



PENINGKATAN *COST PERFORMANCE* PADA *GREEN RETROFITTING* BANGUNAN KANTOR BERTINGKAT TINGGI SESUAI PEDOMAN BANGUNAN GEDUNG HIJAU (BGH) DENGAN ANALISIS *BLOCKCHAIN-BIM*

TESIS

**UNIVERSITAS
KRISTIYANTO
MERCU BUANA
NIM : 55721120034**

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



PENINGKATAN *COST PERFORMANCE* PADA *GREEN RETROFITTING* BANGUNAN KANTOR BERTINGKAT TINGGI SESUAI PEDOMAN BANGUNAN GEDUNG HIJAU (BGH) DENGAN ANALISIS *BLOCKCHAIN-BIM*

TESIS

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

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

KRISTIYANTO

NIM : 55721120034

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

ABSTRAK

Penggunaan energi dan sumber daya alam sangat lazim di industri konstruksi. Karenanya, industri konstruksi dikatakan bertanggung jawab atas 36% emisi CO₂. *Green Building*/bangunan hijau muncul sebagai alternatif solusi yang memungkinkan bagi *Architecture, Engineering, and Construction (AEC)* untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Salah satu permasalahan yang timbul pada penerapan konsep Bangunan Gedung Hijau/BGH (*green building*) menyebabkan terjadinya peningkatan biaya konstruksi hijau (*retrofitting cost*) sekitar 10,77%. Salah satu upaya untuk mengatasi peningkatan biaya pada *green retrofitting* tersebut dengan menerapkan *Blockchain* dan pendekatan dengan metode *Building Information Modeling (BIM)*, sebagai alternatif pilihan untuk menentukan biaya yang paling ekonomis berdasarkan input atau model yang diberikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor yang paling berpengaruh dalam peningkatan *cost performance* pada *green retrofitting* gedung kantor bertingkat tinggi adalah ; Penghematan konsumsi energi listrik, efisiensi penggunaan air, pemanfaatan energi terbarukan, adanya program sosialisasi BGH, perencanaan biaya/*budgeting*, perencanaan desain, studi kelayakan proyek, biaya material, penggunaan aplikasi *blockchain-BIM*, dan fluktuasi harga. Penerapan *blockchain-BIM* dapat menghasilkan penghematan biaya *green retrofitting* sebesar 4.10% untuk BGH peringkat Pratama, 3.92% untuk peringkat Madya dan untuk peringkat Utama sebesar 3.80%.

Kata Kunci ; *Green Retrofitting*, Gedung Kantor Bertingkat Tinggi, SEM-PLS, *Blockchain-BIM*, *Cost Performance*

ABSTRACT

The use of energy and natural resources is very prevalent in the construction industry. Hence, the construction industry is said to be responsible for 36% of CO₂ emissions. Green Building emerged as an alternative solution that allows Architecture, Engineering, and Construction (AEC) to support sustainable development. One of the problems that arise in the application of the Green Building concept causes an increase in green construction costs (retrofitting costs) of around 10.77%. One of the efforts to overcome the increased cost of green retrofitting is by applying Blockchain and the Building Information Modeling (BIM) approach, as an alternative choice to determine the most economical cost based on the input or model provided. The results showed that the most influential factors in increasing the cost performance of green retrofitting high-rise office buildings were; Savings in electricity consumption, efficient use of water, utilization of renewable energy, the existence of a BGH socialization program, cost planning/budgeting, design planning, project feasibility studies, material costs, use of blockchain-BIM applications, and price fluctuations. The application of blockchain-BIM can result in green retrofitting cost savings of 4.10% for BGH Primary ratings, 3.92% for Middle ratings and for Primary ratings of 3.80%.

Keywords ; Green Retrofitting, High Rise Office Buildings, SEM-PLS, Blockchain-BIM, Cost Performance

PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

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

Nama : Kristiyanto
NIM : 55721120034
Program Studi : Magister Teknik Sipil

dengan judul :

“Peningkatan *Cost Performance* Pada *Green Retrofitting* Bangunan Kantor Bertingkat Tinggi Sesuai Pedoman Bangunan Gedung Hijau (BGH) Dengan Analisis *Blockchain-BIM*” telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin didapatkan nilai persentase sebesar 13%.

Jakarta, 15 Januari 2024
Administrator Turnitin



Miyono, S.Kom
Miyono, S.Kom

PERNYATAAN KEASLIAN

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

Judul : Peningkatan *Cost Performance* Pada *Green Retrofitting* Bangunan Kantor Bertingkat Tinggi Sesuai Pedoman Bangunan Gedung Hijau (BGH) Dengan Analisis *Blockchain-BIM*

Nama : Kristiyanto

NIM : 55721120034

Program : Pascasarjana – Program Studi Magister Teknik Sipil

Tanggal :

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.

