

## APLIKASI VALUE ENGINEERING PADA PEMILIHAN ELEMEN FASAD

Anthony Carrissa Surja<sup>1</sup>, Januar Budiman<sup>2</sup> dan Paul Nugraha<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Krsiten Petra, Surabaya

<sup>2,3</sup> Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya

<sup>1</sup> b21180003@john.petra.ac.id, <sup>2</sup> januar@peter.petra.ac.id, <sup>3</sup> pnugraha@petra.ac.id

**ABSTRAK:** Penelitian ini bertujuan untuk menggabungkan penerapan *value engineering* dalam mencari alternatif material fasad yang optimal dalam arti memiliki fungsi dasar sama yang selanjutnya akan dilakukan penentuan alternatif dengan menggunakan *weighted decision matrix*. Konsep penelitian yang dilakukan adalah penerapan rekayasa nilai pada bangunan *showroom* Adiputro. Rekayasa nilai ini menggunakan rencana kerja rekayasa nilai (*value engineering job plan*) yang meliputi tahap informasi, tahap spekulatif/ kreativitas, tahap analisis dan tahap proposal/rekomendasi. Penelitian ini menemukan hasil elemen fasad yang memiliki *potential saving cost* terbesar. Hasil dari penerapan *value engineering* dan *weighted decision matrix* menemukan alternatif terbaik pengganti fasad kaca *showroom* adalah *laminated heat strengthened glass* dan alternatif terbaik pengganti *double skin facade* *showroom* adalah *aluminium luxalon miniwave*.

Kata kunci: rekayasa nilai, fasad, panel pengisi

**ABSTRACT:** *This study aims to combine the application of value engineering in finding the optimal alternative facade material in the sense that it has the same basic function which will then be determined using a weighted decision matrix. The concept of the research carried out is the application of value engineering to the Adiputro showroom building. This value engineering uses a value engineering job plan which includes the information stage, the speculative/creative stage, the analysis stage and the proposal/recommendation stage. This study found the results of the facade element that has the largest potential cost saving. The results of the application of value engineering and weighted decision matrix found that the best alternative to the showroom glass facade was laminated heat strengthened glass and the best alternative to the double skin facade of the showroom was aluminum luxalon miniwave.*

Keywords: *value engineering, façade, infill panels*

### 1. PENDAHULUAN

*Value engineering* (VE) atau dalam bahasa indonesia disebut rekayasa nilai, adalah suatu pendekatan yang sistematis untuk mencapai konsep *value for money*, yaitu konsep mengoptimalkan biaya dan kualitas sebuah fasilitas (Dell'Isola, 1975). VE dikembangkan pertama kali pada bidang industri manufaktur pada masa setelah perang dunia II untuk mengamankan hasil maksimum dari sumber daya yang terbatas.

Penerapan VE pada bidang konstruksi merupakan suatu pendekatan yang dilakukan secara sistematis oleh tim dari banyak disiplin ilmu yang melakukan fokus pada nilai dan fungsi. Penerapan VE pada proyek konstruksi mempunyai potensi penghematan yang cukup besar dari anggaran biaya proyek. Dari penelitian yang dilakukan di Amerika (Kelly & Male, 1993) menunjukkan penghematan yang dicapai dalam penerapan VE pada proyek konstruksi cukup besar, yang mencapai 34-36% dari total anggaran biaya proyek dari masing-masing disiplin ilmu.

Persepsi dan pengetahuan tentang VE di Indonesia telah berkembang baik untuk menghemat biaya pelaksanaan baik dalam fase desain hingga konstruksi (Wibowo, 2002). *Value engineering* (VE) sendiri telah banyak diterapkan pada beberapa proyek konstruksi di Indonesia, seperti pembangunan hotel, bangunan infrastruktur, perumahan, dan bangunan ibadah (Berawi et al., 2011; Arumsari & Tanachi, 2018; Bertolini et al., 2015; Wicaksono & Utomo, 2012).

Penerapan VE di universitas katholik widya mandala pakuwon city, Indonesia telah memberikan kontribusi berupa 15,79% penghematan biaya dari total biaya proyek (Wicaksono & Utomo, 2012). Aplikasi pada proyek gereja di Manado, memberikan efisiensi pada bidang arsitektur sebesar 24,5% dari biaya awal proyek (Kembuan & Tjakra, 2016). VE juga telah diterapkan pada bidang MEP dan mendapatkan hasil penghematan biaya sebesar 10,8% dari total biaya proyek (Bertolini et al., 2015).

VE telah terbukti memberikan dampak positif pada penghematan biaya mulai dari tahap desain hingga tahap konstruksi. Meskipun persentase penghematan biaya bervariasi tetapi pola yang ditunjukkan merupakan penghematan biaya yang positif, terutama bila VE diaplikasikan pada tahap desain (Berawi et al., 2011).

Perkembangan tampak bangunan konstruksi khususnya pada pemilihan material fasad menjadi hal yang tidak dapat diremehkan untuk mencegah kecacatan dalam sistem fasad yang terintegrasi pada bangunan (Lee, 2018). Banyak studi yang menerapkan penggunaan VE di bidang pekerjaan struktur, arsitektur, dan HVAC akan tetapi masih sedikit yang meneliti penerapan VE di bidang fasad bangunan. Keunikan penelitian ini adalah menggabungkan penerapan VE dalam memilih material fasad yang optimal yang selanjutnya akan dilakukan penentuan alternatif dengan menggunakan *weighted decision matrix*.

