

HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
INTISARI .....	xv
<i>ABSTRACT</i> .....	xvi
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 .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Studi Terdahulu .....	5
2.1.1 Metode optimasi penggunaan alat berat dalam proyek konstruksi .....	5
2.1.2 Penerapan simulasi <i>Discrete Event Simulation</i> (DES) .....	6
2.1.3 Analisis indeks produktivitas, biaya, dan emisi karbon pada alat berat .....	9
2.2 Kebaruan Penelitian .....	10
BAB 3 LANDASAN TEORI .....	11
3.1 Jenis Material yang Diangkut .....	11
3.2 Analisis Produktivitas Alat Berat .....	12
3.2.1 Perhitungan siklus waktu alat berat .....	12
3.2.2 Perhitungan produktivitas alat berat dan durasi total pekerjaan .....	13
3.3 Pemodelan EZStrobe .....	15
3.3.1 <i>Discrete Event Simulation</i> (DES) .....	15
3.3.2 Model <i>Activity Cycle Diagram</i> (ACD) .....	16
3.3.3 Proses <i>input</i> , <i>running</i> , dan analisis hasil simulasi EZStrobe .....	19
3.4 Verifikasi dan Validasi Model .....	22



3.4.1	Metode verifikasi model dalam simulasi .....	22
3.4.2	Konsep <i>error</i> dan stabilitas dalam simulasi .....	23
3.4.3	Fungsi distribusi probabilitas .....	23
3.4.4	Uji replikasi untuk menentukan keakuratan model.....	26
3.5	Analisis Biaya dan Emisi Karbon .....	28
3.5.1	Komponen biaya alat berat dalam proyek konstruksi .....	28
3.5.2	Perhitungan emisi karbon berdasarkan konsumsi bahan bakar.....	29
3.5.3	Hubungan antara produktivitas, biaya, dan emisi karbon .....	33
3.6	Optimasi Kombinasi Alat Berat .....	35
3.6.1	Optimasi produktivitas .....	35
3.6.2	Metode evaluasi kombinasi alat berat yang optimal .....	35
<b>BAB 4 METODE PENELITIAN .....</b>		<b>37</b>
4.1	Lokasi Penelitian.....	37
4.2	Prosedur Penelitian .....	39
4.3	Data dan Alat Penelitian .....	42
4.3.1	Data penelitian.....	42
4.3.2	Alat penelitian .....	44
4.4	Parameter Penelitian .....	45
4.5	Metode Analisis .....	46
4.5.1	Analisis durasi dan produktivitas .....	46
4.5.2	Pemodelan menggunakan ezstrobe .....	47
4.5.3	Verifikasi model.....	47
4.5.4	Perhitungan durasi kejadian diskrit .....	47
4.5.5	Validasi model.....	47
4.5.6	Analisis biaya dan emisi karbon.....	48
4.5.7	Pemilihan kombinasi dan simulasi alat berat yang optimal .....	48
<b>BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>49</b>
5.1	Pengambilan Data Primer dan Data Sekunder .....	49
5.2	Pembuatan Model <i>Activity Cycle Diagram</i> (ACD).....	49
5.3	Pembuatan Model EZStrobe .....	50
5.4	Kombinasi Alat Berat.....	51
5.5	Verifikasi Model .....	53
5.5.1	Verifikasi dengan data primer .....	53
5.5.2	Verifikasi dengan data sekunder .....	54



5.6 Penentuan Fungsi Distribusi Aktivitas.....	55
5.6.1 Distribusi gamma .....	57
5.6.2 Distribusi normalitas .....	61
5.6.3 Distribusi beta .....	69
5.7 Uji Replikasi .....	72
5.7.1 Uji replikasi pada data primer .....	72
5.7.2 Uji replikasi pada data sekunder .....	73
5.8 Validasi Model.....	75
5.8.1 Validasi dengan data primer.....	75
5.8.2 Validasi dengan data sekunder.....	77
5.9 Analisis Biaya dan Emisi Karbon Alat Berat.....	80
5.9.1 Biaya alat berat.....	80
5.9.2 Emisi karbon alat berat.....	83
5.10 Input Parameter Biaya dan Emisi Karbon Alat Berat.....	86
5.10.1 Input parameter & result biaya.....	86
5.10.2 Input parameter emisi karbon.....	87
5.11 Kombinasi Alat Berat.....	88
5.11.1 Kombinasi alat berat di lapangan .....	88
5.11.2 Alternatif kombinasi alat berat .....	91
5.12 Pembahasan .....	94
5.12.1 Indeks hubungan produktivitas, biaya, dan emisi karbon .....	94
5.12.2 Evaluasi alternatif kombinasi alat berat yang optimal .....	96
5.12.3 Perbandingan kombinasi aktual dengan alternatif kombinasi optimal.....	96
5.12.4 Evaluasi ulang hasil simulasi menggunakan volume realisasi.....	98
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	101
6.1 Kesimpulan .....	101
6.2 Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA.....	102
LAMPIRAN 1 Data Primer.....	110
LAMPIRAN 2 Data Sekunder .....	119
LAMPIRAN 3 Database Kombinasi Alat Berat Excavator Dan Dump Truck .....	125
LAMPIRAN 4 Verifikasi Model Data Primer .....	132
LAMPIRAN 5 Verifikasi Model Data Sekunder .....	139
LAMPIRAN 6 Hasil <i>Running</i> 3 unit PC200 di semua <i>station</i> .....	147



**Optimasi Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Menggunakan Model Simulasi EZStrobe untuk Perhitungan Produktivitas, Biaya, dan Emisi Karbon (Studi Kasus: Proyek Jalan Tol Probolinggo-Banyuwangi Paket 3)**

Fidy Wibowo Saputro, Ir. Tantri Nastiti Handayani, S.T., M.Eng, Ph.D., IPM.; Ir. Akhmad Aminullah, S.T., M.T., Ph.D.,

UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

LAMPIRAN 7 Hasil <i>Running</i> 2 unit PC200 dan 1 unit PC300 di <i>station</i> 01 .....	163
LAMPIRAN 8 Hasil <i>Running</i> 2 unit PC200 dan 1 unit PC300 di <i>station</i> 02 .....	177
LAMPIRAN 9 Hasil <i>Running</i> 2 unit PC200 dan 1 unit PC300 di <i>station</i> 03 .....	191
LAMPIRAN 10 Hasil <i>Running</i> 2 unit PC300 dan 1 unit PC200 di <i>station</i> 01 .....	205
LAMPIRAN 11 Hasil <i>Running</i> 2 unit PC300 dan 1 unit PC200 di <i>station</i> 02 .....	219
LAMPIRAN 12 Hasil <i>Running</i> 2 unit PC300 dan 1 unit PC200 di <i>station</i> 03 .....	233
LAMPIRAN 13 Hasil <i>Running</i> 3 unit PC300 di semua <i>station</i> .....	247
LAMPIRAN 14 Hasil Cek Distribusi Normal .....	260
LAMPIRAN 15 Hasil Cek Distribusi Beta .....	289