

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	x
INTISARI.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Time-Cost Trade-Off (TCTO) dalam Proyek Konstruksi.....	6
2.2 Critical Path Method (CPM) dan Multiple Critical Path .....	10
2.3 Algoritma Genetika (Genetic Algorithm) dalam Optimasi Penjadwalan .....	16
2.4 Integrasi Hybrid CPM dan Genetic Algorithm .....	22
2.5 Implementasi Python dan NetworkX dalam Manajemen Proyek .....	25
2.6 Urgensi & Kebaruan Penelitian .....	28
2.6.1 Kesenjangan & Kelemahan Penelitian Sebelumnya .....	29
2.6.2 Kebaruan ( <i>State of Art</i> ) .....	29
BAB 3 LANDASAN TEORI .....	39
3.1 Proyek Konstruksi.....	39
3.2 Manajemen Proyek .....	39
3.2.1 <i>Planning</i> (perencanaan) .....	40
3.2.2 <i>Organizing</i> (pengorganisasian) .....	40
3.2.3 <i>Actuating</i> (pelaksanaan) .....	41
3.2.4 <i>Controlling</i> (pengendalian) .....	41
3.3 Manajemen Biaya dan Waktu Proyek.....	41
3.4 Penjadwalan Proyek.....	42



3.5 <i>Network Planning</i> (Metode Jaringan Kerja) .....	43
3.6 Penentuan Asumsi Durasi Kegiatan.....	45
3.6.1 Durasi Kegiatan Normal .....	45
3.6.2 Durasi dipercepat ( <i>Crashed</i> ) .....	46
3.7 Metode Pertukaran Waktu dan Biaya ( <i>Time Cost Trade Off</i> ).....	46
3.8 Produktivitas pekerja.....	48
3.9 Pelaksanaan penambahan jam kerja (lembur).....	48
3.10 Biaya Tambahan Pekerja Akibat Lembur ( <i>Crash Cost</i> ) .....	50
3.11 Penetapan Biaya Proyek.....	51
3.11.1 Biaya Langsung.....	51
3.11.2 Biaya Tidak Langsung .....	52
3.12 Hubungan Antara Biaya dan Waktu .....	53
3.13 <i>Genetic Algorithm</i> .....	54
3.13.1 Variabel Input.....	58
3.13.2 Jumlah Kemungkinan pada Sistem Optimasi .....	58
3.13.3 Encoding .....	59
3.13.4 Inisialisasi Populasi.....	63
3.13.5 <i>Mapping</i> pada Genetic Algorithm (GA) .....	64
3.13.6 Normalisasi Value .....	66
3.13.7 <i>Fitness Function</i> .....	68
3.13.8 Constraint dalam Genetic Algorithm .....	70
3.13.9 Seleksi .....	71
3.13.10 <i>Crossover</i> .....	75
3.13.11 Mutasi .....	77
3.13.12 <i>Loop</i> (Iterasi/Generasi).....	79
3.14 <i>Resource Leveling</i> .....	80
3.14.1 Mekanisme <i>Resource Leveling</i> .....	81
3.14.2 Parameter Penting dalam Resource Leveling .....	81
3.15 NetworkX.....	83
3.16 <i>Activity Crashing</i> .....	84
3.17 Rumus Dalam Program.....	85
3.17.1 Durasi Aktivitas ( <b><i>Di</i></b> ) .....	85
3.17.2 Biaya Aktivitas ( <b><i>Ci</i></b> ).....	86
3.17.3 Total Proyek.....	86



3.17.4	Normalisasi Bobot.....	86
3.17.5	Rumus Fitness .....	87
BAB 4 METODE PENELITIAN.....		89
4.1	Pendahuluan.....	89
4.2	Deskripsi Proyek.....	90
4.2.1	Data Teknis Proyek.....	91
4.2.2	Lokasi Proyek.....	91
4.3	Pengumpulan Data .....	92
4.4	Data Pendukung & Alat .....	92
4.4.1	Data Daftar Harga Bahan dan Upah.....	93
4.4.2	Data Analisa Harga Satuan Pekerjaan.....	93
4.4.3	Data Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....	93
4.4.4	Alat / Software .....	93
4.5	Variabel Penelitian & Parameter.....	94
4.5.1	Variabel Keseluruhan.....	94
4.5.2	Parameter GA.....	95
4.6	Metode Analisis .....	97
4.6.1	Menghitung Biaya dan Waktu Pelaksanaan Normal.....	97
4.6.2	Menghitung Biaya <i>Indirect</i> .....	97
4.6.3	<i>Cost Slope</i> .....	98
4.6.4	Analisis <i>Genetic Algorithm</i> .....	99
4.6.5	Analisis Resource Leveling.....	117
4.7	Validitas .....	119
4.7.1	Validasi Logika Algoritma dan Constraint .....	119
4.7.2	Validasi Komputasi ( <i>Repeatability &amp; Robustness</i> ).....	119
4.7.3	Validasi <i>Benchmark</i> dengan Studi Lain.....	120
4.7.4	Uji Sensitivitas Parameter GA .....	120
4.7.5	Validasi <i>Resource Leveling</i> .....	121
4.7.6	Uji Konsistensi Output dan Format.....	121
4.8	<i>Framework</i> Penelitian.....	122
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		123
5.1	Penyusunan Data Awal & Constraint .....	123
5.2	Penyusunan Jaringan Kerja.....	127
5.2.1	Perhitungan Komponen Proyek .....	128