## **2. LANDASAN TEORI**

### **2.1 Definisi *Curtain Wall System***

*Curtain wall system* dapat didefinisikan sebagai dinding yang tidak memikul beban, biasanya ditempelkan di depan struktur bangunan utama, beban sendiri dan beban angin yang diterima dinding akan ditransferkan ke struktur bangunan utama melalui titik-titik pengangkur (Brooke, 2002). Menurut *The american architectural manufacturers association*, memberikan definisi *metal curtain wall* adalah dinding eksterior yang mungkin seluruhnya terdiri dari atau sebagian dari logam, atau dapat merupakan kombinasi dari logam, kaca dan bahan permukaan lainnya yang didukung oleh atau di dalam kerangka logam. *Curtain wall system* juga didefinisikan sebagai penutup bangunan, yang memiliki fungsi utama sebagai pemisah antara dalam dan luar ruangan.

## 2.2 Pemilihan Tipe *Curtain Wall System*

Mengingat banyaknya faktor dan interaksi faktor-faktor tersebut itu sangat sulit untuk memberikan suatu pedoman memilih *curtain wall*. Perencana *curtain wall* inventif dapat mengadaptasi sistem untuk dapat mengakomodasi banyak kondisi. *Stick* dan *unitized system* adalah tipe *curtain wall* yang paling umum digunakan pada bangunan tinggi. Dorongan oleh pasar dan kemampuan kontraktor dalam mengaplikasikan *Stick system* membuat sistem ini umum digunakan pada bangunan bertingkat rendah. Sedangkan pada bangunan yang bertingkat tinggi umumnya digunakan *unitized system*.

## 2.3 Rencana Kerja *Value Engineering*

Tahapan rencana kerja yang akan dipakai oleh penulis berdasarkan oleh Dell'Isola (1975) yang membagi rencana kerja *VE* dalam empat tahapan, yaitu :

1. Tahapan Informasi (*Information*)
2. Tahapan Kreatif (*Speculative*)
3. Tahapan Analisis (*Analytical*)
4. Tahapan Rekomendasi (*Proposal*)

## 2.4 Penelitian *Value Engineering* sebelumnya

Proyek - proyek lain atau bagian dari suatu proyek yang sudah dilakukan *VE* sebelumnya merupakan sumber informasi yang sangat berguna untuk studi *VE* pada suatu proyek yang baru. Beberapa penelitian tentang *VE* telah penulis rangkumkan sebagai data perbandingan penerapan *VE* dapat dilihat pada Tabel 1.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk konsep penelitian yang dilakukan adalah penerapan rekayasa nilai pada sebuah proyek konstruksi. Penelitian ini mengambil obyek pekerjaan fasad bangunan Adiputro di Malang. Rekayasa nilai pada proyek ini menggunakan metode atau teknik rencana kerja rekayasa nilai (*value engineering Job plan*) menurut Dell'Isola (1975) yaitu meliputi tahap informasi, tahap spekulatif/ kreativitas, tahap analisis dan tahap proposal/rekomendasi. tahapan alur penelitian secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Efisiensi Biaya Penelitian *Value Engineering* di Indonesia