Jakarta, 30 Januari 2024



Kristiyanto

PENGESAHAN TESIS

Judul : Peningkatan *Cost Performance* Pada *Green Retrofitting*
Bangunan Kantor Bertingkat Tinggi Sesuai Pedoman Bangunan
Gedung Hijau (BGH) Dengan Analisis *Blockchain-BIM*

Nama : Kristiyanto

NIM : 55721120034

Program : Pascasarjana – Program Studi Magister Teknik Sipil

Tanggal :

Mengesahkan
Pembimbing



(Dr. Ir. Albert Eddy Husin, M.T.)

NIDN/NIK. 0309116504/116670547

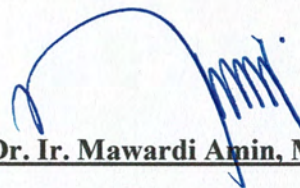
UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Dekan Fakultas Teknik Ketua Program Studi
Magister Teknik Sipil



(Dr. Zulfa Fitri Ilkatrinasari, M.T.)

NIDN/NIK. 0307037202/113720381



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

NIDN/NIK. 0024096701/192670076

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT., atas segala karunia dan ridho-NYA, sehingga tesis dengan judul “Peningkatan *Cost Performance* Pada *Green Retrofitting* Bangunan Kantor Bertingkat Tinggi Sesuai Pedoman Bangunan Gedung Hijau (BGH) Dengan Analisis *Blockchain-BIM*” dapat terselesaikan dengan baik.

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. Abadi Prima Intikarya atas dukungan dan supportnya.
5. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Mercu Buana Jakarta, khususnya Angkatan XIII atas kebersamaan dan dukungannya.

6. Istri dan anakku tercinta, Tri Wulandari dan ananda Nufail Syafiq Zafran Muhammad, 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, 30 Januari 2024

Kristiyanto



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
PENGESAHAN TESIS	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	20
1.3. Rumusan Masalah	21
1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian	21
1.5. Batasan Penelitian	22
1.6. Manfaat dan Kegunaan Penelitian	22
1.7. Sistematika Penelitian	23
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	24
2.1. Gedung Perkantoran	24
2.1.1. Tujuan dan Fungsi Kantor	25
2.1.2. Jenis-Jenis Perkantoran	26
2.1.3. Kantor Sewa	27
2.1.4. Konstruksi Bangunan Kantor Sewa	28
2.1.5. Konfigurasi Ruang Kantor	29
2.2. Konsep <i>Green</i>	30
2.2.1. <i>Green Building</i>	32
2.2.2. Sistem Peringkat <i>Green Building</i>	33
2.2.3. Bangunan Gedung Hijau	34
2.2.4. <i>Green Retrofitting</i>	38
2.2.5. <i>Green Office</i>	40
2.2.6. Keuntungan Penerapan <i>Green Building</i>	40
2.3. <i>Blockchain</i>	42

2.4. Blockchain-Building Information Modeling (BIM)	46
2.5. Tinjauan Penelitian Terdahulu	55
2.6. Kerangka Berfikir	59
2.7. Hipotesa Penelitian	60
2.8. Keaslian Penelitian	61
2.8.1. Research Gap	61
2.8.2. State Of The Art	61
2.8.3. Research Novelty	61
BAB III METODE PENELITIAN	68
3.1. Desain Penelitian	68
3.2. Objek Penelitian	69
3.3. Data Penelitian	71
3.4. Jenis dan Sumber Data	71
3.4.1. Data Primer	72
3.4.2. Data Sekunder	72
3.5. Teknik Pengumpulan Data	72
3.6. Langkah Penelitian	75
3.7. Penjelasan Langkah Penelitian	77
3.7.1. Studi Literatur	77
3.7.2. Variabel Penelitian	77
3.7.3. Perancangan Kuesioner	78
3.7.4. Metode Pengolahan dan Analisis Data	79
3.7.5. Identifikasi Variabel	83
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	88
4.1 Pengolahan Data Penelitian	88
4.1.1 Pengumpulan Data	89
4.1.2 Penyusunan Data Kuesioner	90
4.1.3 Mengidentifikasi Karakteristik Responden	93
4.2 Analisis Data	99
4.2.1 Analisis SEM-PLS	99
4.2.2 Analisis Faktor	110
4.2.3 Analisis Studi Kasus	111
4.3 Pembahasan	117
4.3.1 Faktor – Faktor yang Paling Berpengaruh	117
4.3.2 Pemodelan dengan <i>Building Information Modeling (BIM)</i>	117
4.3.2.1 Penyediaan Halte Bus dan Parkir Sepeda	119
4.3.2.2 Penyediaan Tempat Area Merokok dan Taman	121
4.3.2.3 Pekerjaan <i>Solar Panel</i>	122
4.3.2.4 Pekerjaan Tempat Penampungan Sampah Sementara, Mesin Komposter dan Mesin Daur Ulang Sampah	124

