



**PENINGKATAN KINERJA BIAYA DENGAN MODEL
DINAMIS *GREEN RETROFITING* INFRASTRUKTUR
JALAN TOL BERBASIS *LIFE CYCLE COST ANALYSIS***

TESIS

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan
Program Studi Magister Teknik Sipil

OLEH

MARIA MAGDALENA ENNY YULIATTI

NIM. 55720110027

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

2022

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “Peningkatan Kinerja Biaya Dengan Model Dinamis *Green Retrofitting* Infrastruktur Jalan Tol Berbasis *Life Cycle Cost Analysis*”. Penyusunan Tesis ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Jenjang Strata II (S2) Bidang Keahlian Manajemen Konstruksi Program Magister Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Albert Eddy Husin, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing hingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Dr. Ir. Budi Susetyo, M.T., selaku Dosen Penelaah dan Ketua Program Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana yang telah memberikan masukan sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Dr. Ir. Agus Suroso, M.T., selaku Dosen Ketua Sidang yang telah memberi masukan hingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T., selaku Dosen Dekan Fakultas Teknik yang membantu kelancaran belajar penulis.
5. Kedua orang tua, kakak, adik dan masku yang sangat saya sayangi yang telah mendoakan penulis dan mendukung secara moril dan materil sehingga tesis ini dapat diselesaikan.
6. Seluruh staff dan karyawan Program Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana yang membantu kelancaran belajar penulis.
7. Rekan-rekan Mahasiswa Magister Teknik Sipil Angkatan 10 Universitas Mercu Buana yang membantu kelancaran belajar penulis.
8. Responden dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari pada penyusunan tesis ini terdapat berbagai kekurangan yang perlu disempurnakan. Penulis berharap penelitian selanjutnya dapat menggali

lebih dalam tentang penerapan *green infrastructure* pada proyek-proyek lainnya, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembelajaran dari berbagai pihak. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penelitian selanjutnya.

Jakarta, 25 Juli 2022

M.M. Enny Yuliatti



LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Peningkatan Kinerja Biaya Dengan Model Dinamis *Green Retrofitting* Infrastruktur Jalan Tol Berbasis *Life Cycle Cost Analysis*

Nama : Maria Magdalena Enny Yuliatti

NIM : 55720110027

Program studi : Magister Teknik Sipil

Tanggal : 29 Agustus 2022

Mengesahkan

Pembimbing

UNIVERSITAS
MERCUBUANA

(Dr. Ir. Albert Eddy Husin, M.T)
NIDN/NIK: 0309116504/116650547

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil

(Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T)

NIDN/NIK: 0024096701/192670076

(Dr. Ir. Budi Susetyo, MT)

NIDN/NIK: 0329116201/190620035

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : “Peningkatan Kinerja Biaya Dengan Model Dinamis *Green Retrofitting* Infrastruktur Jalan Tol Berbasis *Life Cycle Cost Analysis*”

Nama : Maria Magdalena Enny Yuliatti

NIM : 55720110027

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Tanggal : 25 Juli 2022

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Komisi Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana Nomor: 12-I/030/F-STT/VIII/2021.

Karya ilmiah ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program studi sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 25 Juli 2022



Maria Magdalena Enny Yuliatti

PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh:

Nama : Maria Magdalena Enny Yuliatti

NIM : 55720110027


Program Studi : Magister Teknik Sipil

Dengan judul “Peningkatan Kinerja Biaya Dengan Model Dinamis *Green Retrofitting* Infrastruktur Jalan Tol Berbasis *Life Cycle Cost Analysis*”, telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal 14 Juli 2022, didapatkan nilai presentase sebesar 25%.