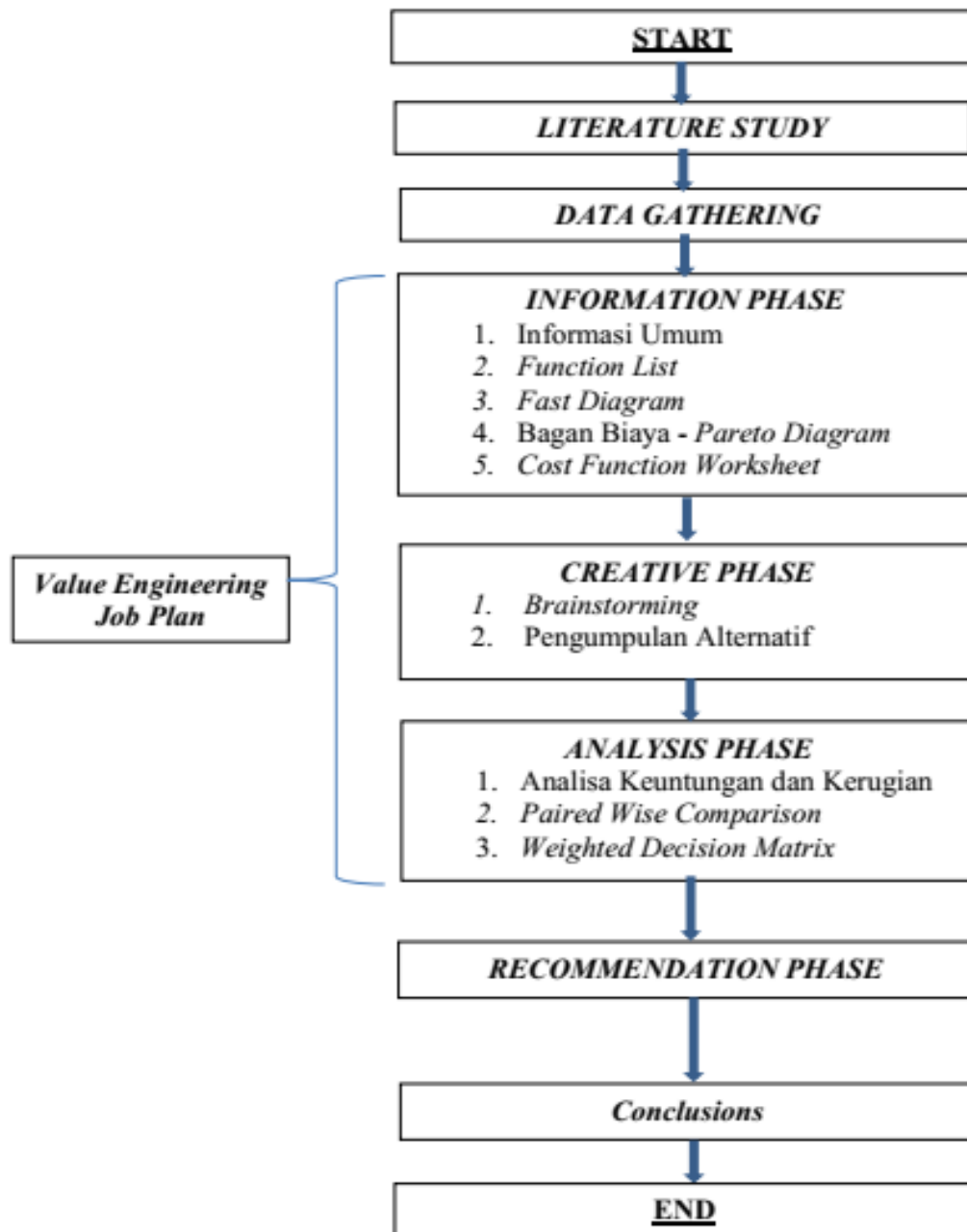
| No. | Referensi                 | Bidang Penerapan VE                                                                    | Efisiensi Biaya (%) |
|-----|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1   | Hartono & Suradi (1989)   | Perencanaan Hanggar Merpati Nusantara Juanda-Surabaya                                  | 19.14%              |
| 2   | Priyo & Hermawan (2010)   | Struktur Bangunan BPKP Yogyakarta                                                      | 2.53%               |
| 3   | Winata & Santoso (2011)   | Arsitektur Rumah Tinggal                                                               | 6.6%                |
| 4   | Wicaksono & Utomo (2012)  | Arsitektur Proyek Pembangunan Universitas Katholik Widya Mandala Pakuwon City-Surabaya | 15.79%              |
| 5   | Manggala & Utomo (2014)   | Struktur dan Arsitek Rumah tipe 39 Perum. Sapphire park Regency-Surabaya               | 4.9%                |
| 6   | Bertolini et al. (2015)   | MEP Hotel Grand Banjarmasin                                                            | 10.8%               |
| 7   | Kembuan & Tjakra, (2016)  | Arsitektur Gereja GMIM Syaloom Karombasan                                              | 24.5%               |
| 8   | Arumsari & Tanachi (2018) | Arsitektur Hotel Bali                                                                  | 8%                  |

#### 4. HASIL PENELITIAN

Objek penelitian ini adalah bangunan komersial yang memiliki fungsi sebagai *showroom* bus dan gedung perkantoran. Penelitian ini akan difokuskan pada elemen fasad yang memiliki potensi penghematan biaya terbesar, dengan implementasi pada tahap desain dari sudut pandang pemilik untuk dapat mengatur anggaran proyek sebelum dilaksanakan tender pemilihan calon kontraktor.

##### 4.1 Tahap Informasi

Objek Studi terdiri dari dua bagian yaitu *showroom* bus dan gedung perkantoran 5 lantai, Sebagai pionir dalam bidang usaha pariwisata, gedung ini memiliki peran penting dalam menunjang perkembangan usaha grup Adiputro dengan didukung fungsi perkantoran yang terkini. Fasad kaca pada bagian *showroom* difungsikan sebagai daya tarik konsumen untuk dapat melihat bus hasil fabrikasi, sedangkan fasad gedung perkantoran berfungsi untuk menaikkan daya tarik bangunan itu sendiri.



Gambar 1. Alur Diagram Penelitian

#### 4.1.1 Analisis Daftar Fungsi

Pada Tabel 2 dapat dilihat daftar analisis fungsi dari komponen *curtain wall*, Daftar elemen ini diambil dari komponen umum penyusun fasad. Elemen yang memiliki peran fungsi dasar adalah elemen yang tidak dapat dihilangkan dan elemen sekunder adalah pendukung daripada fungsi dasar elemen. *Aluminium frame* dan *Infill panels* merupakan elemen yang tidak dapat dihilangkan sehingga dinilai sebagai elemen yang memiliki peran penting dan bersifat sebagai fungsi dasar dari sistem.

