	35
Gambar 5.2. Skema Tata Letak S9H Gurobi <i>Optimizer</i> (4084,5, 930,95)	52
Gambar 5.3. <i>Flowchart</i> NSGA-II	54
Gambar 5.4. Skema <i>Crossover</i>	57
Gambar 5.5. Skema <i>Mutation</i>	58
Gambar 5.6. Skema Tata Letak S9H NSGA-II (4249,5, 609,11)	62
Gambar 5.7. <i>Flowchart</i> AMOSA	64
Gambar 5.8. Skema <i>Random Operator</i>	65
Gambar 5.9. Skema <i>Reverse Operator</i>	66
Gambar 5.10. Skema <i>Swap Operator</i>	66
Gambar 5.11. Skema <i>Insert Operator</i>	67
Gambar 5.12. Skema Tata Letak S9H AMOSA (4221,5, 666,65)	72
Gambar 5.13. Grafik Perbandingan <i>Weighted Travelled Distance</i> dengan Jumlah Baris	82
Gambar 5.14. Grafik Perbandingan <i>Penalty</i> dengan Jumlah Baris	83
Gambar 5.15. Grafik Perbandingan <i>Pareto Front</i>	84

DAFTAR SINGKATAN

FLP	: <i>Facility Layout Problem</i>
SLRP	: <i>Single Row Layout Problem</i>
DRLP	: <i>Double Row Layout Problem</i>
MRLP	: <i>Multi Row Layout Problem</i>
PRLP	: <i>Parallel Row Layout Problem</i>
LLP	: <i>Loop Layout Problem</i>
OFLP	: <i>Open Field Layout Problem</i>
JKK	: <i>Jaminan Kecelakaan Kerja</i>
SDP	: <i>Semidefinite Programming</i>
MIP	: <i>Mixed-Integer Programming</i>
PSO	: <i>Particle Swarm Optimization</i>
VNS	: <i>Variable Neighborhood Search</i>
PBVNS	: <i>Parallel Best Variable Neighborhood Search</i>
GRASP	: <i>Greedy Randomized Adaptive Search Procedure</i>
SA	: <i>Simulated Annealing</i>
MSA	: <i>Multi-Start Simulated Annealing</i>
IMOVNS	: <i>Improved Multi-Objective Variable Neighborhood Search</i>
MOO	: <i>Multi-Objective Optimization</i>
SOO	: <i>Single-Objective Optimization</i>
MOGA	: <i>Multi-Objective Genetic Algorithm</i>
FMS	: <i>Flexible Manufacturing System</i>
LP	: <i>Linear Programming</i>
ILP	: <i>Integer Linear Programming</i>
MILP	: <i>Mixed-Integer Linear Programming</i>
BLP	: <i>Binary Linear Programming</i>
NLP	: <i>Non-Linear Programming</i>

INLP	: <i>Integer Non-Linear Programming</i>
MINLP	: <i>Mixed-Integer Non-Linear Programming</i>
BNLP	: <i>Binary Non-Linear Programming</i>
UA-FLP	: <i>Unequal Area Facility Layout Planning</i>
ACO	: <i>Ant Colony Optimization</i>
GA	: <i>Genetic Algorithm</i>
NSGA-II	: <i>Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II</i>
AMOS	: <i>Archived Multi-Objective Simulated Annealing</i>
IGD	: <i>Inverted Generational Distance</i>
QP	: <i>Quadratic Programming</i>
AGV	: <i>Automated Guided Vehicle</i>
WTD	: <i>Weighted Travelled Distance</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (EL7)	96
Lampiran 2. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (EL7)	96
Lampiran 3. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (EL7)	97
Lampiran 4. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (EL8)	97
Lampiran 5. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (EL8)	98
Lampiran 6. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (EL8)	98
Lampiran 7. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (S9)	99
Lampiran 8. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (S9)	99
Lampiran 9. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (S9)	100
Lampiran 10. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (S9H)	100
Lampiran 11. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (S9H)	101
Lampiran 12. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (S9H)	101
Lampiran 13. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (S10)	102
Lampiran 14. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (S10)	102
Lampiran 15. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (S10)	103
Lampiran 16. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (S11)	103
Lampiran 17. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (S11)	104
Lampiran 18. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (S11)	104
Lampiran 19. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am11a)	105
Lampiran 20. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am11a)	105
Lampiran 21. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am11a)	106
Lampiran 22. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am11b)	106
Lampiran 23. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am11b)	107
Lampiran 24. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am11b)	107
Lampiran 25. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am11c)	108
Lampiran 26. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am11c)	108
Lampiran 27. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am11c)	109
Lampiran 28. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am11d)	109
Lampiran 29. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am11d)	110

