



**ANALISIS KINERJA BIAYA OPERASIONAL
BERBASIS *GREEN CONCEPT* DENGAN METODE *VALUE
ENGINEERING* DAN *LIFE CYCLE COST ANALYSIS*
PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR**

TESIS

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
HENDY GUNAWAN PUTRA
NIM 55723110007

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**



**ANALISIS KINERJA BIAYA OPERASIONAL
BERBASIS *GREEN CONCEPT* DENGAN METODE *VALUE
ENGINEERING* DAN *LIFE CYCLE COST ANALYSIS*
PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR**

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Magister

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

HENDY GUNAWAN PUTRA

NIM 55723110007

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**

HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hendy Gunawan Putra
NIM : 55723110007
Fakultas/Program Studi : Teknik/Magister Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tesis berjudul:
“Analisis Kinerja Biaya Operasional Berbasis *Green Concept* Dengan Metode *Value Engineering* Dan *Life Cycle Cost Analysis* Pada Instalasi Pengolahan Air”
adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 21 Februari 2026



Hendy Gunawan Putra

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I., BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

Nama : **Hendy Gunawan Putra**
NIM : **55723110007**
Program Studi : **Magister Teknik Sipil**
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **Analisis Kinerja Biaya Operasional Berbasis Green Concept Dengan Metode Value Engineering Dan Life Cycle Cost Analysis Pada Instalasi Pengolahan Air**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Rabu, 25 Februari 2026** dengan hasil presentase sebesar **12 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 25 Februari 2026

Administrator Turnitin,

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Hendy Gunawan Putra
NIM : 55723110007
Fakultas/Program Studi : Teknik/Magister Teknik Sipil
Judul Tesis : Analisis Kinerja Biaya Operasional Berbasis
Green Concept Dengan Metode *Value Engineering*
Dan *Life Cycle Cost Analysis* Pada Instalasi
Pengolahan Air

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 20 Februari 2026 di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing



Dr. Ir. Budi Susetyo, M.T.

NIDN : 0329116201

Jakarta, 24 Februari 2026

Mengetahui,

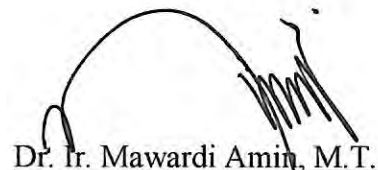
Dekan
Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.

NIDN : 0307037202

Ketua Program Studi
Magister Teknik Sipil



Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T.

NIDN : 0024096701

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tesis ini. Penulisan Tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng, selaku Rektor Universitas Mercu Buana Jakarta;
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta;
3. Bapak Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T., selaku penguji dan Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana yang telah memberikan masukan dan pengarahan agar penulis dapat menyelesaikan penelitian ini;
4. Bapak Dr. Ir. Budi Susetyo, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tesis ini;
5. Bapak Dr. Ir. Agus Suroso, M.T., selaku ketua penguji yang telah memberikan masukan dan arahan untuk kesempurnaan penelitian ini;
6. Sahabat Angga Erlangga dan Muhammad Busthomy yang selalu memberikan motivasi serta saran selama proses penelitian;
7. Seluruh rekan-rekan Magister Teknik Sipil dan Mahasiswa bimbingan yang selalu memberi dukungan dan memberikan semangat serta saran sehingga penulis bisa menyelesaikan Tesis ini;
8. Istri dan anak-anak saya atas dukungan dan rasa sayang yang luar biasa yang menjadikan semangat buat penulis;
9. Manajemen dan rekan-rekan kerja PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang atas izin dan kerja samanya selama proses penyusunan Tesis ini berlangsung.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 21 Februari 2026

Hendy Gunawan Putra



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR DI REPOSITORY UMB**

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hendy Gunawan Putra
NIM : 55723110007
Fakultas/Program Studi : Teknik/Magister Teknik Sipil
Judul Tesis : Analisis Kinerja Biaya Operasional Berbasis
Green Concept Dengan Metode Value Engineering Dan Life Cycle Cost Analysis Pada Instalasi Pengolahan Air

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 21 Februari 2026

Yang menyatakan,



(Hendy Gunawan Putra)