Tabel 2. *Curtain Wall Function List*

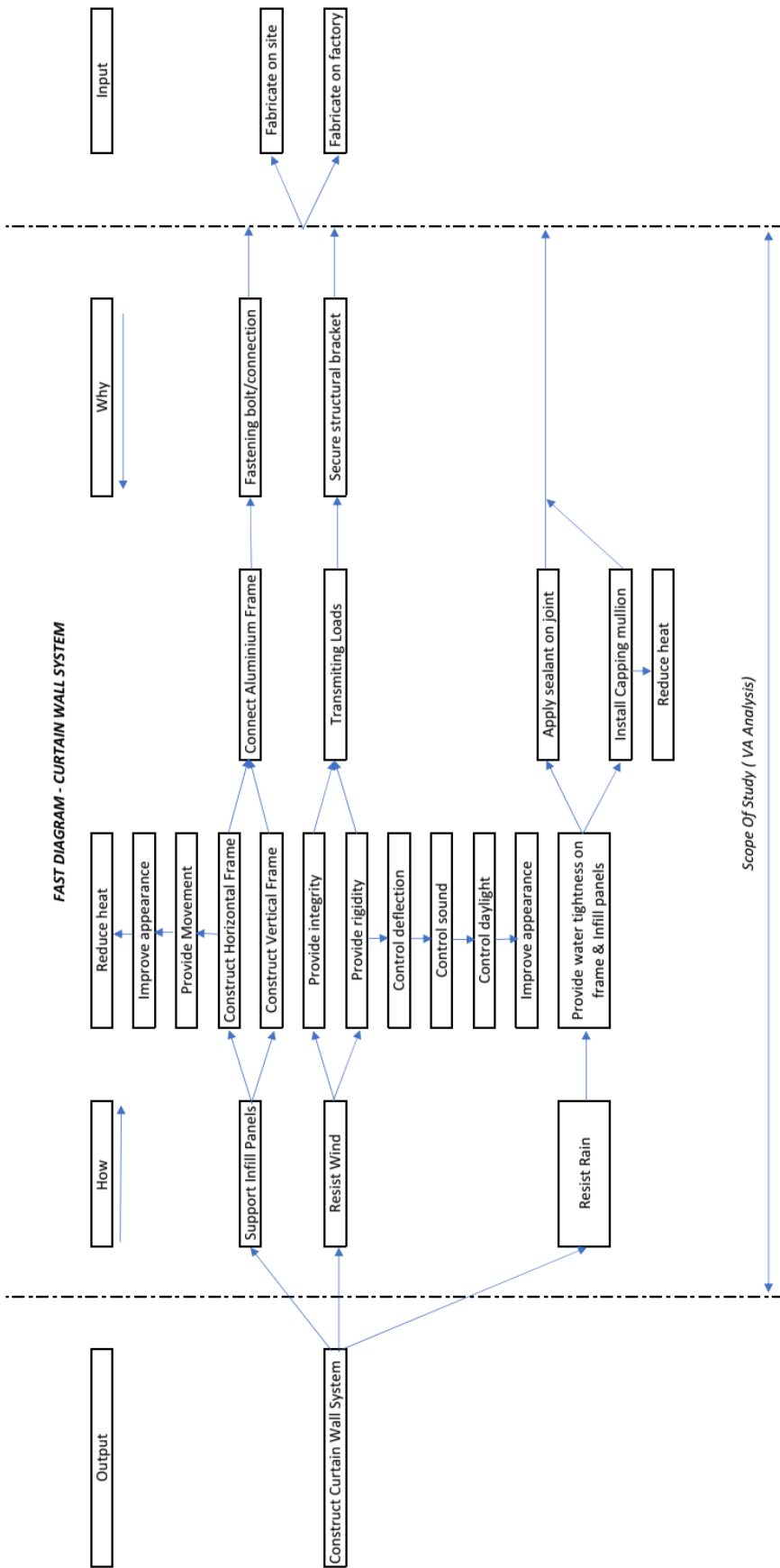
| Part               | Verb     | Noun          | Basic | Secondary |
|--------------------|----------|---------------|-------|-----------|
| Aluminium<br>Frame | Support  | Infill panels | √     |           |
|                    | Transmit | Loads         |       | √         |
|                    | Improve  | Apperance     |       | √         |
|                    | Resist   | Wind          | √     |           |
|                    | Resist   | Rain          | √     |           |
| Infill Panels      | Control  | Daylight      |       | √         |
|                    | Control  | Sound         |       | √         |
|                    | Reduce   | Heat          |       | √         |
|                    | Improve  | Appearance    |       | √         |
|                    | Provide  | Watertight    |       | √         |
| Capping            | Secure   | Thermal break |       | √         |
|                    | Support  | Infill Panels |       | √         |
|                    | Reduce   | Heat          |       | √         |
| Thermal break      | Control  | Sound         |       | √         |
|                    | Provide  | Movement      |       | √         |
| Expansion<br>joint | Provide  |               |       | √         |
| Fastener           | Provide  | Integrity     |       | √         |
|                    | Provide  | Rigidity      |       | √         |
| Sealant            | Provide  | Watertight    |       | √         |
|                    | Resist   | Rain          |       | √         |

#### 4.1.1 Fast Diagram

Pada Gambar 2 dapat dilihat FAST Diagram, diagram tersebut menunjukkan lingkup studi *value engineering* dan target elemen dengan fungsi sekunder yang akan dianalisa. Fungsi sekunder yang dipilih untuk dianalisa pada *infill panels* meliputi fungsi untuk mereduksi panas, kontrol cahaya, dan kontrol suara yang masuk ke dalam bangunan, dan fungsi meningkatkan penampilan.

