



**ANALISIS KONSEP *GREEN RETROFIT* SESUAI
PEDOMAN PERMEN PUPR NO. 21 TAHUN 2021
PADA BANGUNAN INDUSTRI KIMIA BERBASIS
BLOCKCHAIN-BIM UNTUK EFISIENSI BIAYA**



TESIS

UNIVERSITAS
LASTARIDA SINAGAS
NIM : 55721120006
MERCU BUANA

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



**ANALISIS KONSEP *GREEN RETROFIT* SESUAI
PEDOMAN PERMEN PUPR NO. 21 TAHUN 2021
PADA BANGUNAN INDUSTRI KIMIA BERBASIS
BLOCKCHAIN-BIM UNTUK EFISIENSI BIAYA**

TESIS

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

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
LASTARIDA SINAGA
NIM : 55721120006

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

ABSTRAK

Nama : Lastarida Sinaga
NIM : 55721120006
Program Studi : Magister Teknik Sipil
Judul : “Analisis Konsep *Green Retrofit* Sesuai Pedoman Permen PUPR No. 21 Tahun 2021 Pada Bangunan Industri Kimia Berbasis *Blockchain-BIM* Untuk Efisiensi Biaya”
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Albert Eddy Husin, M.T.

Green Industry diterapkan secara luas dalam industri manufaktur sebagai upaya untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Implementasi *green industry* dipengaruhi oleh berbagai faktor. Industri kimia menjadi salah satu sektor yang memiliki tantangan dalam menerapkan *green industry*. Penelitian ini mengkaji konsep *green retrofit* dalam industri kimia dengan menggunakan penilaian sesuai PUPR No. 21 Tahun 2021. Penelitian dilakukan di salah satu industri kimia di Kota Cilegon, Banten, Indonesia. Metode penelitian menggunakan kombinasi *Blockchain-Building Information Modeling (BIM)* untuk menganalisis efisiensi biaya *green retrofitting* dan SEM-PLS sebagai alat untuk mengolah data dari kuesioner dan mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan *Blockchain-Building Information Modeling (BIM)* dapat mengurangi biaya *retrofitting* sebesar 4,42% untuk pratama, 4,43% tingkat madya, dan 4,38% tingkat utama. Hal ini membuktikan bahwa *Blockchain-BIM* memiliki pengaruh yang signifikan dalam meningkatkan kinerja biaya dalam proses *retrofitting*.

Kata Kunci: *green retrofit*, *green industry*, industri kimia, *blockchain-BIM*, SEM-PLS, efisiensi biaya.

ABSTRACT

Name : Lastarida Sinaga
NIM : 55721120006
Study Program : *Master of Civil Engineering*
Title : “*Analysis of Green Retrofit Concept According to Minister of Public Works and Housing Regulation No. 21 of 2021 on Chemical Industry Buildings Based on Blockchain-BIM for Cost Efficiency*”
Councillor : Dr. Ir. Albert Eddy Husin, M.T.

Green Industry is widely implemented in the manufacturing sector as an effort to reduce negative impacts on the environment. The implementation of green industry is influenced by various factors. The Chemical Industry is one sector that faces challenges in implementing green industry practices. This research examines the concept of green retrofitting in the chemical industry using an assessment based on the Ministry of Public Works and Housing Regulation No. 21 of 2021. The study was conducted in a chemical industry located in Cilegon, Banten, Indonesia. The research method combines Blockchain-Building Information Modeling (BIM) to analyze the cost efficiency of green retrofitting, and Structural Equation Modeling-Partial Least Squares (SEM-PLS) as a tool to process data from questionnaires and identify influential factors. The results indicate that the use of Blockchain-BIM can reduce retrofitting costs by 4.42% for low-level, 4.43% for medium-level, and 4.38% for high-level categories. This demonstrates that Blockchain-BIM has a significant impact on improving cost performance in the retrofitting process.

