

ANALISIS BIAYA PERUBAHAN SPESIFIKASI FASAD GREEN BUILDING DENGAN METODE VALUE ENGINEERING

Jimmy Adriyatno^{1,*}, Budi Susetyo², Humiras Hardi Purba³

^{1,2} Magister Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana Jakarta, Jl. Meruya Selatan No 1 Jakarta, 11650

³ Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana Jakarta, Jl. Meruya Selatan No 1 Jakarta, 11650

jimmyadriano8@gmail.com

Diterima: 23-06-2021

Direview : 09-07-2021

Direvisi : 13-07-2021

Disetujui: 27-07-2021

ABSTRAK. Fasad merupakan bagian dari pekerjaan arsitektur yang harus memenuhi unsur estetika, keamanan, dan kenyamanan. Jenis material fasad modern biasanya terdiri dari material kaca dan rangka aluminium. Pemilihan material fasad sangat mempengaruhi konsumsi energi pada suatu bangunan, sehingga pada perencanaan pekerjaan fasad perlu ditentukan performa materialnya. Penelitian ini menggunakan metode analisis *value engineering* yang diharapkan membantu menentukan kualitas dan kinerja material fasad yang terbaik untuk bangunan. Hasil analisis pada penelitian ini juga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi *stakeholder* dalam mengambil keputusan dari dampak biaya awal dan biaya konsumsi energi untuk menciptakan bangunan hemat energi. Studi kasus pada penelitian ini adalah gedung 9 lantai di Jakarta yang menggunakan tipe fasad dinding jendela kaca mati atau *fix glass*. Penelitian ini menganalisis 3 pilihan jenis material kaca yaitu kaca *laminated*, kaca IGU dan kombinasi penempatan kaca *laminated* di sisi utara-selatan bangunan serta kaca IGU di sisi timur-barat. Material aluminium juga memiliki 2 jenis pilihan yaitu *insulated profile* dan *non insulated profile*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kaca IGU lebih unggul dalam mereduksi energi panas sehingga beban energi listrik dapat tereduksi dengan kenaikan biaya awal yang cukup tinggi yaitu 43% dari desain *existing* (kaca *laminated*). Namun dampak positif dari kaca IGU yaitu memberikan penghematan biaya pemakaian energi listrik pada AC sebesar 31%. Spesifikasi aluminium antara *insulated* dan *non insulated* tidak memberikan dampak secara signifikan pada penghematan energi bangunan di daerah dengan dua musim seperti di Indonesia.

Kata kunci: Green Building, Arsitektur, Fasad, Value Engineering, Hemat Energi

ABSTRACT. *The facade is part of the architectural work that must meet the elements of aesthetics, safety, and comfort. Types of modern facade materials usually consist of glass and aluminium frames. The choice of facade material greatly affects the energy consumption of a building, so that in planning the facade work, it is necessary to determine the material's performance. This study uses the value engineering analysis method, which is expected to help determine the quality and performance of the best facade materials for buildings. The analysis results in this study can also be used as consideration for stakeholders in making decisions from the impact of initial costs and energy consumption costs to create energy-efficient buildings. The case study in this study is a 9-story building in Jakarta that uses a fixed glass window wall type facade or fixed glass. This study analyses three glass materials choices: laminated glass, IGU glass, and a combination of placement of laminated glass on the north-south side of the building and IGU glass on the east-west side. Aluminium material also has two types of choices, namely insulated profile, and non-insulated profile. The analysis results show that IGU glass is superior in reducing heat energy so that the electrical energy load can be reduced with a relatively high initial cost increase of 43% of the existing design (laminated glass). However, the positive impact of IGU glass is that it provides 31% savings in the use of electrical energy in AC. Aluminium specifications between insulated and non-insulated do not significantly impact building energy savings in areas with two seasons, such as in Indonesia.*