Jakarta, 25 Juli 2022

Administrator Turnitin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



(Miyono, S.Kom)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRACT	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN	vi
LEMBAR PERNYATAAN	vii
PERNYATAAN <i>SIMILARITY CHECK</i>.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi, Perumusan dan Batasan Masalah.....	8
1.2.1. Identifikasi Masalah.....	8
1.2.2. Rumusan Masalah	9
1.2.3. Batasan Masalah.....	9
1.3. Tujuan Penelitian.....	10
1.4. Manfaat Penelitian.....	10
1.5. Urgensi Penelitian	11
1.6. Kerangka Berfikir.....	11
1.7. Hipotesa.....	12
1.8. Sistematika Penulisan.....	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	14

2.1. Jalan Tol	14
2.1.1. Syarat Jalan Tol	15
2.1.2. Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol.....	17
2.2. <i>Green Infrastructure</i>	17
2.2.1. Definisi <i>Green Infrastructure</i>	18
2.2.2. <i>Green Road in Sustainability</i>	20
2.2.3. <i>Green Highway Rating System</i>	22
2.2.4. Jalan Hijau Indonesia.....	25
2.2.5. Aplikasi <i>Green Road</i>	28
2.2.6. <i>Green Retrofitting</i>	30
2.3. <i>Retrofitting Cost</i>	31
2.4. <i>Life Cycle Cost Analysis</i>	34
2.5. <i>Life Cycle Cost, Jalan Raya, dan Keberlanjutan</i>	36
2.6. Model Dinamis	38
2.6.1. Pemodelan Dinamis.....	39
2.6.2. Aturan yang Dipakai dalam Model Dinamis.....	41
2.6.3. Pembuatan Model	42
2.6.4. Konsep Validasi dan Pengujian Model.....	43
2.6.5. Uji Struktur Model.....	44
2.6.6. Uji Parameter Model.....	45
2.6.7. Uji Kecukupan Batasan	45
2.6.8. Uji Kondisi Extrem.....	45
2.7. Tinjauan Atas Penelitian Terdahulu	46
2.7.1. Keaslian Penelitian	50
2.7.2. Celah Penelitian (<i>Research Gap</i>)	50

2.7.3. <i>State Of the Art</i>	50
2.7.4. <i>Research Novelty</i>	51
BAB III METODE PENELITIAN	55
3.1. <i>Pertanyaan Penelitian (Research Question)</i>	55
3.2. <i>Desain Penelitian</i>	55
3.2.1. <i>Tahap Studi</i>	55
3.2.2. <i>Tahap Pendalaman Studi</i>	56
3.3. <i>Obyek Penelitian</i>	56
3.4. <i>Data Penelitian</i>	58
3.4.1. <i>Jenis dan Sumber Data</i>	58
3.4.2. <i>Teknik Pengumpulan Data</i>	60
3.4.3. <i>Langkah Penelitian</i>	63
3.4.4. <i>Penjelasan Langkah Penelitian</i>	67
3.4.4.1. <i>Studi Literatur</i>	67
3.4.4.2. <i>Variabel Penelitian</i>	67
3.4.4.4. <i>Survei Utama</i>	68
3.5. <i>Perancangan Kuisisioner</i>	68
3.5.1. <i>Metode Pengolahan dan Analisis Data</i>	69
3.5.2. <i>Statistical Product and Service Solution (SPSS)</i>	70
3.5.3. <i>Definisi Variabel, Indikator, Kriteria, Termasuk Gred Skala</i>	70
3.5.4. <i>Analisis Kuantitatif</i>	77
3.5.5. <i>Pengujian Kuisisioner</i>	78
3.5.6. <i>Identifikasi Variabel</i>	82
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	89
4.1. <i>Pendahuluan</i>	89

4.2. Faktor- Faktor yang paling Berpengaruh	89
4.2.1. Pengumpulan Data	90
4.2.2. Penyebaran Kuisisioner	93
4.3. Pengolahan Data dan Hasil Analisis	96
4.3.1. Tabulasi Data	96
4.3.2. Pengujian Data	101
4.3.3. Pemodelan <i>Green Retrofitting Infrastructure</i> Pada Proyek Jalan Tol Menggunakan Sistem Dinamik	126
4.3.3.1. Konseptualisasi Model	126
4.3.3.2. <i>Causal Loop Diagram (CLD)</i>	127
4.3.4 Implementasi Pemodelan <i>Green Infrastructure</i> Berbasis Sistem Dinamik Berbasis <i>LCCA</i>	130
4.3.4.1. <i>Stock Flow Diagram (SFD)</i>	132
4.3.4.2. Formulasi Nilai Input	134
4.3.4.3. Validasi Model	147
4.3.4.4. Skenario	150
4.3.4.5 Hasil Simulasi Skenario Pengembalian Modal	154
4.3.5. Hasil Analisis	161
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	162
5.1. Kesimpulan	162
5.2. Saran	163
DAFTAR PUSTAKA	164
LAMPIRAN - LAMPIRAN	170