5.3 Prototype Model.....	131
5.4 Hasil & Pembahasan GA .....	132
5.4.1 Hasil Optimasi Dengan Variasi Bobot.....	132
5.4.2 Evaluasi Alternatif Pilihan .....	135
5.4.3 Persentase Distribusi Mode.....	139
5.4.4 Analisis Sensivitas .....	141
5.5 Hasil & Pembahasan <i>Resource Leveling</i> .....	160
5.5.1 Kondisi Normal.....	160
5.5.2 Kondisi P1 & Crossover Prob 0.8 .....	161
5.6 Validasi .....	163
5.6.1 Validasi Logika Algoritma.....	163
5.6.2 Validasi CPM Manual vs CPM Program .....	164
5.6.3 Validasi Durasi Normal Manual & Program .....	165
5.6.4 Validasi Hasil Optimasi Biaya & Durasi .....	166
5.6.5 Validasi Teori Dalam Pemrograman.....	167
5.6.6 Validasi Constraint.....	168
5.6.7 Validasi Ekspor .....	169
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	171
6.1 Kesimpulan .....	171
6.2 Saran .....	172
DAFTAR PUSTAKA .....	173

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	31
Tabel 3.1 Koefisien Penurunan Produktivitas .....	49
Tabel 3.2 Koefisien Penurunan Produktivitas .....	63
Tabel 3.3 Tabel Perbandingan Jenis Fitness .....	70
Tabel 3.4 Perbandingan Seleksi .....	74
Tabel 3.5 Contoh <i>Crossover</i> 1 - Titik .....	76
Tabel 3.6 Contoh <i>Crossover</i> 2 - Titik 2 .....	77
Tabel 3.7 Contoh <i>Crossover</i> Seragam.....	77
Tabel 3.8 Contoh Mutasi Pengkodean Biner .....	78
Tabel 3.9 Contoh Mutasi Pengkodean Permutasi .....	78
Tabel 4.1 Variabel Penelitian .....	94
Tabel 4.2 Parameter Penelitian.....	95
Tabel 4.3 Penetapan Parameter .....	100
Tabel 4.4 Format Data GA .....	101
Tabel 4.5 Tabel Contoh Simulasi Kemungkinan .....	102
Tabel 4.6 Tabel Contoh Encoding.....	103
Tabel 4.7 Tabel Contoh Create.....	104
Tabel 4.8 Sebelum Mapping .....	105
Tabel 4.9 Sesudah Mapping .....	105
Tabel 4.10 Data Seleksi.....	109
Tabel 4.11 Turnamen 3 Terbaik.....	109
Tabel 4.12 Hasil Turnamen.....	110
Tabel 4.13 Contoh 2 Pasang <i>Parent</i> .....	111
Tabel 4.14 Probabilitas Acak Tiap Pasangan.....	111
Tabel 4.15 Pasangan Tidak <i>Crossover</i> .....	111
Tabel 4.16 Pasangan <i>Crossover</i> .....	112
Tabel 4.17 Anak Sebelum Mutasi .....	112
Tabel 4.18 Anak Yang Dipilih .....	113
Tabel 4.19 Anak Yang Dipilih .....	113
Tabel 4.20 <i>Flip Bit Mutation</i> .....	113
Tabel 4.21 Tabel Perbandingan.....	121