Keywords: Green Building, Architecture, Façade, Value Engineering, Energy Saving

PENDAHULUAN

Laporan tahunan dari *Council on Tall Buildings and Urban Habitat's* (CTBUH) menyatakan bahwa sepanjang tahun 2019 China berhasil menyelesaikan 56 gedung dengan total ketinggian 15,262 meter diikuti urutan kedua yaitu Amerika dengan 14 gedung dan urutan

ketiga Uni Emirat Arab dengan penyelesaian 9 gedung. Indonesia berada di urutan ke-11 dengan 2 penyelesaian gedung. Sedangkan menurut fungsinya laporan tahunan CTBUH menyatakan bahwa bangunan kantor dibangun sebanyak 31,7% sepanjang tahun 2019 sedangkan residential menduduki peringkat terbanyak yaitu 35,7%. Hal ini menunjukkan

bahwa pembangunan Gedung bertingkat sangat pesat sepanjang tahun 2019. Pada pembangunan gedung bertingkat tidak terlepas dari sebuah pekerjaan eksterior atau kulit luar bangunan yang disebut fasad. Fasad bangunan dipengaruhi oleh lingkungan serta penampilan fisik bahan bangunan di setiap tahap siklus hidup gedung (Lee, 2018). Desain gedung hemat energi adalah cara tercepat untuk mengurangi konsumsi energi. Kulit bangunan (fasad) berperan sebagai pembatas antara lingkungan dalam ruangan dan lingkungan luar ruangan. Kinerja termal suatu bangunan sangat bergantung pada desain fasad, menepati urutan kedua setelah karakteristik iklim setempat (Vijayalaxmi, 2010). Meskipun sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengatasi kondisi fasad bangunan yang tidak berkelanjutan, sebagian besar berfokus pada basis biaya. Oleh karena itu, studi sebelumnya tidak memasukkan masalah kritis seperti ketahanan fasad bangunan pada tahap desain; Oleh karena itu, diperlukan proses pemilihan material fasad yang optimal, dengan pertimbangan daya tahan tertentu, serta kinerja fungsional dan ekonomis material tersebut.

Fasad berperforma tinggi bukan sekadar penghalang antara interior dan eksterior; fasad juga direncanakan dengan system untuk menciptakan ruang yang nyaman dengan merespons secara aktif lingkungan eksternal bangunan dan secara signifikan mengurangi konsumsi energinya. Untuk sebagian besar bangunan, fasad mempengaruhi anggaran energi dan kenyamanan penghuninya lebih dari sistem lainnya, terutama jenis fasad kaca. Suhu, kelembaban, angin, curah hujan, radiasi matahari, dan karakteristik lain dari zona iklim harus dipertimbangkan saat membuat strategi desain untuk meminimalkan dampak kondisi lingkungan eksternal dan mengurangi konsumsi energi (Aksamija & Peters, 2017). Pada proyek bangunan kantor di Indonesia pekerjaan arsitektur merupakan nilai tertinggi yaitu sebesar 42% dari nilai total bangunan (Arcadis, 2019). Nilai pekerjaan fasad adalah 27% dari nilai pekerjaan arsitektur (Pratama, 2019). Dari beberapa data tersebut nilai pekerjaan fasad memiliki potensi untuk dilakukan analisa *value engineering* agar dapat dilakukan penghematan. Strategi desain untuk mengontrol aliran panas fasad bangunan yaitu menggunakan penghalang termal kontinu (lapisan isolasi), mengisi celah udara di antara lapisan material untuk mencegah konduksi, menyediakan penghalang udara terus menerus untuk mencegah kehilangan panas melalui

kebocoran udara, dan menghindari jembatan termal. Peneliti sebelumnya telah menganalisis *value engineering* terhadap pekerjaan fasad, namun hanya menganalisis dampak konsumsi energi dari penerangan (lampu) dan tidak dihubungkan dengan penilaian *green building*. Dari beberapa referensi dan kekurangan tersebut, analisis biaya dan analisis fungsi dari pemilihan jenis material fasad menjadi tujuan utama dari penelitian ini yang kemudian disajikan hasil dampak dari penggunaan energi listrik pada AC dan penilaian terhadap aturan *green building* yang belum pernah dilakukan oleh penelitian lain sebelumnya.