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. <i>Sustainable Development Goals 2030</i>	3
Gambar 1. 2. Index Daya Saing, Infrastruktur & Kualitas Jalan Indonesia Di Asean	4
Gambar 1. 3. Rangking Indonesia Dalam Penerapan Management Kinerja Lingkungan	5
Gambar 1. 4. Roadmap Dan Capaian Pembangunan Jalan Tol	7
Gambar 1. 5. Perbandingan Panjang Jalan Tol Dan Populasi Negara Di Asia Tenggara	6
Gambar 1. 6. Kerangka Berpikir	12
Gambar 2. 1. Jalan Tol	17
Gambar 2. 2. Kriteria Jalan Hijau Indonesia	28
Gambar 2. 3. Aplikasi <i>Green Infrastructure</i> pada Jalan	30
Gambar 2. 4. Proses Dalam Pemodelan Model Dinamis	38
Gambar 2. 5. Tahapan Permodelan Model Dinamis	41
Gambar 2. 6. <i>Research Gap</i>	52
Gambar 2. 7. <i>State of The Art</i>	53
Gambar 2. 8. <i>Research Novelty</i>	54
Gambar 3. 1. Lokasi Obyek Penelitian	56
Gambar 3. 2. Obyek Penelitian	58
Gambar 3. 3. Alur Penelitian	64
Gambar 3. 4. Diagram Alir Pengolahan & Analisis Data Implementasi(<i>SPSS</i>) ...	65
Gambar 3. 5. Rencana Diagram Alir Implementasi (Studi Kasus)	66
Gambar 4. 1. Persentasi Pengembalian Kuesioner	94
Gambar 4. 2. Pemeriksaan Data Jalan Tol <i>Existing</i>	115
Gambar 4. 3. Pemeriksaan Data <i>Green Infrastructure</i>	115

Gambar 4. 4. Pemeriksaan Data Integrasi Sistem Dinamik+LCCA.....	116
Gambar 4. 5. Pemeriksaan Data Biaya.....	116
Gambar 4. 6. Histogram Normalitas Data.....	124
Gambar 4. 7. Sebaran Distribusi Normal.....	124
Gambar 4. 8. <i>Causal loop diagram Retrofitting</i> Jalan Tol.....	128
Gambar 4. 9. <i>Causal Loop Diagram Green Road</i> Indonesia.....	129
Gambar 4. 10. Nilai Investasi Pemasangan <i>PV</i> Jalan Tol.....	141
Gambar 4. 11. PLTS Jalan Tol Bali Mandara.....	143
Gambar 4. 12. Nilai Investasi Mesin Daur Ulang Sampah.....	144
Gambar 4. 13. Nilai Investasi Pengolahan Air Baku.....	145
Gambar 4. 14. Penerangan Jalan Umum Solar Panel.....	145
Gambar 4. 15. Model Dinamis Skenario Pesimis.....	155
Gambar 4. 16. Model Dinamis Skenario Moderate.....	157
Gambar 4. 17. Model Dinamis Skenario Optimis.....	159