ANALISIS KINERJA BIAYA OPERASIONAL BERBASIS GREEN CONCEPT DENGAN METODE VALUE ENGINEERING DAN LIFE CYCLE COST ANALYSIS PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR

HENDY GUNAWAN PUTRA

ABSTRAK

Penyediaan air minum yang berkualitas dan berkelanjutan menjadi salah satu tantangan utama di berbagai negara, termasuk Indonesia. Kementerian Pemerintah telah menetapkan sasaran pembangunan berupa Visium Kementerian PUPR 2030, salah satu target untuk mewujudkan visium tersebut adalah dengan akses 100% Pelayanan Air Minum. Salah satu visi yang lebih luas dalam rangka mewujudkan target pelayanan air minum adalah infrastruktur andal dan berkelanjutan. Instalasi Pengolahan Air (IPA) sebagai infrastruktur utama penyedia air bersih untuk mencapai target pelayanan air minum dalam kegiatan operasionalnya terkadang berdampak negatif terhadap lingkungan sehingga tidak sesuai dengan visi pelayanan air bersih tersebut. Oleh karena itu perlu adanya strategi *green concept* kegiatan operasional dan pemeliharaan IPA agar dapat mengurangi dampak buruk yang dihasilkan terhadap lingkungan.

Penelitian ini mengeksplor terkait kegiatan operasional *green concept* pada IPA dengan mengidentifikasi faktor/variabel yang paling berpengaruh pada efisiensi biaya operasional. Evaluasi biaya perlu dilakukan karena IPA merupakan salah satu komponen penting dalam Sistem Penyediaan Air Minum dan memerlukan biaya yang besar dalam menjalankan prosesnya. Analisis data kuesioner, diolah menggunakan SEM-PLS. Hasilnya variabel Teknologi Berkelanjutan dengan Penggunaan Energi Terbarukan dan Penerapan Inovasi sebagai indikator paling berpengaruh. Studi kasus di IPA PERUMDAM TKR dengan penerapan metode *Value Engineering* (VE) dan *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA) untuk analisa biaya operasional *green concept*. Metode VE menghasilkan peningkatan biaya 8,97% atau sebesar Rp 1.717.378.957,00. LCCA menunjukkan investasi *green concept* pada IPA layak dilakukan dengan NPV > 0, yaitu Rp 14.076.121.227,33, IRR 16,42% dan *Payback Period* selama 8,60 tahun.

Kata Kunci: Analisis, *Green Concept*, Instalasi Pengolahan Air (IPA), *Value Engineering*, *Life Cycle Cost Analysis*

ANALYSIS OF OPERATIONAL COST PERFORMANCE BASED ON GREEN CONCEPT WITH VALUE ENGINEERING AND LIFE CYCLE COST ANALYSIS METHODS IN WATER TREATMENT PLANT

HENDY GUNAWAN PUTRA

ABSTRACT

Providing quality and sustainable drinking water is one of the main challenges in various countries, including Indonesia. The Ministry of Government has set a development target in the form of the Ministry of Public Works and Public Housing Vision 2030, one of the targets to realize this vision is 100% access to drinking water services. One of the broader visions in order to realize the target of drinking water services is reliable and sustainable infrastructure. Water Treatment Plants (WTPs) as the main infrastructure for providing clean water to achieve drinking water service targets in their operational activities sometimes have a negative impact on the environment so that they are not in accordance with the vision of clean water services. Therefore, a green concept strategy is needed for operational activities and maintenance of WTPs to reduce the negative impacts produced on the environment.

This study explores green concept operational activities of green concept in WTP by identifying the factors/variables that most influence the efficiency of operational costs. Cost evaluation is necessary because the WTP is one of the important components in the Drinking Water Supply System and requires large costs in carrying out the process. Analysis of questionnaire data, processed using SEM-PLS. The results are Sustainable Technology variables with the Use of Renewable Energy and the Application of Innovation as the most influential indicators. Case study at IPA PERUMDAM TKR with the application of Value Engineering (VE) and Life Cycle Cost Analysis (LCCA) methods for analyzing green concept operational costs. The VE method resulted in an 8.97% increase in costs or Rp 1,717,378,957.00. LCCA shows that green concept investment in WTP is feasible with $NPV > 0$, which is Rp 14,076,121,227.33, IRR 16.42% and Payback Period of 8.60 years.