4.3.2.5 Bangunan STP (<i>Sawage Treatment Plant</i>)-----	125
4.3.2.6 Pekerjaan Biopori/Resapan -----	128
4.3.2.7 Pekerjaan Lampu Penerangan Jalan dan Lampu Taman -----	130
4.3.2.8 Pekerjaan Lampu Penerangan Dalam Gedung dan <i>Fixture</i> Sanitair	131
4.3.3 Uji Simulasi <i>Blockchain-BIM</i> -----	132
4.3.4 Hasil Penerapan <i>Blockchain-BIM</i> -----	140
4.3.5 Implikasi dan Keterbatasan Penelitian -----	141
BAB V KESIMPULAN -----	142
5.1 Kesimpulan -----	142
5.2 Saran -----	143
DAFTAR PUSTAKA -----	144
LAMPIRAN -----	
Berkas Administrasi Tesis-----	
Kuesioner Penelitian-----	
<i>Assesment</i> Bangunan Gedung Hijau (BGH)-----	
Publikasi Jurnal Penelitian -----	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 <i>Scoring</i> Indonesia berdasarkan EPI 2022.....	6
Gambar 1. 2 <i>Rating</i> Indonesia berdasarkan EPI 2022.....	7
Gambar 1. 3 <i>Report Overview</i> Indonesia dari EPI.....	8
Gambar 1. 4 <i>World Emissions Clock (WEC) Global</i>	9
Gambar 1. 5 <i>World Emissions Clock (WEC) Indonesia</i>	10
Gambar 1. 6 Kontribusi Bangunan Gedung Terhadap Emisi CO2 Global.....	11
Gambar 1. 7 Negara G20 Penyumbang Emisi Karbon.....	13
Gambar 1. 8 Rata-rata Persentase EBT Negara G20.....	15
Gambar 1. 9 Target Bersih Karbon Negara G20.....	16
Gambar 1. 10 Tujuan Pembangunan Berkelanjutan	17
Gambar 1. 11 SDGs Terkait Gedung Perkantoran Konsep Hijau.....	18
Gambar 2. 1 Kategori Penilaian Kinerja BGH	37
Gambar 2. 2 Konstruksi Berbasis <i>Blockchain</i>	45
Gambar 2. 3 Alur transaksi biaya konsep <i>Blockchain</i>	46
Gambar 2. 4 <i>Life Cycle BIM</i>	49
Gambar 2. 5 Interaksi <i>Stakeholder</i> , BIM dan <i>Smart Contract</i>	51
Gambar 2. 6 Kolaborasi <i>Blockchain-BIM</i> Selama <i>Life Cycle</i> Proyek.....	53
Gambar 2. 7 Konseptual <i>Blockchain-BIM</i> pada Konstruksi Bangunan Berkelanjutan.....	55
Gambar 2. 8 Kerangka Berfikir.....	60
Gambar 2. 9 <i>State of The Art</i>	66
Gambar 2. 10 <i>Research Novelty</i>	67
Gambar 3. 1 Gambar Tampak Gedung BRIN Ancol, Jakarta.....	70
Gambar 3. 2 Denah Lokasi Gedung Kantor BRIN.....	71
Gambar 3. 3 Diagram Alur Penelitian.....	75
Gambar 3. 4 Diagram Alur Implementasi.....	76
Gambar 3. 5 Diagram pengelolaan data dengan SEM.....	80
Gambar 4. 1 Persentasi Pengembalian Kuesioner.....	94
Gambar 4. 2 Data Kedudukan Responden.....	94
Gambar 4. 3 Tingkat Pendidikan Responden.....	95
Gambar 4. 4 Pengalaman Kerja Responden.....	96