1. Fasad

Fasad adalah tampak atau muka pada suatu bangunan. Dengan kata lain fasad juga dapat di artikan sebagai kulit luar bangunan (*building covered*) (Lembaga Pendidikan Dan Pengujian Facade Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2012). Karena sebagai pembungkus, maka tidak terlepas dari syarat-syarat bangunan yang dibungkus, antara lain :

1. Dari tampak menghasilkan estetika, sebagai penampilan yang ingin dicapai.
2. Dari struktur menghasilkan pengikat yang kuat, aman mudah didapat, mudah pengerjaan dan mudah pemeliharaannya.

Fasad memiliki dua fungsi pokok yaitu :

1. Fungsi eksternal yang berarti fasad harus mampu mengurangi dampak dari luar bangunan agar tidak mempengaruhi kegiatan di dalam bangunan. Seperti :
 - a) Angin
 - b) Hujan
 - c) Debu
 - d) Serangga/binatang kecil
 - e) Sinar / cahaya
 - f) Udara panas / dingin
 - g) Dampak pengelihatan dan lain sebagainya
2. Fungsi internal
 - a) Kenyamanan thermal atau suhu
 - b) Kenyamanan visual
 - c) Kenyamanan pendengaran

2. Value engineering

Zimmerman dan hart, 1982 menyatakan bahwa rekayasa nilai (*value engineering*) merupakan sebuah pendekatan yang bersifat kreatif dan sistematis dengan tujuan untuk mengurangi/ menghilangkan biaya-biaya yang tidak diperlukan.

Beberapa alasan mengapa konsep rekayasa nilai dirasa perlu dan penting untuk diterapkan dalam suatu proyek antara lain :

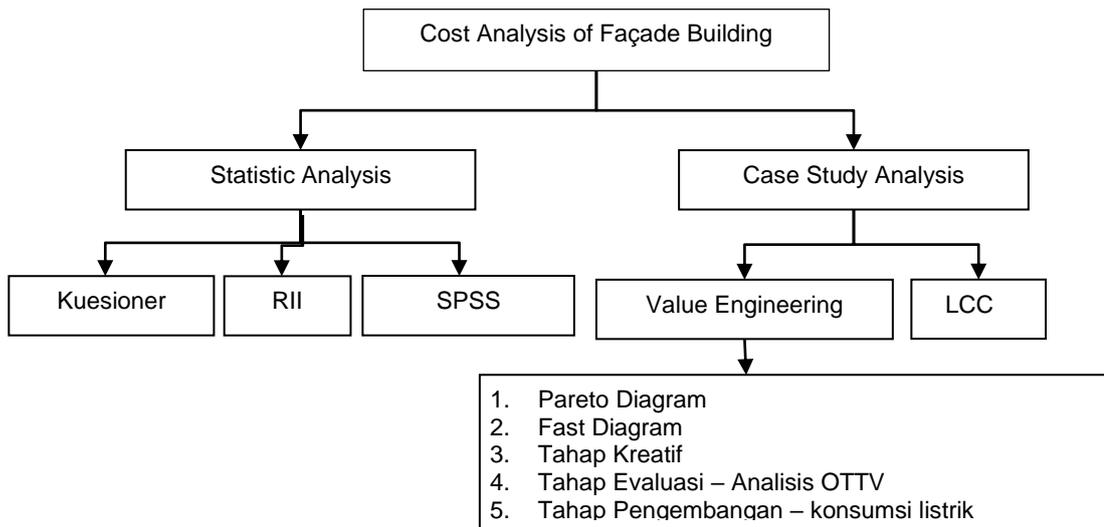
1. Keterbatasan anggaran proyek
2. Harga sumber daya proyek yang terus meningkat
3. Tingkat inflasi dan suku bunga yang terus meningkat
4. Teknologi yang mengalami kemajuan.

Proses rekayasa nilai dilakukan dalam kerangka sistematis dengan cara-cara sebagai berikut.