Keywords: Green Retrofit, Green Chemical Industry, Blockchain-BIM, SEM-PLS, Cost Efficiency

PERNYATAAN KEASLIAN

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

Judul : “Analisis Konsep *Green Retrofit* Sesuai Pedoman Permen PUPR No. 21 Tahun 2021 Pada Bangunan Industri Kimia Berbasis *Blockchain-Bim* Untuk Efisiensi Biaya”

Nama : Lastarida Sinaga

NIM : 55721120006

Program : Pascasarjana – Program Studi Magister Teknik Sipil

Tanggal : 17 Januari 2024

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

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister (S2) pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, serta hasil pengolahannya yang dituliskan pada tesis ini, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 17 Januari 2024


20
METERAI
TEMPEL
DF48DALX055168626
(Lastarida Sinaga)

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Analisis Konsep *Green Retrofit* Sesuai Pedoman Permen PUPR
No. 21 Tahun 2021 Pada Bangunan Industri Kimia Berbasis
Blockchain-Bim Untuk Efisiensi Biaya

Nama : Lastarida Sinaga

NIM : 55721120006

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Tanggal :

Mengesahkan

Pembimbing



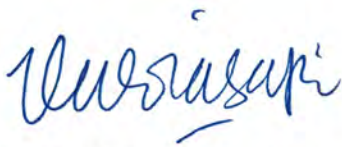
(Dr. Ir. Albert Eddy Husin, M.T.)
NIDN/NIK: 0309116504/116670547

UNIVERSITAS

MERCU BUANA

Dekan
Fakultas Teknik

Ketua Program Studi
Magister Teknik Sipil



(Dr. Ir. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)
NIDN/NIK: 0307037202/113720381



(Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T.)
NIDN/NIK: 0024096701/192670076

PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

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

Nama : Lastarida Sinaga
NIM : 55721120006
Program Studi : Magister Teknik Sipil

dengan judul

“ANALISIS KONSEP *GREEN RETROFIT* SESUAI PEDOMAN PERMEN PUPR NO. 21 TAHUN 2021 PADA BANGUNAN INDUSTRI KIMIA BERBASIS *BLOCKCHAIN-BIM* UNTUK EFISIENSI BIAYA”

telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal 15 Januari 2024, didapatkan nilai persentase sebesar 16%.

Jakarta, 15 Januari 2024

Administrator Turnitin


UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Mivono., S.kom

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala karunia dan ridho-NYA, sehingga tesis dengan judul “Analisis Konsep *Green Retrofit* Sesuai Pedoman Permen PUPR No. 21 Tahun 2021 Pada Bangunan Industri Kimia Berbasis *Blockchain-Bim* Untuk Efisiensi Biaya”

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana dan diharapkan mampu memberikan kontribusi bagi tempat penelitian ini dilakukan dan juga untuk semua pihak.

Tesis ini bisa selesai tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari semua pihak, oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih, kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Albert Eddy Husin, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, koreksi untuk perbaikan serta dukungannya.
2. Bapak Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T selaku Dosen Penelaah dan Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana yang telah memberikan arahan, koreksi untuk perbaikan serta dukungannya.
3. Segenap Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana atas ilmu pengetahuan dan suri tauladan yang sudah diberikan.
4. Segenap Management PT. X yang sudah memberikan kesempatan dan rekan-rekan team kerja PT.X yang sudah meluangkan waktu selama penelitian dilakukan.
5. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana Jakarta, khususnya Angkatan XXIV atas kebersamaan dan dukungannya.
6. Ibu tercinta Ibu Hotnida Simbolon dan Ayahanda Bp. Lismen Sinaga atas doa dan dukugannya
7. Istri tercinta Uci Imelda Silitonga dan anak tersayang Louis Ian Yosafat Sinaga dan Lethisia Christ Natalia Sinaga, serta segenap keluarga yang sudah tulus mendoakan dan memberi semangat.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan tesis ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima saran dan kritik sebagai sarana perbaikan. Penulis berharap tesis ini dapat bermanfaat dan bisa dikembangkan lebih lanjut.