#### 4.1.2 Potential Saving Cost Item

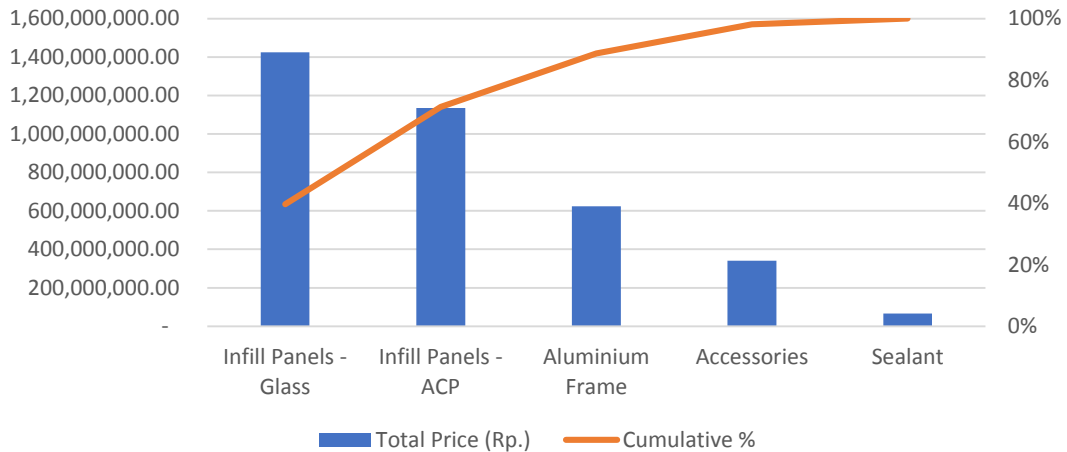
Pada Tabel 3 dapat dilihat *breakdown cost model* dari pekerjaan fasad showroom, dengan *infill panels – glass* dan ACP memiliki beban biaya terbesar yang dapat dilihat analisis distribusi pada *pareto diagram* di Gambar 3.



Gambar 2. Fast Diagram Curtain Wall System

Tabel 3. *Breakdown Cost Model*

| No. | Façade Work           | Total Price (Rp.) | Cumulative % |
|-----|-----------------------|-------------------|--------------|
| 1   | Infill Panels - Glass | 1,424,985,073.00  | 39.7%        |
| 2   | Infill Panels - ACP   | 1,135,468,250.00  | 71.3%        |
| 3   | Aluminium Frame       | 624,196,350.00    | 88.7%        |
| 4   | Accessories           | 340,404,380.00    | 98.2%        |
| 5   | Sealant               | 66,039,918.00     | 100.0%       |



Gambar 3. Distribusi Diagram Pareto

Elemen panel pengisi kaca dan ACP dipilih sebagai elemen yang memiliki potensi terbesar untuk dilakukan analisis *value engineering*, selanjutnya elemen tersebut akan dicari alternatif pengganti dengan tetap mempertahankan fungsi dasar dari elemen tersebut dan meningkatkan fungsi sekunder dari elemen tersebut.

## 4.2 Tahap Kreatif

Pada tahap kreatif ini dilaksanakan beberapa metode pengumpulan alternatif melalui *brainstorming* dan pengumpulan alternatif bersama para pakar fasad di bidangnya, pengambilan data alternatif pakar fasad diambil dari sumber konsultan, kontraktor dan pemilik. Pengumpulan alternatif kaca *showroom* dapat dilihat pada Tabel 4, dan pengumpulan alternatif *double skin façade* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Alternatif Kaca *Showroom* Adiputro

| Tahap Kreatif<br>PENGUMPULAN ALTERNATIF           |                                                                                               |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Desain Original : Kaca <i>Tempered Clear</i> 12mm |                                                                                               |
| No.                                               | Alternatif                                                                                    |
| 1.                                                | <i>Lami : 8mm HS Clear Glass + 1.52mm PVB + 8mm HS Sunergy Clear (#4)</i>                     |
| 2.                                                | <i>Lami : 8mm HS New Stopsol Supersilver Clear (#2) + 1.52mm PVB + 8mm HS Clear</i>           |
| 3.                                                | <i>Lami : 8mm HS New Stopsol Supersilver Clear (#2) + 1.52mm PVB + 8mm HS Planibel-G (#4)</i> |
| 4.                                                | <i>Lami : 8mm HS Sunergy Clear (#2) + 1.52mm PVB + 8mm HS Planibel-G (#4)</i>                 |
| 5.                                                | <i>DGU : 8mm HS Sunergy Clear (#2) + 12 AS + 8mm HS Clear Glass</i>                           |
| 6.                                                | <i>DGU : 8mm HS New Stopsol Supersilver Clear (#2) + 12 AS + 8mm Clear Glass</i>              |
| 7.                                                | <i>DGU : 8mm HS Stopray Vision 61T + 12 AS + 8mm HS Clear Glass</i>                           |

Tabel 5. Alternatif *Double Skin Facade* *Showroom* Adiputro

| Tahap Kreatif<br>PENGUMPULAN ALTERNATIF                        |                                                                               |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Desain Original : Aluminium Composite Panel perforated t = 4mm |                                                                               |
| No.                                                            | Alternatif                                                                    |
| 1.                                                             | <i>Aluminium Sheet t=3mm perforated finished powder coating</i>               |
| 2.                                                             | <i>Steel plate t=1.2 mm perforated finished powder coating</i>                |
| 3.                                                             | <i>Aluminium Luxalon Miniwave t=0.8 mm perforated finished powder coating</i> |

### 4.3 Tahap Analisis

Tahap analisa dilaksanakan setelah pendataan alternatif dari elemen yang ditinjau, elemen tersebut akan dinilai lebih mendetail dari performa dan parameter sistem fasad yang optimal. Untuk alternatif elemen kaca akan diringkaskan menjadi *clear flat tempered glass*, *laminated glass*, dan *double glazing unit* sedangkan untuk elemen *double skin façade* akan diringkaskan menjadi *aluminium composite panel*, *aluminium sheet* dan *aluminium luxalon miniwave*.