1. Melakukan identifikasi masalah
2. Mengkaji obyek dimana rekayasa nilai hendak dilakukan dengan acuan fungsi dari instalasi tetap
3. Melakukan analisis biaya versus fungsi terhadap beberapa alternative
4. Pendokumentasian dan dipaparkan kepada pemilik proyek

METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada artikel ilmiah ini terbagi menjadi dua metode analisis, yaitu analisis statistik dan analisis studi kasus. Dalam analisis statistik digunakan kuesioner yang kemudian diolah dengan metode RII untuk mengetahui faktor-faktor yang paling mempengaruhi *value engineering* pada fasad *green building*. Pada analisis studi kasus digunakan 2 metode yaitu analisis *value engineering* dengan 5 tahapan penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan jenis material fasad yang paling efisien dari segi fungsi dan biaya awal. Setelah analisis *value engineering*, kemudian dilakukan analisis *Life Cycle Cost* (LCC) untuk mendapatkan hasil biaya konsumsi energi jangka panjang (gambar 1).



Gambar 1. Metode Penelitian
(Sumber : Penulis,2021)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Statistik

33 pernyataan kuesioner telah dijawab oleh 37 responden yang berkompeteren di bidang fasad dan konstruksi gedung, yang kemudian dianalisis untuk mendapatkan faktor-faktor yang paling mempengaruhi variabel penelitian ini.

Analisis multivariat dilakukan dan diperoleh nilai signifikansi <0,05. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel dalam penelitian

ini berpengaruh dan memiliki tingkat kepercayaan 95%.

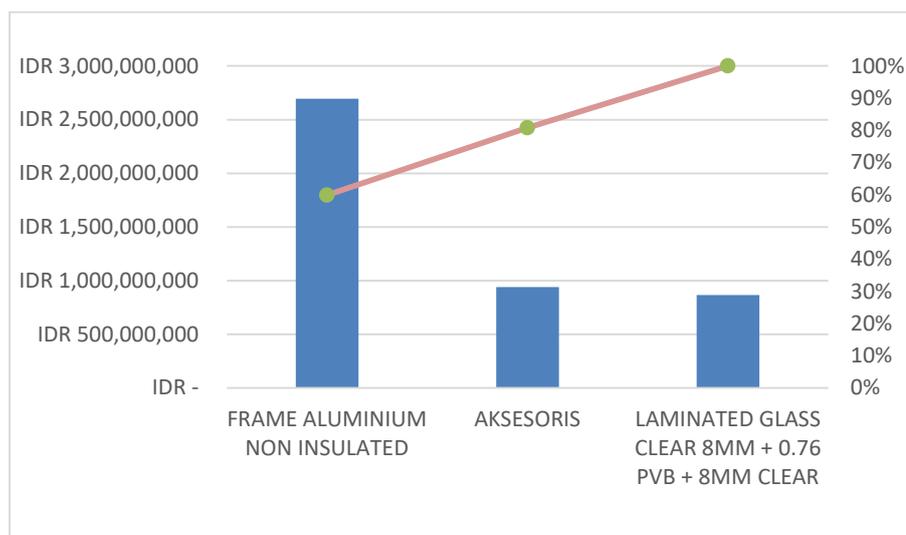
Analisis Studi Kasus

Studi kasus dilakukan di gedung perkantoran 9 lantai di Jakarta yang telah didesain awal dengan tipe fasad kaca jendela tetap dengan spesifikasi existing 8 + 0,76 pvb + 8 kaca laminasi bening dan profil aluminium non insulasi. Dari nilai awal kontak pekerjaan dianalisis dengan diagram pareto. Yaitu diagram yang digunakan sebagai awal metode analisis *value engineering*. Diagram pareto tersebut ada pada gambar 2.

Tabel 1. Faktor Dominan yang Mempengaruhi Variabel Penelitian

Rank	Main Factor	Sub Factor	Item Description	Index RII
1	I	X1-1	Gambar Desain	0.91892
2	IV	Y1-2	Owner melakukan perubahan saat proyek berjalan	0.91351
3	IV	Y1-4	Desain kurang matang	0.90811
4	I	X1-2	Spesifikasi material	0.90270
5	I	X1-6	Akurasi dan pengukuran	0.88108
6	I	X1-5	Kemampuan dan pengalaman bekerja	0.85946
7	IV	Y1-1	Pendanaan proyek	0.85946
8	IV	Y1-3	Perencanaan dan kompetensi	0.84865
9	I	X1-3	Ketersediaan stok material	0.84324
10	I	X1-4	Material fasad dan pengaplikasiannya	0.83784