Jakarta, 17 Januari 2024

Lastarida Sinaga



DAFTAR ISI

COVER	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	10
1.3 Rumusan Masalah	11
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian	11
1.5 Batasan Penelitian	12
1.6 Manfaat dan Kegunaan Penelitian	12
1.7 Sistematika Penelitian	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1 Industri	14
2.1.1 Jenis-Jenis Industri	17
2.2 Konsep Green	18
2.2.1 <i>Green Building</i>	20
2.2.2 Sistem Peringkat <i>Green Building</i>	22
2.2.3 <i>Green Retrofitting</i>	25
2.2.4 <i>Green Industry</i>	26
2.3 Blockchain	29
2.4 Building Information Modeling (BIM)	32
2.5 SEM-PLS	36
2.6 Tinjauan Penelitian Terdahulu	39

2.7	Kerangka Berfikir	48
2.8	Hipotesa Penelitian	49
2.9	Keaslian Penelitian	49
2.9.1	<i>Research Gap</i>	49
2.9.2	<i>State Of The Art</i>	57
2.9.3	<i>Research Novelty</i>	57
BAB III METODE PENELITIAN		59
3.1	Desain Penelitian	59
3.2	Objek Penelitian	61
3.3	Data Penelitian	62
3.4	Jenis dan Sumber Data	63
3.4.1	Data Primer.....	64
3.4.2	Data Sekunder	64
3.5	Teknik Pengumpulan Data	64
3.5.1	Studi Literatur	64
3.5.2	Survey Kuesioner	65
3.5.3	Survey Wawancara	66
3.5.4	Metode Pengumpulan Data	67
3.5.5	Analisa Masalah dan Menentukan Penyebab Dominan	70
3.5.6	Analisa Korelasi	71
3.5.7	Uji Validasi	73
3.5.8	Uji Realibilitas.....	75
3.5.9	Analisis Regresi Linier Berganda.....	77
3.5.10	Uji T-Statistik	77
3.5.11	Uji F.....	80
3.6	Langkah Penelitian	81
3.7	Alur Implementasi	82
3.8	Variabel Penelitian	82
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		84
4.1	Pengolahan Data Penelitian	84
4.1.1	Pengumpulan Data	86

4.1.2	Penyusunan Kuisisioner	87
4.1.3	Karakteristik Deskripsi Responden	96
4.2	Analisis	102
4.2.1	Analisa SEM-PLS	112
4.2.2	Analisis Faktor	113
4.2.3	Analisa Studi Kasus	114
4.3	Pembahasan	117
4.3.1	Faktor-faktor Berpengaruh	117
4.3.2	Pemodelan dengan Building Information Modeling ..	120
4.3.3	Pekerjaan Pembangunan Tempat Daur Ulang Sampah	121
4.3.4	Pekerjaan Lampu Penerangan Jalan	122
4.3.5	Pekerjaan Solar Panel Bangunan Kantor.....	123
4.3.6	Pekerjaan Biopri dan Resapan.....	124
4.3.7	Uji Simulasi Blockchain-BIM.....	126
4.3.8	Nilai Infestasi <i>Penerapan Green Retrofitting Analisa Blockchain-BIM</i>	130
4.3.9	Implikasi dan Kelemahan Penelitian.....	132
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		134
5.1	Kesimpulan	134
5.2	Saran.....	135
DAFTAR PUSTAKA		136
LAMPIRAN		
Lampiran 1. Kuesioner Penelitian		
Lampiran 2. Hasil Asesmen Bangunan Industri Kimia		
Lampiran 3. Publikasi Civil and Engineering Journal (Iran)		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (1/8)	40
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu (2/8)	41
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu (3/8)	41
Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu (4/8)	43
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu (5/8)	44
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu (6/8)	45
Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu (7/8)	46
Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu (8/8)	47
Tabel 2.9 <i>Research Gap</i> (Celah Penelitian) (1/7)	50
Tabel 2.10 <i>Research Gap</i> (Celah Penelitian) (2/7)	51
Tabel 2.11 <i>Research Gap</i> (Celah Penelitian) (3/7)	52
Tabel 2.12 <i>Research Gap</i> (Celah Penelitian) (4/7)	53
Tabel 2.13 <i>Research Gap</i> (Celah Penelitian) (5/7)	54
Tabel 2.14 <i>Research Gap</i> (Celah Penelitian) (6/7)	55
Tabel 2.15 <i>Research Gap</i> (Celah Penelitian) (7/7)	56
Tabel 2.16 Research Novelty (Kebaruan Penelitian)	58
Tabel 4.1 Sub Faktor Penelitian (1/5)	88
Tabel 4.2 Sub Faktor Penelitian (2/5)	89
Tabel 4.3 Sub Faktor Penelitian (3/5)	90
Tabel 4.4 Sub Faktor Penelitian (4/5)	91
Tabel 4.5 Sub Faktor Penelitian (5/5)	92
Tabel 4.6 Distribusi Z	94
Tabel 4.7 Distribusi Angket Kuesioner.....	96
Tabel 4.8 Tingkat Pendidikan	97
Tabel 4.9 Tabel Data Kedudukan Responden.....	98
Tabel 4.10 Data Pengalaman Kerja.....	99
Tabel 4.11 Tabel Penilaian SEM-PLS (1/2)	101
Tabel 4.12 Tabel Penilaian SEM-PLS (2/2)	102