Tabel 5.1 Daftar Aktivitas .....	123
Tabel 5.2 Daftar Constraint.....	126
Tabel 5.3 Contoh Daftar Koefisien & Upah.....	131
Tabel 5.4 Hasil Optimasi Variasi Bobot .....	132
Tabel 5.5 Alternatif Pilihan.....	135
Tabel 5.6 Rekap Rincian Mode.....	138
Tabel 5.7 Perbandingan Normal Vs Optimasi .....	141
Tabel 5.8 Hasil Percobaan Variasi Populasi .....	143
Tabel 5.9 Hasil Percobaan Variasi Generasi.....	144
Tabel 5.10 Hasil Percobaan Variasi Tournament Size.....	147
Tabel 5.11 Hasil Percobaan Variasi Probabilitas Crossover.....	150
Tabel 5.12 Hasil Percobaan Variasi Probabilitas Mutasi.....	152
Tabel 5.13 Rekap Hasil Percobaan Variasi Seluruh Parameter .....	153
Tabel 5.14 Rekap Persentase Penurunan Biaya .....	154
Tabel 5.15 Rincian Mode Terbaik.....	155
Tabel 5.16 Perbandingan Normal Vs Optimasi.....	156
Tabel 5.17 Rekap Hasil Persentase .....	157
Tabel 5.18 Rekap Hasil Persentase Pie Chart .....	158
Tabel 5.19 Hasil <i>Resource Leveling</i> P1 & Crossover 0.8 .....	162
Tabel 5.20 Hasil Perbandingan CPM.....	164
Tabel 5.21 Hasil Optimasi.....	166

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Grafik Kinerja Biaya dan Waktu.....	42
Gambar 3.2 Hubungan Waktu dan Biaya dengan Direct Cost.....	46
Gambar 3.3 Grafik Indikasi Produktivitas Akibat Penambah Jam Kerja.....	48
Gambar 3.4 Grafik Hubungan Waktu-Biaya Normal dan Dipercepat.....	54
Gambar 3.5 Grafik Hubungan Waktu-Biaya Total, Biaya Langsung dan Biaya Tak Langsung (Soeharto, 1995).....	54
Gambar 3.6 Contoh Histogram <i>Resource</i> .....	82
Gambar 4.1 Gambar <i>landscape</i> 3D Penggantian Jembatan Sei Baru 1 .....	90
Gambar 4.2 DED rencana jembatan.....	91
Gambar 4.3 Lokasi proyek jembatan Air Sei Baru 1 .....	91
Gambar 4.4 <i>Shop drawing</i> lokasi proyek jembatan Air Sei Baru 1 .....	92
Gambar 4.5 Tampilan Excel data Input.....	101
Gambar 4.6 Skema Genetic Algoritm .....	116
Gambar 4.7 Skema <i>Resource Leveling</i> .....	118
Gambar 4.8 Framework Optmasi & Resource Leveling.....	122
Gambar 5.1 Jaringan Proyek Dengan Excel.....	127
Gambar 5.2 Jaringan Proyek Dengan Microsoft Project.....	127
Gambar 5.3 Prototype Model .....	131
Gambar 5.4 Perbandingan Biaya Setiap percobaan .....	133
Gambar 5.5 Perbandingan Durasi Setiap Percobaan.....	133
Gambar 5.6 Fitness Gabungan .....	133
Gambar 5.7 Durasi Runing.....	134
Gambar 5.8 Fitness P1 .....	135
Gambar 5.9 Semesta Solusi Terhadap Direct, Indirect, Total Cost .....	136
Gambar 5.10 Ganchart Optimasi.....	136
Gambar 5.11 Persebaran Rincian Mode.....	137
Gambar 5.12 Persentase Mode.....	140
Gambar 5.13 Mean Fitness & Standard Deviasi Populasi .....	142



Gambar 5.14 Mean Fitness & Standard Deviasi Generasi.....	144
Gambar 5.15 Mean Fitness & Standard Deviasi Tournament Size.....	146
Gambar 5.16 Mean Fitness & Standard Deviasi Variasi Crossover .....	149
Gambar 5.17 Mean Fitness & Standard Deviasi Variasi Mutasi .....	151
Gambar 5.18 Pengaruh Parameter Terhadap Kenaikan Mean Fitness .....	159
Gambar 5.19 Pengaruh Parameter Terhadap Penurunan Standard Deviasi Fitness .....	160
Gambar 5.20 Histogram Kondisi Normal .....	161
Gambar 5.21 Histogram Pergeseran Optimasi GA P1 .....	161
Gambar 5.22 Histogram Setelah Resource Leveling P1 .....	162
Gambar 5.23 Proses Validasi dengan VBA Macros .....	163
Gambar 5.24 Durasi CPM Manual.....	165
Gambar 5.25 Durasi Microsoft Project .....	165
Gambar 5.26 Durasi Program.....	166
Gambar 5.27 Kurva S Perbandingan.....	166
Gambar 5.28 Validasi TCTO .....	167
Gambar 5.29 Validasi Percepatan di Jalur Kritis .....	168
Gambar 5.30 Validasi Batas Lembur Maks .....	169
Gambar 5.31 Pengecekan Otomatis .....	169
Gambar 5.32 Integrasi Otomatis Dalam Excel.....	169
Gambar 5.33 Integrasi Microsoft Project.....	170