Gambar 4. 5 Diagram Pemodelan Utama SEM-PLS	100
Gambar 4. 6 Koefisien Jalur (<i>Path Coeffisien</i>) Hasil Analisis SEM.....	103
Gambar 4. 7 <i>Outer Loading</i> Uji Validitas - <i>Cronbach Alpha</i>	105
Gambar 4. 8 <i>Outer Loading</i> Uji Validitas - <i>Composite Reliability</i>	106
Gambar 4. 9 <i>Outer Loading</i> Uji Validitas - <i>Average Variance Extracted (AVE)</i>	107
Gambar 4. 10 Pemodelan BIM Gedung Kantor BRIN.....	119
Gambar 4. 11 Pemodelan Halte Bus dan Parkir Sepeda.....	120
Gambar 4. 12 Perhitungan Biaya Halte Bus dan Parkir Sepeda.....	120
Gambar 4. 13 Pemodelan BIM Bangunan Area Merokok dan Taman.....	121
Gambar 4. 14 <i>Output</i> BQ BIM Bangunan Area Merokok dan Taman.....	122
Gambar 4. 15 Pemodelan BIM <i>Solar Panel</i>	123
Gambar 4. 16 Perhitungan Biaya <i>Solar Panel</i>	123
Gambar 4. 17 Bangunan Tempat Penampungan Sampah Sementara Mesin Komposter Sampah Organik dan Mesin Daur Ulang Sampah Anorganik.....	124
Gambar 4. 18 <i>Output</i> BQ BIM Bangunan Tempat Penampungan Sampah Sementara, Mesin Komposter Sampah Organik dan Mesin Daur Ulang Sampah Anorganik.....	125
Gambar 4. 19 Pemodelan BIM Bangunan STP.....	126
Gambar 4. 20 BQ Urugan, dan Pembesian Bangunan STP.....	127
Gambar 4. 21 BQ Bekisting dan Beton Bangunan STP.....	127
Gambar 4. 22 BQ Plat Atas dan Bawah Bangunan STP.....	128
Gambar 4. 23 Pemodelan BIM Pekerjaan Biopori.....	129
Gambar 4. 24 <i>Output</i> BQ BIM Pekerjaan Biopori.....	129
Gambar 4. 25 Pemodelan BIM Lampu Penerangan Jalan dan Taman.....	130
Gambar 4. 26 <i>Out put</i> BQ BIM Lampu Penerangan Jalan dan Taman.....	131
Gambar 4. 27 Halaman <i>Log In Blockchain</i> -BIM.....	133
Gambar 4. 28 Halaman <i>Role member</i> yang terlibat pada jaringan <i>Blockchain</i>	134
Gambar 4. 29 Halaman <i>Dashboard Blockchain</i> -BIM.....	135
Gambar 4. 30 <i>Block Folder</i> dalam bentuk <i>Distributed Ledger Technology (DLT)</i>	136
Gambar 4. 31 Validasi dan Transaksi Dokumen Dalam Bentuk <i>Hash</i>	137
Gambar 4. 32 Halaman <i>Block Folder Smart Contract</i> dan <i>Payment</i>	138
Gambar 4. 33 Halaman Transaksi Pembayaran.....	139

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Poin Penilaian Juknis Menteri PUPR No. 01/SE/M/2022	35
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu 1/7	56
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu 2/7	56
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu 3/7	57
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu 4/7	57
Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu 5/7	58
Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu 6/7	58
Tabel 2. 8 Penelitian Terdahulu 7/7	59
Tabel 2. 9 <i>Research Gap</i> 1/4.....	62
Tabel 2. 10 <i>Research Gap</i> 2/4.....	63
Tabel 2. 11 <i>Research Gap</i> 3/4.....	64
Tabel 2. 12 <i>Research Gap</i> 4/4.....	65
Tabel 3. 1 Variabel Penelitian 1/4	84
Tabel 3. 2 Variabel Penelitian 2/4.....	85
Tabel 3. 3 Variabel Penelitian 3/4.....	86
Tabel 3. 4 Variabel Penelitian 4/4.....	87
Tabel 4. 1 Distribusi Z	91
Tabel 4. 2 Distribusi Kuesioner.....	93
Tabel 4. 3 Data Posisi Jabatan Responden	95
Tabel 4. 4 Tingkat Pendidikan Responden.....	96
Tabel 4. 5 Data Pengalaman Kerja Responden	96
Tabel 4. 6 Penilaian SEM-PLS	98
Tabel 4. 7 Jalur Hubungan Pemodelan Utama SEM PLS	101
Tabel 4. 8 Analisis Jalur Utama Pemodelan.....	101
Tabel 4. 9 Hasil Uji Reliabilitas Konstruk berdasarkan <i>Convergent Validity</i>	104
Tabel 4.10 <i>T Statistic</i> Program SEM-PLS.....	108
Tabel 4.11 <i>P Value</i> Program SEM-PLS	109
Tabel 4. 12 Hasil Nilai <i>R Square</i>	109
Tabel 4.13 Hasil Analisis Nilai <i>f Square</i>	110
Tabel 4.14 Hasil Analisis Outer Loading <i>T Statistic</i>	111

Tabel 4.15 Penurunan Biaya dengan <i>Blockchain-BIM</i>	112
Tabel 4.16 Penilaian Kinerja BGH untuk Bangunan yang Sudah Ada	114
Tabel 4.17 <i>Assesment</i> dan Target <i>Achievement Green Retrofitting</i>	115
Tabel 4.18 Pemenuhan Persyaratan Retrofit Menuju Bangunan Gedung Hijau	116
Tabel 4.19 Kebutuhan Biaya <i>Green Retrofitting</i>	116
Tabel 4.20 Efisiensi Biaya <i>Green Retrofitting</i> Dengan Aplikasi <i>Blockchain-BIM</i>	140