Lampiran 30. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am11d)	110
Lampiran 31. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am11e)	111
Lampiran 32. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am11e)	111
Lampiran 33. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am11e)	112
Lampiran 34. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am11f)	112
Lampiran 35. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am11f)	113
Lampiran 36. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am11f)	113
Lampiran 37. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am12a)	114
Lampiran 38. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am12a)	114
Lampiran 39. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am12a)	115
Lampiran 40. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am12b)	115
Lampiran 41. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am12b)	116
Lampiran 42. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am12b)	116
Lampiran 43. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am12c)	117
Lampiran 44. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am12c)	117
Lampiran 45. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am12c)	118
Lampiran 46. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am12d)	118
Lampiran 47. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am12d)	119
Lampiran 48. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am12d)	119
Lampiran 49. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am12e)	120
Lampiran 50. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am12e)	120
Lampiran 51. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am12e)	121
Lampiran 52. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am12f)	121
Lampiran 53. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am12f)	122
Lampiran 54. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am12f)	122
Lampiran 55. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am13a)	123
Lampiran 56. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am13a)	123
Lampiran 57. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am13a)	124
Lampiran 58. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am13b)	124
Lampiran 59. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am13b)	125
Lampiran 60. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am13b)	125
Lampiran 61. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am13c)	126

Lampiran 62. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am13c)	126
Lampiran 63. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am13c)	127
Lampiran 64. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am13d)	127
Lampiran 65. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am13d)	128
Lampiran 66. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am13d)	128
Lampiran 67. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am13e)	129
Lampiran 68. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am13e)	129
Lampiran 69. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am13e)	130
Lampiran 70. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (Am13f)	130
Lampiran 71. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (Am13f)	131
Lampiran 72. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (Am13f)	131
Lampiran 73. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (14a)	132
Lampiran 74. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (14a)	132
Lampiran 75. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (14a)	133
Lampiran 76. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (14b)	133
Lampiran 77. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (14b)	134
Lampiran 78. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (14b)	134
Lampiran 79. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (P15)	135
Lampiran 80. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (P15)	135
Lampiran 81. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (P15)	136
Lampiran 82. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (P17)	136
Lampiran 83. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (P17)	137
Lampiran 84. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (P17)	137
Lampiran 85. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (P18)	138
Lampiran 86. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (P18)	138
Lampiran 87. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (P18)	139
Lampiran 88. Hasil <i>Pareto Front</i> Gurobi <i>Optimizer</i> (EL30)	139
Lampiran 89. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (EL30)	140
Lampiran 90. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (EL30)	140
Lampiran 91. Hasil <i>Pareto Front</i> NSGA-II (EL50)	141
Lampiran 92. Hasil <i>Pareto Front</i> AMOSA (EL50)	141
Lampiran 93. Tabel Nilai <i>Pareto Front</i> $R = 2$	142

Lampiran 94. Tabel Nilai <i>Pareto Front</i> $R = 3$	142
Lampiran 95. Tabel Nilai <i>Pareto Front</i> $R = 4$	144
Lampiran 96. Tabel Nilai <i>Pareto Front</i> $R = 5$	146
Lampiran 97. Tabel Nilai <i>Pareto Front</i> $R = 6$	149
Lampiran 98. Tabel Nilai <i>Pareto Front</i> $R = 8$	152
Lampiran 99. Tabel Nilai <i>Pareto Front</i> $R = 10$	156
Lampiran 100. <i>Code Gurobi Optimizer</i>	159
Lampiran 101. <i>Code NSGA-II</i>	170
Lampiran 102. <i>Code AMOSA</i>	184