Keywords: *Analysis, Green Concept, Water Treatment Plant (WTP), Value Engineering, Life Cycle Cost Analysis*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	0
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI	ii
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	5
1.3. Rumusan Masalah	6
1.4. Tujuan Penelitian	6
1.5. Batasan Penelitian	7
1.6. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)	9
2.2. <i>Green Concept</i>	13
2.3. Komponen Biaya Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)	15
2.4. <i>Value Engineering</i>	17
2.5. <i>Structural Equation Modelling-Partial Least Squares (SEM-PLS)</i>	22
2.6. Penelitian Terdahulu	23
2.7. <i>Research Gap</i>	36

2.8.	Novelty Penelitian	37
2.9.	Kerangka Berpikir	39
2.10.	Model dan Hipotesis Penelitian	40
BAB III METODA PENELITIAN.....		42
3.1.	Metoda Penelitian	42
3.1.1.	Desain Penelitian	42
3.1.2.	Lokasi Penelitian	45
3.1.3.	Populasi	49
3.1.4.	Sampel	49
3.1.5.	Menentukan Jumlah Responden.....	49
3.2.	Variabel Penelitian	50
3.2.1.	Variabel Bebas (X)	51
3.2.2.	Variabel Moderasi (Z)	52
3.2.3.	Variabel Terikat (Y)	53
3.3.	Jenis dan Sumber Data	53
3.4.	Teknik Pengumpulan Data	54
3.5.	Metode Analisa	55
3.5.1.	<i>Structural Equation Modelling (SEM-PLS)</i>	55
3.5.2.	<i>Studi Value Engineering</i>	60
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		62
4.1.	Pendahuluan.....	62
4.2.	Tahap Desain Penelitian	63
4.2.1.	Validasi Pakar.....	63
4.2.2.	Pilot Survey	64
4.2.3.	Penentuan Jumlah Responden	66
4.3.	Tahap Pengumpulan Data.....	66
4.3.1.	Proses Pengumpulan Data Kuesioner.....	66
4.3.2.	Penyusunan Penyebaran Instrument Penelitian	67
4.4.	Tahap Pengolahan Data	68
4.4.1.	Data Umum Responden.....	68
4.4.2.	Kriteria Dalam Penilaian SEM-PLS.....	69
4.4.3.	Model Pengukuran (<i>Outer Model</i>)	70

4.4.4.	Uji <i>Discriminant Validity</i>	72
4.4.6.	Uji Relibilitas.....	73
4.4.7.	Pengujian <i>R-Square</i>	74
4.4.8.	Pengujian <i>F Square</i>	74
4.4.9.	Uji Hipotesis.....	75
4.4.10.	<i>Mean Ranking</i>	78
4.5.	Penerapan <i>Value Engineering</i>	80
4.5.1.	Tahap Informasi.....	80
4.5.2.	Tahap Analisis Fungsi	83
4.5.3.	Tahap Kreatif.....	84
4.5.4.	Tahap Evaluasi	89
4.5.5.	<i>Hasil Research Question 2</i>	90
4.6.	<i>Life Cycle Cost Analysis</i>	90
4.6.1.	<i>Hasil Research Question 3</i>	95
4.7.	Tahap Validasi Data	95
4.8.	Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya	95
4.9.	Rekomendasi Praktis Proyek.....	99
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		101
5.1	Kesimpulan.....	101
5.2	Saran	102
DAFTAR PUSTAKA.....		104
LAMPIRAN		109