#### 4.3.1 Analisis Keuntungan dan Kerugian

Analisis keuntungan dan kerugian dari tiap alternatif elemen masing-masing didata dan dianalisa potensi keuntungan dan kerugiannya. Analisis keuntungan dan kerugian ini didasarkan pada lima segi penilaian yaitu segi biaya, kesesuaian fungsi, pelaksanaan, kesesuaian teknologi, dan perawatan dan keawetan. Pada Tabel 6 dapat dilihat analisis keuntungan dan kerugian untuk desain original fasad *showroom clear tempered glass*, pada Tabel 7 dapat dilihat analisis keuntungan dan kerugian *laminated glass*, dan pada Tabel 8 dapat dilihat analisis keuntungan dan kerugian *double glazing unit*.

Tabel 6. Analisis Keuntungan dan Kerugian *Clear Flat Tempered Glass*

| ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN        |                        |                                                                                                                                 |                                                                                                             |
|-----------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ALTERNATIVE : CLEAR FLAT TEMPERED GLASS |                        |                                                                                                                                 |                                                                                                             |
| No.                                     | Segi                   | Potensi Keuntungan                                                                                                              | Potensi Kerugian                                                                                            |
| 1                                       | Biaya                  | Harga ekonomis daripada alternatif lain                                                                                         | Tempered memiliki resiko pecah karena kandungan Nickel Sulfide di dalam komposisinya                        |
| 2                                       | Kesesuaian fungsi      | <i>Basic Function</i> terpenuhi, fungsi <i>improve appearance</i> agar pandangan ke showroom tidak terganggu bayangan terpenuhi | <i>Secondary function</i> seperti <i>control daylight</i> , <i>Reduce heat</i> tidak terpenuhi dengan baik. |
| 3                                       | Pelaksanaan            | Dapat dilaksanakan dengan mudah menggunakan metode ereksi <i>stick system</i>                                                   | Bila terkena benturan keras akan pecah menjadi pecahan kecil                                                |
| 4                                       | Kesesuaian teknologi   | Tidak membutuhkan teknologi khusus untuk produksi atau pelaksanaan di lapangan                                                  | Kaca bening tidak memiliki keuntungan dalam kontrol cahaya dan panas                                        |
| 5                                       | Perawatan dan keawetan | Kaca <i>tempered</i> memiliki kekuatan lima kali lebih kuat dari kaca biasa                                                     | Bila kaca pecah maka penggantian harus segera dilakukan dengan mengganti seluruh bidang kaca                |

Tabel 7. Analisis Keuntungan dan Kerugian *Laminated Glass*

| ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN                |                        |                                                                                                                                     |                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ALTERNATIVE : HEAT STRENGTHENED LAMINATED GLASS |                        |                                                                                                                                     |                                                                                                                               |
| No.                                             | Segi                   | Potensi Keuntungan                                                                                                                  | Potensi Kerugian                                                                                                              |
| 1                                               | Biaya                  | Harga relatif lebih mahal dari <i>Clear Glass</i>                                                                                   | Tergantung lapisan kaca interior dan eksterior dapat terjadi kenaikan harga yang signifikan                                   |
| 2                                               | Kesesuaian fungsi      | <i>Basic Function</i> terpenuhi, <i>secondary function control daylight</i> dan <i>reduce heat</i> dapat dengan mudah diaplikasikan | <i>Secondary function</i> seperti <i>improve appearance</i> dapat terganggu karena bisa terdapat bidang distorsi pada kaca HS |
| 3                                               | Pelaksanaan            | Dapat dilaksanakan dengan mudah menggunakan metode ereksi <i>stick system</i> maupun <i>unitized system</i>                         | Dengan ukuran yang cukup tebal berat kaca yang signifikan dapat mempengaruhi proses instalasi di lapangan                     |
| 4                                               | Kesesuaian teknologi   | Dengan mudah memanfaatkan komposisi kaca interior dan eksterior untuk memperoleh fungsi yang diinginkan pada bangunan               | Teknologi kaca yang sangat variatif juga menimbulkan kesukaran dalam pemilihan <i>coating</i> kaca                            |
| 5                                               | Perawatan dan keawetan | Kaca HS memiliki kekuatan dua kali lebih kuat dari kaca biasa, <i>Laminated</i> memberikan proteksi terbaik dari alternatif lainnya | Perawatan kaca membutuhkan <i>maintenance</i> rutin dari pemilik gedung                                                       |

Tabel 8. Analisis Keuntungan dan Kerugian *Double Glazing Unit*

| <b>ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN</b>        |                        |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ALTERNATIVE : Double Glazing Unit Glass</b> |                        |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                      |
| <b>No.</b>                                     | <b>Segi</b>            | <b>Potensi Keuntungan</b>                                                                                                                     | <b>Potensi Kerugian</b>                                                                                                                              |
| 1                                              | Biaya                  | Harga DGU relatif mahal daripada jenis alternatif lainnya                                                                                     | <i>Minimum price</i> dari DGU glass tinggi dan potensi untuk terjadi lonjakan biaya karena perbaikan juga tinggi                                     |
| 2                                              | Kesesuaian fungsi      | <i>Basic Function</i> terpenuhi, <i>secondary function control daylight</i> dan <i>reduce heat</i> sangat terpenuhi dengan baik               | <i>Secondary function</i> seperti improve appearance dapat terganggu karena <i>Light Transmittance</i> yang lebih rendah daripada alternatif lainnya |
| 3                                              | Pelaksanaan            | Umumnya dilaksanakan bersama dengan <i>unitized system</i>                                                                                    | Memerlukan <i>crane</i> / alat bantu instalasi untuk pelaksanaan                                                                                     |
| 4                                              | Kesesuaian teknologi   | DGU memiliki teknologi terbaik dari sisi performance karena air space antara dua lapis kaca tersebut dapat mereduksi panas dengan sangat baik | Proses instalasi di lapangan membutuhkan aplikator yang menguasai teknik pemasangan DGU                                                              |
| 5                                              | Perawatan dan keawetan | Kaca HS memiliki kekuatan dua kali lebih kuat dari kaca biasa                                                                                 | Lapisan kaca yang pecah dapat menyebabkan kegagalan sistem.                                                                                          |

