



**Optimasi Biaya Investasi *Green Infrastructure* dengan Metode
Value Engineering dan *Life Cycle Cost Analysis*
pada Instalasi Pengolahan Air**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi
Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
oleh
**AGUSMAN
55720110029**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
TAHUN 2024**

ABSTRACT

Development of water supply infrastructure is a government priority program in meeting clean water needs, which is the main need of the community. One of the parameters of infrastructure quality is how an infrastructure project still pays attention to environmental conditions and is sustainable, namely green infrastructure. This research aims to determine the influencing factors in optimizing costs by implementing green infrastructure in water treatment plants. Questionnaires were distributed to experts and parties involved in planning and implementing work. The results of data processing and analysis using SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) are that the variables Science Design (X1), Green Energy (X2), Green Material (X3), and Water, Air and Environmental Conservation (X4) show a positive influence with Cost performance (Y). This is shown by the 7 indicators that have the most influence on cost performance, namely: 1. Use of alternative renewable energy sources; 2. Determining the IPA system and operating methods; 3. Sustainable greening; 4. Selection of quality and durable materials; 5. Recycle the use of backwash water; 6. Selection of products with efficient energy use; and 7. Determination of material quality standards. From the most influential indicator, namely the use of alternative renewable energy sources, a case study was then carried out on the Regional SPAM development project using value engineering and life cycle cost analysis methods to obtain cost optimization by implementing green infrastructure in the construction of Water Treatment Plants.

Key Words: *Water Supply, Energy, Green Infrastructure, Cost Optimization, Value Engineering.*



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur penyediaan air minum merupakan program prioritas pemerintah dalam memenuhi kebutuhan air minum yang merupakan kebutuhan utama masyarakat. Salah satu parameter kualitas infrastruktur adalah bagaimana suatu proyek infrastruktur tetap memperhatikan kondisi lingkungan dan berkelanjutan, yaitu infrastruktur hijau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variabel yang berpengaruh dalam melakukan optimasi biaya dengan penerapan infrastruktur hijau pada Instalasi Pengolahan Air. Kuesioner disebarakan kepada para ahli dan para pihak yang terlibat dalam perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan. Hasil dari pengolahan data dan analisis menggunakan SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) adalah variabel Disain IPA (X1), *Green Energy* (X2), *Green Material* (X3), dan Konservasi air, udara, dan lingkungan (X4) menunjukkan pengaruh positif dengan kinerja Biaya (Y). Hal ini ditunjukkan dari 7 indikator yang paling berpengaruh terhadap kinerja biaya, yaitu: 1. Penggunaan alternatif sumber energi terbarukan; 2. Penentuan sistem dan metode operasi IPA; 3. Penghijauan yang berkelanjutan; 4. Pemilihan material yang berkualitas dan tahan lama; 5. Recycle penggunaan air kembali hasil backwash; 6. Pemilihan produk dengan efisiensi penggunaan energi; dan 7. Penentuan standar kualitas material. Dari indikator yang paling berpengaruh yaitu penggunaan alternatif sumber energi terbarukan, selanjutnya dilakukan studi kasus pada proyek pembangunan SPAM Regional dengan menggunakan metode rekayasa nilai dan *life cycle cost analysis* untuk mendapatkan optimasi biaya dengan penerapan infrastruktur hijau pada pembangunan Instalasi Pengolahan Air

Kata kunci: air minum, energi, infrastruktur hijau, optimasi biaya, rekayasa nilai




UNIVERSITAS
MERCU BUANA

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Optimasi biaya investasi *green infrastructure* dengan metode *Value Engineering* dan *Life Cycle Cost Analysis* pada instalasi pengolahan air
Nama : Agusman
NIM : 55720110029
Program Studi : Magister Teknik Sipil
Tanggal : 27 Februari 2024

Mengesahkan,
Pembimbing



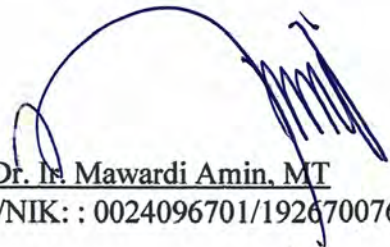
Dr. Ir. Budi Susetyo, MT
NIDN/NIK: 0329116201/190620035

Dekan
Fakultas Teknik

Ketua Program Studi
Magister Teknik Sipil



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT
NIDN/NIK:0307037202/113720381



Dr. Ir. Mawardi Amin, MT
NIDN/NIK: : 0024096701/192670076

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : Optimasi biaya investasi *green infrastructure* dengan metode *Value Engineering* dan *Life Cycle Cost Analysis* pada instalasi pengolahan air
Nama : Agusman
NIM : 55720110029
Program Studi : Magister Teknik Sipil
Tanggal : 27 Februari 2024

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.