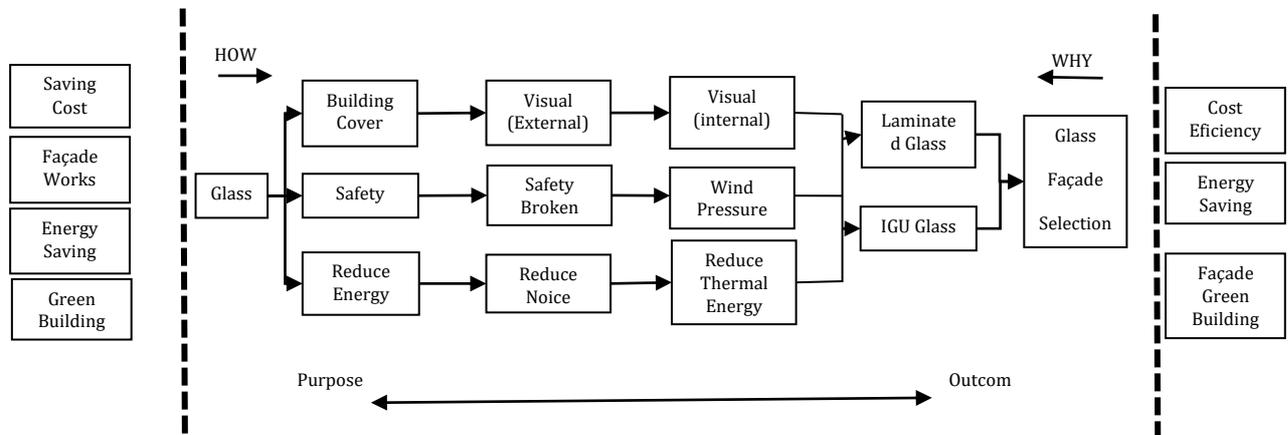
Sumber : Olahan Penulis,2021



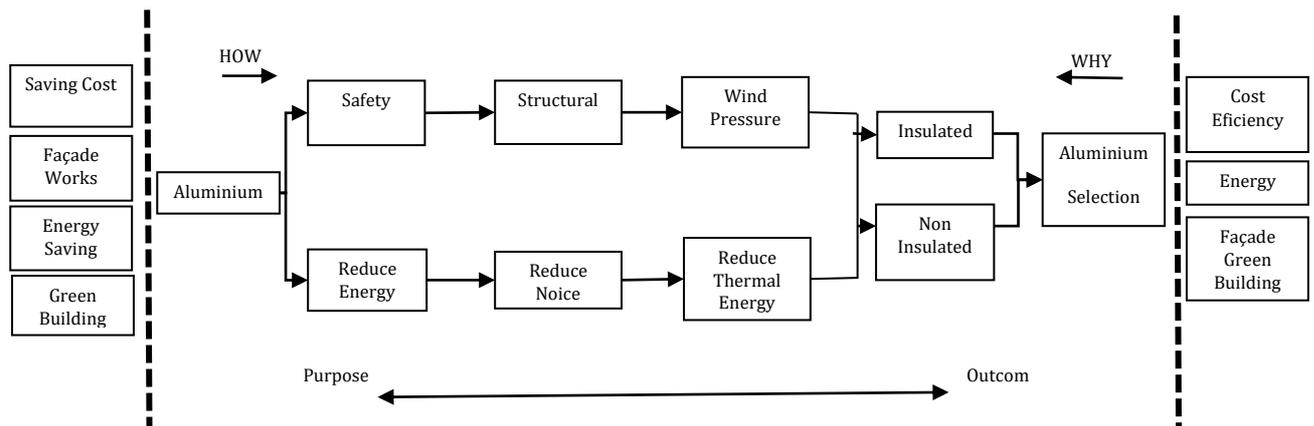
Gambar 2. Diagram Pareto Nilai Pekerjaan Eksisting
 (Sumber: Olahan penulis,2021)

Setelah melalui proses diagram pareto peneliti melakukan analisis lanjutan untuk material frame kaca dan aluminium. Analisis lanjutan tersebut adalah analisis fungsi dengan membuat

diagram FAST. Gambar 3 menunjukkan tentang fungsi utama kaca dan gambar 4 merupakan diagram fungsi tentang rangka aluminium.