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Ringkasan Alat Pemeringkat Infrastruktur Berkelanjutan	24
Tabel 2. 2. Pemeringkatan Jalan Hijau Indonesia No. 04/SE/M/2018.....	26
Tabel 2. 3. Peringkat Jalan Hijau	28
Tabel 2. 4. Faktor -Faktor <i>Lifecycle Cost Analysis</i>	35
Tabel 2. 5. Tinjauan Penelitian Terdahulu (1/3)	47
Tabel 2. 6. Tinjauan Penelitian Terdahulu (2/3)	48
Tabel 2. 7. Tinjauan Penelitian Terdahulu (3/3)	49
Tabel 3. 1. Skala Dan Kriteria Jawaban	74
Tabel 3. 2. Faktor Dan Sub Faktor (1/2)	84
Tabel 3. 3. Faktor Dan Sub Faktor (2/2)	85
Tabel 4. 1. Distribusi Angket Kuesioner.....	94
Tabel 4. 2. Tingkat Pendidikan Responden	95
Tabel 4. 3. Kedudukan Responden di Pekerjaan.....	95
Tabel 4. 4. Pengalaman Responden di Pekerjaan	95
Tabel 4. 5. Area Pekerjaan Responden	96
Tabel 4. 6. Data Input Tabulasi SPSS (1/3).....	98
Tabel 4. 7. Data Input Tabulasi SPSS (1/3).....	99
Tabel 4. 8. Data Input Tabulasi SPSS (1/3).....	100
Tabel 4. 9. Nilai <i>Cronbach's Alpha</i> X1 Jalan Tol Existing	103
Tabel 4. 10. Nilai <i>Cronbach's Alpha</i> X2 Green Retrofitting Road	103
Tabel 4. 11. Nilai <i>Cronbach's Alpha</i> X3 Integrasi Sistem Dinamik + <i>Lifecycle Cost Analysis (LCCA)</i>	104
Tabel 4. 12. Nilai r_{hitung} X1 Jalan Tol Existing.....	107
Tabel 4. 13. Nilai r_{hitung} X2 Green Retrofitting Road (1/3)	108
Tabel 4. 14. Nilai r_{hitung} X2 Green Retrofitting Road (2/3)	109
Tabel 4. 15. Nilai r_{hitung} X2 Green Retrofitting Road (2/3)	110
Tabel 4. 16. Nilai r_{hitung} X3 Integrasi Sistem Dinamik + <i>Lifecycle Cost Analysis (LCCA)</i>	112

Tabel 4. 17. Nilai r_{hitung} Y Kinerja biaya	113
Tabel 4. 18. Uji <i>Kolmogorov – Smirnov</i> X1	117
Tabel 4. 19. Uji <i>Kolmogorov – Smirnov</i> X2	118
Tabel 4. 20. Uji <i>Kolmogorov - Smirnov</i> X3	118
Tabel 4. 21. Parameter Uji <i>Durbin-Watson</i>	119
Tabel 4. 22. Uji <i>Durbin-Watson</i>	119
Tabel 4. 23. Uji Multikolinieritas.....	120
Tabel 4. 24. Uji T	121
Tabel 4. 25. Uji F	123
Tabel 4. 26. Mean Rangking	125
Tabel 4. 27. Faktor – Faktor Paling Berpengaruh Dalam Kinerja Biaya <i>Retrofitting</i> Jalan Tol.....	125
Tabel 4. 28. Keterangan simbol <i>stock flow</i> diagram	134
Tabel 4. 29. Nilai <i>Input</i> Pada Variabel (1/5).....	136
Tabel 4. 30. Nilai <i>Input</i> Pada Variable (2/5).....	137
Tabel 4. 31. Nilai <i>Input</i> Pada Variable (3/5).....	138
Tabel 4. 32. Nilai <i>Input</i> Pada Variable (4/5).....	139
Tabel 4. 33. Nilai <i>Input</i> Pada Variable (5/5).....	140
Tabel 4. 34. Nilai <i>Input</i> Biaya Operasional Jalan Tol.....	146
Tabel 4. 35. Validasi Model	149
Tabel 4. 36. Rencana Skenario <i>Green Retrofitting Infrastructure</i>	150
Tabel 4. 37. Skenario Pesimis Rating <i>Green Retrofitting Infrastructure</i>	151
Tabel 4. 38. Skenario Moderate Rating <i>Green Retrofitting Infrastructure</i>	152
Tabel 4. 39. Skenario Optimis Rating <i>Green Retrofitting Infrastructure</i>	153
Tabel 4. 40. <i>Discount rate</i> kinerja biaya	154
Tabel 4. 41. Hasil Simulasi Skenario Pesimis.....	156
Tabel 4. 40. Hasil Simulasi Skenario Moderate.....	158
Tabel 4. 41. Hasil Simulasi Skenario Optimis	160
Tabel 4. 42. Pengembalian Modal Biaya <i>Retrofitting</i>	161