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, 27 Februari 2024



Agusman

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

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

Nama : Agusman
NIM : 55720110029
Program Studi : Magister Teknik Sipil

Dengan judul: Optimasi biaya investasi *green infrastructure* dengan metode *Value Engineering* dan *Life Cycle Cost Analysis* pada instalasi pengolahan air, telah diperiksa pengecekan similarity dengan system Turnitin pada tanggal 12 Februari 2024, didapatkan nilai persentase sebesar 29%

Jakarta, 12 Februari 2024

Administrator Turnitin



(Miyono, S.Kom)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul ”Optimasi biaya investasi *green infrastructure* dengan metode *Value Engineering* dan *Life Cycle Cost Analysis* pada instalasi pengolahan air”. Tesis ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Budi Susetyo, MT, selaku Dosen Pembimbing
2. Dr. Ir. Agus Suroso, MT, selaku Dosen Penelaah
3. Dr. Ir. Mawardi Amin, MT, selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil
4. Dr. Zulfa Fitri Ilkatrinasari, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik
5. Istri dan anak yang sangat saya sayangi, responden, staff dan karyawan, serta rekan-rekan Program Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.

Penelitian yang penulis lakukan tentu masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap penelitian selanjutnya dapat menggali lebih dalam tentang optimasi biaya dalam penerapan infrastruktur hijau pada instalasi pengolahan air. Semoga penelitian ini dapat berguna bagi pembaca dan masyarakat Indonesia khususnya.

Jakarta, 27 Februari 2024

(Agusman)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi, Rumusan dan Batasan Masalah	6
1.2.1. Identifikasi Masalah.....	6
1.2.1. Perumusan Masalah	6
1.2.2. Batasan Masalah	7
1.3. Tujuan Penelitian	7
1.4. Manfaat dan Kegunaan Penelitian	7
1.5. Sistematika Penulisan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERFIKIR DAN HIPOTESA	9
2.1. Landasan Teori	9
2.1.1. Instalasi Pengolahan Air	9
2.1.2. <i>Green Infrastructure</i>	11
2.1.3. Optimasi Biaya	14
2.1.4. Rekayasa Nilai	15
2.1.5. <i>Life Cycle Cost (LCC)</i>	40
2.2. Tinjauan Atas Penelitian Terdahulu	47
2.2.1. Penelitian Terdahulu	47
2.2.2. Keaslian Penelitian.....	60
2.2.3. Celah Penelitian (<i>Research Gap</i>).....	60

2.2.4. Posisi Penelitian (State of The Art)	65
2.2.5. Research Novelty	67
2.3. Kerangka Berpikir	69
2.4. Hipotesis	70
BAB III METODA PENELITIAN	71
3.1. Jenis dan Disain Penelitian	71
3.1.1. Jenis Penelitian	71
3.1.2. Disain Penelitian.....	71
3.1.3. Populasi	75
3.1.4. Sampel	75
3.1.5. Menentukan Jumlah Responden	75
3.2. Variabel Penelitian.....	76
3.3. Jenis dan Sumber Data.....	80
3.4. Teknik Pengumpulan Data.....	81
3.5. Instrumen Penelitian	84
3.5.1. Penyusunan Instrumen Penelitian	84
3.5.2. Survei Kuesioner.....	84
3.5.3. Tabulasi Data	85
3.6. Metode Analisis Data	86
3.6.1. Metode Analisis Deskriptif.....	86
3.6.2. Distribusi Frekuensi (<i>Frequency Distribution</i>)	86
3.6.3. Rata - Rata (<i>Mean</i>).....	87
3.6.4. Statistik Inferensial.....	87
3.6.5. <i>Statistical Package for the Social Sciences</i> (SPSS)	88
3.6.6. Uji Instrumen Data	89
3.6.7. Hasil dan Evaluasi	92
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	94
4.1. Pengumpulan Data Kuesioner	94
4.2. Variabel yang Paling Berpengaruh.....	95
4.2.1. Penyusunan dan penyebaran instrument kuesioner.....	96
4.2.2. Pengumpulan Data.....	96
4.2.3. Tabulasi dan Pengolahan Data.....	98
4.2.4. Pengujian Data.....	99

4.2.5. Analisis Regresi Linier	104
4.2.6. Mean Ranging.....	110
4.3. Studi Kasus	110
4.3.1. Penerapan <i>Value Engineering</i>	111
4.3.2. <i>Life Cycle Cost Analysis</i>	120
4.3.3. Tahap Rekomendasi.....	121
4.4. Pembahasan	122
4.4.1. Tujuan Penelitian 1	122
4.4.2. Tujuan Penelitian 2	122
4.4.3. Tujuan Penelitian 3	122
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	124
5.1. Kesimpulan.....	124
5.2. Saran	125
DAFTAR PUSTAKA	126
LAMPIRAN	129