Tabel 4.13 Jalur Hubungan Pemodelan Utama SEM-PLS	104
Tabel 4.14 Analisa Jalur Utama Pemodelan	104
Tabel 4.15 Hasil Pemeriksaan Reliabilitas Kostruk Berdasarkan <i>Convergent Validity</i>	107
Tabel 4.16 Hasil Nilai <i>R-Square</i>	113
Tabel 4.17 Hasil Nilai <i>f-Square</i>	114
Tabel 4.18 Hasil Nilat <i>f-square</i>	115
Tabel 4.19 Rencana Anggaran Biaya <i>Green Retrofitting</i>	119
Tabel 4.20 Rencana Anggaran Biaya <i>Green Retrofitting</i> dengan <i>Blockchain-BIM</i>	131



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Persebaran Industri di Indonesia	2
Gambar 1.2 Scoring Indonesia berdasarkan EPI 2022.....	3
Gambar 1.3 <i>Report Overview</i> Indonesia dari EPI.....	4
Gambar 1.4 Negara Penyumbang Emisi Gas Rumah Kaca	5
Gambar 1.6 Tujuan Pembangunan berkelanjutan	6
Gambar 2.1 Skema Blockchain pada BIM.....	27
Gambar 2.2 BIM dan Blockchain	28
Gambar 2.3 Life Cycle BIM	30
Gambar 2.4 Kolaborasi BIM.....	30
Gambar 2.5 BIM Level	32
Gambar 2.6 Kerangka Kerja Penilaian Daur Hidup	33
Gambar 2.7 Kerangka Kerja Penilaian Daur Hidup	34
Gambar 2.8 Kerangka Berfikir.....	39
Gambar 2.9 Kerangka Berfikir.....	41
Gambar 3.1 Denah Lokasi Objek Penelitian.....	44
Gambar 3.2 Langkah Penelitian.....	46
Gambar 3.3 Alur Implementasi.....	46
Gambar 4.1 Diagram Analisa Statistik SEM-PLS	54
Gambar 4.2 Tingkat Pendidikan	61
Gambar 4.3 Data Kedudukan Responden	62
Gambar 4.4 Data Pengalaman Kerja.....	63
Gambar 4.5 Diagram Pemodelan Utama SEM-PLS.....	67
Gambar 4.6 Hasil Diagram SEM T-Value dan Part Coofisien	70
Gambar 4.7 Diagram Nilai Cronbach's Alpha	72
Gambar 4.8 Diagram Nilai Compisite Reliability	72
Gambar 4.9 Diagram Nilai Avarage Variance Extracted (AVE).....	72
Gambar 4.10 Diagram SEM-PLS T-Value dan P-Statistic.....	75
Gambar 4.11 Diagram P-Value dan Part Coeficient.....	76

Gambar 4.13 Diagram Nilai R Square	78
Gambar 4.14 Pemodelan BIM Industri Kimia	85
Gambar 4.15 Pemodelan BIM Penerangan Jalan.....	87
Gambar 4.16 Pemodelan BIM Solar Panel Bangunan kantor.....	88
Gambar 4.17 Output BoQ BIM Family Retrofit Item	90
Gambar 4.18 Area Plot Aplikasi BlockchainPrototipe	91
Gambar 4.19 Member Dalam Blockchain Network	92
Gambar 4.20 Prototipe Interface Log In Blockchain Portal	93
Gambar 4.21 Prototipe Interface Dashboard Blockchain	94
Gambar 4.22 Role Member dan Authority Access Blockchain.....	94
Gambar 4.23 Halaman dan Riwayat Transaksi Pembayaran.....	95
Gambar 4.24 Validasi dan Transaksi Dokumen dalam Bentuk Hash.....	96



UNIVERSITAS
MERCU BUANA