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. <i>Environmental Performance Index 2024 – Air Minum</i>	1
Tabel 2. 1. Tinjauan Penelitian Terdahulu	23
Tabel 2. 2. <i>Research Gap</i>	36
Tabel 3. 1. Pemanfaatan Lahan IPA.....	46
Tabel 3. 2. Daya Listrik IPA	48
Tabel 3. 3. Definisi Variabel Penelitian	51
Tabel 3. 4. Variabel X Penelitian	52
Tabel 3. 5. Variabel Z Penelitian	52
Tabel 3. 6. Variabel Y Penelitian	53
Tabel 3. 7. Tujuan Pertanyaan Kuisisioner.....	54
Tabel 4. 1. Variabel dan indikator Hasil dari Validasi Pakar.....	63
Tabel 4. 2. Variabel dan indikator Hasil dari Pilot Survey	65
Tabel 4. 3. Rincian Pengembalian Kuesioner	67
Tabel 4. 4. Daftar Jumlah Butir Pertanyaan/Pernyataan	67
Tabel 4. 5. Tingkat Pendidikan Responden	68
Tabel 4. 6. Tingkat Jabatan/Posisi Responden.....	68
Tabel 4. 7. Tingkat Pengalaman Pekerjaan Responden	69
Tabel 4. 8. Kriteria Penilaian Model SEM-PLS	69
Tabel 4. 9. Tabulasi Data Hasil Kuesioner	70
Tabel 4. 10. Nilai <i>Average Variance Extracted (AVE)</i>	71
Tabel 4. 11. Nilai Akar <i>Average Variable Extracted (AVE)</i>	72
Tabel 4. 12. <i>Collinerarity Statistics (VIF)</i>	73
Tabel 4. 13. Nilai <i>Composite Reliability</i>	73
Tabel 4. 14. Nilai <i>R-Square</i>	74
Tabel 4. 15. Nilai <i>F-Square</i>	75
Tabel 4. 16. Pengaruh Signifikansi Dari <i>P-Value</i>	77
Tabel 4. 17. Mean Ranking Indikator	78
Tabel 4. 18. Rekapitulasi Uji SEM-PLS	79
Tabel 4. 19. Komponen Biaya Operasional IPA.....	82
Tabel 4. 20. Analisis Fungsi Terkait Komponen Biaya Operasional IPA	83

Tabel 4. 21. Kondisi Awal dan Alternatif	85
Tabel 4. 22. Kelebihan dan Kekurangan	86
Tabel 4. 23. <i>Multi Criteria Decision Analysis</i>	87
Tabel 4. 24. Spesifikasi PLTS <i>Hybrid</i> 12 KW Baterai	88
Tabel 4. 25. Perhitungan <i>Green Cost</i>	90
Tabel 4. 26. <i>Net Cash Flow</i> 5 Tahun	91
Tabel 4. 27. Rata-Rata Suku Bunga Deposito Tahun 2025	92
Tabel 4. 28. Perhitungan Nilai NPV dan IRR	93
Tabel 4. 29. Analisis Sensitivitas	94
Tabel 4. 30. Tabel Validasi <i>Value Engineering</i> Pakar	95
Tabel 4. 31. Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya	96



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Posisi Penelitian	37
Gambar 2. 2. Novelty Penelitian	38
Gambar 2. 3. Kerangka Berpikir	39
Gambar 2. 4. Model Penelitian	40
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian	43
Gambar 3. 2. Lokasi Penelitian	45
Gambar 3. 3. Tampak Atas Detail Lokasi Penelitian.....	46
Gambar 3. 4. Diagram Pengolahan Data SEM	58
Gambar 4. 1. Outer Loading	71
Gambar 4. 2. Uji Hipotesis.....	76
Gambar 4. 3. Denah Lokasi Penelitian.....	81
Gambar 4. 4. Diagram Pareto Komponen Biaya Operasional	82
Gambar 4. 5. Fast Diagram Kegiatan Terkait Komponen Biaya Operasional IPA 84	



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Validasi Pakar	109
Lampiran 2 Kuesioner Penelitian	115
Lampiran 3 Validasi Hasil Studi <i>Value Engineering</i>	120
Lampiran 4 Tabulasi Kuesioner	121
Lampiran 5 Detail Teknis Alternatif Desain	122
Lampiran 6 RAB Sebelum dan Sesudah VE.....	124
Lampiran 7 Perhitungan Net Present Value 20 Tahun.....	125
Lampiran 8 Similarity Check	127
Lampiran 9 Artikel Publikasi	129