Gambar 3. Diagram FAST Spesifikasi Kaca
 (Sumber: Olahan penulis,2021)



Gambar 4. Diagram FAST Spesifikasi Aluminium
 (Sumber: Olahan penulis,2021)

Analisis nilai biaya dilakukan dengan membandingkan beberapa alternatif. Yang pertama adalah analisis nilai biaya untuk spesifikasi kaca dan yang kedua adalah spesifikasi profil aluminium. Pembahasan merupakan bagian terpenting dari keseluruhan isi artikel ilmiah. Tujuan pembahasan adalah: Menjawab masalah penelitian, menafsirkan temuan-temuan, mengintegrasikan temuan dari penelitian ke dalam kumpulan pengetahuan yang telah ada dan menyusun

teori baru atau memodifikasi teori yang sudah ada. Pada tabel 2 terlihat bahwa selisih harga bahan kaca alternatif 1 dengan desain eksisting mengalami kenaikan sebesar 43% sedangkan alternatif 2 terhadap desain eksisting mengalami kenaikan harga sekitar 26%. Tabel 3 menunjukkan perbedaan harga aluminium antara profil tidak insulated dan profil non insulated, dengan selisih biaya sebesar 33%.

Tabel 2. Cost Worth Analysis Spesifikasi Kaca

Spek Kaca Eksisting		Spek Kaca Alternatif 1		Spek Kaca Alternatif 2	
Tipe Material	Total Harga	Tipe Material	Total Harga	Tipe Material	Total Harga
Laminated Glass Clear (8mm + 0.76 PVB + 8mm)	IDR 864,948,477	IGU (Stopray 51 hs 8mm # 2 + AS 12mm + Clear 8mm)	IDR 1,236,989,359	Laminated Glass Clear (8mm + 0.76 PVB + 8mm)	IDR 310,782,157
				IGU (Stopray 51 hs 8mm # 2 + AS 12mm + Clear 8mm)	IDR 782,393,833
Total	IDR 864,948,477	Total	IDR 1,236,989,359	Total	IDR 1,093,175,990

Sumber : Olahan Penulis,2021

Tabel 3. Cost Worth Analysis Spesifikasi Aluminium

Spesifikasi Aluminium Eksisting			Spesifikasi Aluminium Alternatif 1		
No.	Tipe Material	Total Nilai	No.	Tipe Material	Total Nilai
1	Non Insulated Aluminum	IDR 2,693,956,432	1	Aluminum Insulated	IDR 3,582,030,125
Total		IDR 2,693,956,432	Total		IDR 3,582,030,125

Sumber : Olahan Penulis,2021

Tahap kreatif digunakan untuk memadukan material yang memiliki nilai optimal sehingga didapatkan hasil analisis pada tabel 4. Setelah melalui tahap kreatif, kemudian dilakukan evaluasi yang berguna untuk mengukur tingkat efisiensi dan efektivitas sebuah metode analisis VE ini. Dalam penelitian ini tahap evaluasi dilakukan untuk menentukan jenis kaca yang digunakan

apakah memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) pada bangunan dalam kategori perpindahan panas yang dihitung dengan analisis OTTV. Nilai OTTV harus <45 W / M² dan titik penilaian gedung hijau 1 poin masing-masing penurunan nilai 3 watt / m² dan maksimum 4 poin. dengan hasil seperti pada tabel 5.