Pada Tabel 9 dapat dilihat analisis keuntungan dan kerugian untuk desain original double skin facade *aluminium composite panel*, pada Tabel 10 dapat dilihat analisis keuntungan dan kerugian *aluminium sheet*, dan pada Tabel 11 dapat dilihat analisis keuntungan dan kerugian *aluminium luxalon miniwave*.

Tabel 9. Analisis Keuntungan dan Kerugian *Aluminium Composite Panel*

| <b>ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN</b>        |                        |                                                                                                      |                                                                                                                    |
|------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ALTERNATIVE : Aluminium Composite Panel</b> |                        |                                                                                                      |                                                                                                                    |
| <b>No.</b>                                     | <b>Segi</b>            | <b>Potensi Keuntungan</b>                                                                            | <b>Potensi Kerugian</b>                                                                                            |
| 1                                              | Biaya                  | Harga ACP relatif lebih mahal dari alternatif lainnya                                                | Tergantung spesifikasi yang ditentukan konsultan merk ACP yang berbeda dapat mempengaruhi harga yang signifikan    |
| 2                                              | Kesesuaian fungsi      | <i>Basic function</i> terpenuhi dan dari fungsi <i>improve appearance</i> dapat dengan mudah dicapai | <i>secondary function</i> seperti <i>control daylight</i> dan <i>reduce heat</i> tidak dapat dikontrol dengan baik |
| 3                                              | Pelaksanaan            | Instalasi ACP mudah dilaksanakan di lapangan                                                         | Bagian perforasi ACP tidak dapat dilindungi                                                                        |
| 4                                              | Kesesuaian teknologi   | ACP tidak membutuhkan sambungan khusus pada <i>double skin façade</i>                                | Instalasi ACP dengan teknik perforasi dengan modul 1x4m tidak tersedia di pasar                                    |
| 5                                              | Perawatan dan keawetan | Lapisan ACP cocok sebagai eksterior                                                                  | Bagian <i>sandwich</i> ACP yang diperforasi rawan rusak / kotor sebagai eksterior                                  |

Tabel 10. Analisis Keuntungan dan Kerugian *Aluminium Sheet*

| ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN     |                        |                                                                                                      |                                                                                                                    |
|--------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ALTERNATIVE : <i>Aluminium Sheet</i> |                        |                                                                                                      |                                                                                                                    |
| No.                                  | Segi                   | Potensi Keuntungan                                                                                   | Potensi Kerugian                                                                                                   |
| 1                                    | Biaya                  | Harga <i>Aluminium sheet</i> lebih murah dari alternatif lain                                        | Terdapat biaya <i>powder coating</i> untuk finish aluminium sheet                                                  |
| 2                                    | Kesesuaian fungsi      | <i>Basic function</i> terpenuhi dan dari fungsi <i>improve appearance</i> dapat dengan mudah dicapai | <i>secondary function</i> seperti <i>control daylight</i> dan <i>reduce heat</i> tidak dapat dikontrol dengan baik |
| 3                                    | Pelaksanaan            | Instalasi <i>Aluminium sheet</i> mudah dilaksanakan di lapangan                                      | Mudah tekuk saat pelaksanaan di lapangan                                                                           |
| 4                                    | Kesesuaian teknologi   | Tidak dibutuhkan teknologi khusus untuk fabrikasi                                                    | Perforasi <i>Aluminium sheet</i> dengan modul 1x4m belum tersedia di pasaran                                       |
| 5                                    | Perawatan dan keawetan | Tidak diperlukan biaya perawatan                                                                     | Deformasi dan kekakuan perlu dicek                                                                                 |

Tabel 11. Analisis Keuntungan dan Kerugian *Aluminium Luxalon Miniwave*

| ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN                |                        |                                                                                                  |                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ALTERNATIVE : <i>Aluminium Luxalon Miniwave</i> |                        |                                                                                                  |                                                                                                                          |
| No.                                             | Segi                   | Potensi Keuntungan                                                                               | Potensi Kerugian                                                                                                         |
| 1                                               | Biaya                  | Pelaksanaan di lapangan lebih <i>cost effective</i>                                              | <i>Initial cost</i> lebih tinggi                                                                                         |
| 2                                               | Kesesuaian fungsi      | <i>Basic function</i> terpenuhi                                                                  | Terdapat perbedaan tampak karena tekstur gelombang miniwave, fungsi <i>improve appearance</i> perlu diperhatikan kembali |
| 3                                               | Pelaksanaan            | Pelaksanaan relatif cepat dan <i>miniwave</i> mudah dibentuk dan diperforasi                     | Perlu aplikator yang handal dan kompeten saat pelaksanaan                                                                |
| 4                                               | Kesesuaian teknologi   | Teknologi ini menawarkan lembaran hingga 6m                                                      | Dibutuhkan teknologi khusus untuk produksi dan instalasi <i>miniwave</i>                                                 |
| 5                                               | Perawatan dan keawetan | Lapisan <i>Miniwave</i> dapat difinish dengan <i>powdercoating</i> , PVDF dan <i>Coil coated</i> | Perawatan belum diketahui secara pasti tingkat kesulitannya karena faktor gelombang ada potensi sukar dibersihkan        |