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Environmental Performance Index 2020 –Air Minum.....	1
Tabel 2.1 Manfaat Rekayasa Nilai	22
Tabel 2.2 Langkah dan aktivitas tahap pra-workshop.....	29
Tabel 2.3 Studi Literatur.....	52
Tabel 2.4 <i>Research Gap</i>	61
Tabel 2.5 <i>Research Novelty</i>	68
Tabel 3. 1 Daftar Main Factor dan Sub Factor.....	78
Tabel 3. 2 Contoh Pertanyaan dengan Skala Likert	85
Tabel 3. 3 Contoh Tabel Data.....	86
Tabel 3. 4 Contoh Distribusi Frekuensi	87
Tabel 4. 1 Revisi varibale pada Kuesioner dari hasil validasi pakar.....	94
Tabel 4. 2 Distribusi dan Penerimaan Kuesioner	96
Tabel 4. 3 Tingkat Pendidikan Responden.....	97
Tabel 4. 4 Jenis Pekerjaan Responden.....	97
Tabel 4. 5 Pengalaman Pekerjaan Responden.....	97
Tabel 4. 6 Tabulasi Data untuk input SPSS	98
Tabel 4. 7 Nilai r_{hitung} X1 Disain IPA	100
Tabel 4. 8 Nilai r_{hitung} X2 <i>Green Energy</i>	101
Tabel 4. 9 Nilai r_{hitung} X3 <i>Green Material</i>	101
Tabel 4. 10 Nilai r_{hitung} X4 Konservasi Air, Udara, dan Lingkungan.....	102
Tabel 4. 11 Nilai r_{hitung} Y Biaya.....	102
Tabel 4. 12 Nilai Cronbach’s Alpha untuk X1, X2, X3, X4, dan Y.....	103
Tabel 4. 13 Hasil Uji Normalitas <i>Kolmogorov – Smirnov</i>	104
Tabel 4. 14 Parameter Uji <i>Durbin-Watson</i>	105
Tabel 4. 15 Uji <i>Durbin-Watson</i>	105
Tabel 4. 16 Uji Multikolinieritas	106
Tabel 4. 17 Uji T	106
Tabel 4. 18 Uji F.....	108
Tabel 4. 19 Mean Rangking	110
Tabel 4. 20 Variabel Paling Berpengaruh dalam Kinerja Biaya Instalasi Pengolahan Air.....	110

Tabel 4. 21 Rencana Anggaran Biaya pada desain awal.....	113
Tabel 4. 22 Analisa Fungsi dari pekerjaan Bangunan Mekanikal Elektrikal	115
Tabel 4. 23 Analisa Fungsi dari pekerjaan Elektrikal IPA	115
Tabel 4. 24 Perbandingan Alternatif Design Satu dan Dua.....	116
Tabel 4. 25 Perhitungan LCC antara pemasangan PLN & Solar Cell.....	121
Tabel 4. 26 Rekomendasi Pemasangan Instalasi Listrik IPA Simoro,	122



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Target Visium Kementerian PUPR Tahun 2020 – 2024 dan 2030	2
Gambar 1.2 Sustainable Development Goals 2030	3
Gambar 2.1 Instalasi Pengolahan Air SPAM Regional Palu-Sigi.....	11
Gambar 2.2 Kurva Pengaruh Waktu Penerapan Rekayasa Nilai	24
Gambar 2.3 Waktu Rekayasa Nilai dibutuhkan.....	24
Gambar 2.4 Tahapan Pelaksanaan Rekayasa Nilai	25
Gambar 2.5 Tahap Proyek dan Potensi Penghematan	25
Gambar 2.6 Grafik Penghematan Biaya Pada Rekayasa Nilai	26
Gambar 2.7 Hukum Distribusi Pareto.....	27
Gambar 2.8 Tahapan Studi Rekayasa Nilai	27
Gambar 2.9 Studi Rekayasa Nilai.....	28
Gambar 2.10 Tahap <i>Workshop</i> dan fase-fase didalamnya.....	33
Gambar 2.11 Contoh <i>FAST Diagram</i>	36
Gambar 2.12 <i>Cash Flow Annual</i>	43
Gambar 2.13 <i>Cash Flow Annual Future</i>	44
Gambar 2.14 <i>Cash Flow Annual Present</i>	44
Gambar 2.15 <i>Research gap</i>	65
Gambar 2.16 <i>State of the art</i>	67
Gambar 2.17 Kerangka Berpikir	69
Gambar 3.1 Bagan Alir Kerangka Penelitian	72
Gambar 3.2 Rencana Diagram Alir Implementasi	73
Gambar 3.3 Model Matematika Variabel	79
Gambar 3.4 Tahapan Pembuatan Kuesioner.....	84
Gambar 3.5 Langkah-Langkah Pengolahan Data dengan SPSS	88

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kuesioner Tahap 1 (Validasi Pakar)	129
Lampiran 2 Kuesioner Penelitian	134
Lampiran 3 Rekap Data Hasil Isian Kuesioner	138
Lampiran 4 Hasil Pengolahan Data menggunakan SPSS.....	139
Lampiran 5 Pengecekan Similaritas Jurnal	147
Lampiran 6 Curriculum Vitae	167