Table 4. Tahap Kreatif Value Engineering

Deskripsi Fasad		Eksisting		Hasil Analisis Kreatif	
No.	Deskripsi	Nilai	Bobot%	Nilai	Bobot%
1	Aluminum Frame	IDR 2,693,956,432	60%	IDR 2,693,956,432	57%
2	Accessories	IDR 941,095,091	21%	IDR 941,095,091	20%
3	Kaca	IDR 864,948,477	19%	IDR 1,093,175,990	23%
Total		IDR 4,500,000,000		IDR 4,728,227,512	
Difference in cost			5%		

Sumber : Olahan Penulis,2021

Tabel 5. Tahap Evaluasi (Analisis OTTV)

Deskripsi	Spesifikasi Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2
OTTV (W / M ²)	66.81	33.54	44.25
	Tidak Memenuhi Syarat	Memenuhi Syarat	Memenuhi Syarat
Point Green Building	-	+4	0

Sumber : Olahan Penulis,2021

Dari tabel 5 didapatkan hasil bahwa spesifikasi kaca eksisting tidak memenuhi syarat pada bangunan hijau di Indonesia karena melebihi nilai OTTV yang disyaratkan. Spesifikasi kaca dengan tipe alternatif 1 dan alternatif 2 memenuhi persyaratan.

Berdasarkan matriks pengambilan keputusan didapatkan hasil bahwa secara fungsi spesifikasi kaca alternatif 1 merupakan pilihan tertinggi, diikuti oleh spesifikasi kaca alternatif 2 dan kaca pada spesifikasi eksisting.

Tabel 6. Tahap Pengembangan (Analisis Beban Listrik)

Beban Listrik Pada AC (BTU / h)		
Spesifikasi Eksisting	ALT 1	ALT 2
59,100	29,673	39,147

Sumber : Olahan Penulis,2021

Berdasarkan nilai konsumsi energi dan biaya awal harga AC, dilakukan analisis biaya life cycle untuk jangka waktu 20 tahun dengan suku bunga 5% per tahun. Dari analisis LCC diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 7. Hasil Analisis LCC

5 Years									
	Desain Existing			ALT1			ALT2		
	Annual Cost	Factor	Present Value	Annual Cost	Factor	Present Value	Annual Cost	Factor	Present Value
initial cost	Rp 243.900.000	1	Rp 243.900.000	Rp 184.050.000	1	Rp 184.050.000	Rp 215.100.000	1	Rp 215.100.000
Replacement Cos	Rp -	0	Rp -	Rp -	0	Rp -	Rp -	0	Rp -
Residual Cost	Rp 60.975.000	0,784	Rp 77.774.235	Rp 46.012.500	0,784	Rp 58.689.413	Rp 53.775.000	0,784	Rp 68.590.561
maintanance cost	Rp 6.750.000	4,329	Rp 146.103.750	Rp 6.750.000	4,329	Rp 146.103.750	Rp 6.750.000	4,329	Rp 146.103.750
electrical cost	Rp 208.203.229	4,329	Rp 901.311.780	Rp 132.186.583	4,329	Rp 572.235.717	Rp 168.135.342	4,329	Rp 727.857.894
			Rp 1.369.089.765			Rp 961.078.880			Rp 1.157.652.206
				percentage of saving		30%	percentage of saving		15%

10 Years									
	Desain Existing			ALT1			ALT2		
	Annual Cost	Factor	Present Value	Annual Cost	Factor	Present Value	Annual Cost	Factor	Present Value
initial cost	Rp 243.900.000	1	Rp 243.900.000	Rp 184.050.000	1	Rp 184.050.000	Rp 215.100.000	1	Rp 215.100.000
Replacement Cos	Rp -	0	Rp -	Rp -	0	Rp -	Rp -	0	Rp -
Residual Cost	Rp 121.950.000	0,614	Rp 198.615.635	Rp 92.025.000	0,614	Rp 149.877.850	Rp 107.550.000	0,614	Rp 175.162.866
maintanance cost	Rp 6.750.000	7,722	Rp 260.617.500	Rp 6.750.000	7,722	Rp 260.617.500	Rp 6.750.000	7,722	Rp 260.617.500
electrical cost	Rp 208.203.229	7,722	Rp 1.607.745.338	Rp 132.186.583	7,722	Rp 1.020.744.792	Rp 168.135.342	7,722	Rp 1.298.341.109
			Rp 2.310.878.473			Rp 1.615.290.142			Rp 1.949.221.476
				percentage of saving		30%	percentage of saving		16%

20 Years									
	Desain Existing			ALT1			ALT2		
	Annual Cost	Factor	Present Value	Annual Cost	Factor	Present Value	Annual Cost	Factor	Present Value
initial cost	Rp 243.900.000	1	Rp 243.900.000	Rp 184.050.000	1	Rp 184.050.000	Rp 215.100.000	1	Rp 215.100.000
Replacement Cos	Rp 243.900.000	1	Rp 243.900.000	Rp 184.050.000	1	Rp 184.050.000	Rp 215.100.000	1	Rp 215.100.000
Residual Cost	Rp 121.950.000	0,377	Rp 323.474.801	Rp 92.025.000	0,377	Rp 244.098.143	Rp 107.550.000	0,377	Rp 285.278.515
maintanance cost	Rp 6.750.000	7,722	Rp 260.617.500	Rp 6.750.000	7,722	Rp 260.617.500	Rp 6.750.000	7,722	Rp 260.617.500
electrical cost	Rp 208.203.229	12,46	Rp 2.594.628.645	Rp 132.186.583	12,46	Rp 1.647.309.194	Rp 168.135.342	12,46	Rp 2.095.302.629
			Rp 3.666.520.946			Rp 2.520.124.837			Rp 3.071.398.644
				percentage of saving		31%	percentage of saving		16%

Dari analisis LCC didapatkan hasil bahwa selama 20 tahun kedepan kaca alternatif 2 (kombinasi kaca laminated dan IGU) memberikan penghematan hanya sebesar 16% dari desain eksisting. Sedangkan kaca alternatif 1 (IGU) memberikan penghematan konsumsi energi listrik sebesar 31%. Dari hasil LCC dapat disimpulkan bahwa kaca IGU merupakan kaca yang lebih efektif dalam mereduksi panas yang membuat kinerja AC pada ruangan lebih ringan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian analisis biaya dengan metode rekayasa nilai pada pemilihan spesifikasi bahan pekerjaan fasad bangunan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Faktor yang paling berpengaruh dalam analisis VE dan LCC pada fasad bangunan adalah: (a) Gambar desain, (b) Pemilik melakukan perubahan desain saat konstruksi berlangsung, (c) Desain kurang matang, (d) Spesifikasi material, (e) Akurasi dan pengukuran, (f) Keterampilan dan pengalaman di tempat kerja, (g) Pendanaan proyek, (h) Perencanaan dan kompetensi, (i) Ketersediaan stok material, (j) Material fasad dan aplikasinya.
2. Metode yang digunakan untuk mendukung analisis VE pada fasad gedung adalah sebagai berikut: (a) Analisis OTTV, (b) Analisis konsumsi energi listrik, (c) Analisis LCCA.
3. Pemilihan bahan yang paling efisien merupakan alternatif pilihan 1 tetapi dengan biaya awal yang tinggi dibandingkan dengan alternatif 2 yang memiliki biaya awal lebih rendah tetapi tetap memenuhi persyaratan standar SNI OTTV.

DAFTAR PUSTAKA

Aksamija, A., & Peters, T. (2017). Heat Transfer in Facade Systems and Energy Use: Comparative Study of Different Exterior Wall Types. *Journal of Architectural Engineering*, 23(1), 1–17. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-)

5568.0000224
 Arcadis. (2019). *Construction Cost Handbook Indonesia 2019*. 2019–2020.
 Lee, J. S. (2018). Value Engineering for Defect Prevention on Building Façade. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(8), 1–8. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001500](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001500)
 Lembaga Pendidikan Dan Pengujian Facade Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Indonesia. (2012). Jakarta.
 Pratama, Y. T. (2019). *Analisis Biaya Pekerjaan Kaca Fasad Dengan Metode Rekayasa Nilai Pada Proyek Bangunan Gedung Bertingkat Tinggi*. 2019.
 Vijayalaxmi, J. (2010). Concept of Overall Thermal Transfer Value (OTTV) in Design of Building Envelope to Achieve Energy Efficiency. *International Journal of Thermal and Environmental Engineering*, 1(2), 75–80. <https://doi.org/10.5383/ijtee.01.02.003>