#### 4.3.2 Paired Comparison

Analisis alternatif masing-masing elemen akan dianalisa berdasarkan parameter yaitu *safety*, *sustainability*, *human comfort* (*visual comfort*, *thermal control*, *daylight control*, *accoustics*), *durability & maintainability*, dan *cost efficiency* (Moghtadernehad, 2019). Pada Gambar 4 dapat dilihat *paired comparison* untuk kuesioner 1 (owner), pada Gambar 5 dapat dilihat *paired comparison* untuk kuesioner 2 (konsultan) dan Gambar 6 dapat dilihat *paired comparison* untuk kuesioner 3 (kontraktor).

|   | A | B   | C   | D   | E   |
|---|---|-----|-----|-----|-----|
| A |   | A 2 | A 1 | A 2 | A 1 |
| B |   |     | C 3 | D 1 | E 2 |
| C |   |     |     | C 3 | C 1 |
| D |   |     |     |     | E 1 |
| E |   |     |     |     |     |

\*Safety (A), Sustainability (B), Human Comfort (C), Durability & Maintainability (D), Cost Efficiency (E)

\*Rating 1 (slightly more important), 2 (moderately important), 3 (more important)

| Parameters                     | Total     | Skor     |
|--------------------------------|-----------|----------|
| A Safety                       | 6         | 0.35     |
| B Sustainability               | 0         | 0.00     |
| C Human Comfort                | 7         | 0.41     |
| D Durability & Maintainability | 1         | 0.06     |
| E Cost Efficiency              | 3         | 0.18     |
| <b>TOTAL</b>                   | <b>17</b> | <b>1</b> |

Gambar 4. Paired Comparison Kuesioner 1 - Owner

|   | A | B   | C   | D   | E   |
|---|---|-----|-----|-----|-----|
| A |   | A 3 | A 3 | A 3 | A 3 |
| B |   |     | C 2 | D 1 | E 2 |
| C |   |     |     | C 1 | C 2 |
| D |   |     |     |     | E 2 |
| E |   |     |     |     |     |

\*Safety (A), Sustainability (B), Human Comfort (C), Durability & Maintainability (D), Cost Efficiency (E)

\*Rating 1 (slightly more important), 2 (moderately important), 3 (more important)

| Parameters                     | Total     | Skor     |
|--------------------------------|-----------|----------|
| A Safety                       | 12        | 0.55     |
| B Sustainability               | 0         | 0.00     |
| C Human Comfort                | 5         | 0.23     |
| D Durability & Maintainability | 1         | 0.05     |
| E Cost Efficiency              | 4         | 0.18     |
| <b>TOTAL</b>                   | <b>22</b> | <b>1</b> |

Gambar 5. Paired Comparison Kuesioner 2 – Konsultan

|   | A | B   | C   | D   | E   |
|---|---|-----|-----|-----|-----|
| A |   | A 3 | A 3 | A 3 | A 3 |
| B |   |     | C 3 | D 2 | E 2 |
| C |   |     |     | D 2 | E 1 |
| D |   |     |     |     | E 2 |
| E |   |     |     |     |     |

\*Safety (A), Sustainability (B), Human Comfort (C), Durability & Maintainability (D), Cost Efficiency (E)

\*Rating 1 (slightly more important), 2 (moderately important), 3 (more important)

| Parameters                     | Total     | Skor     |
|--------------------------------|-----------|----------|
| A Safety                       | 12        | 0.50     |
| B Sustainability               | 0         | 0.00     |
| C Human Comfort                | 3         | 0.13     |
| D Durability & Maintainability | 4         | 0.17     |
| E Cost Efficiency              | 5         | 0.21     |
| <b>TOTAL</b>                   | <b>24</b> | <b>1</b> |

Gambar 6. Paired Comparison Kuesioner 3 - Kontraktor

#### 4.3.3 Weighted Decision Matrix

Pada Tabel 12 menunjukkan hasil *weighted decision matrix* untuk alternative fasad kaca showroom adiputro dengan bobot poin sebesar 4.2553 pada alternatif *laminated heat*

*strengthened glass*. Pada Tabel 13 menunjukkan hasil alternatif untuk *double skin façade* dengan bobot 3.7597 pada alternatif *aluminium luxalon miniwave*.

Tabel 12. *Weighted Decision Matrix Alternative Glass*

| Average Weighted Decision Matrix                                                                             |           |                      |       |                    |       |                           |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-------|--------------------|-------|---------------------------|-------|
| Criteria                                                                                                     | Weighting | Alternatives Glass   |       |                    |       |                           |       |
|                                                                                                              |           | Tempered Clear Glass |       | Laminated HS Glass |       | Double Glazing Unit Glass |       |
|                                                                                                              |           | Score                | Total | Score              | Total | Score                     | Total |
| A                                                                                                            | 0.47      | 3.33                 | 1.55  | 5.00               | 2.33  | 3.67                      | 1.71  |
| B                                                                                                            | 0.00      | 4.67                 | 0.00  | 1.67               | 0.00  | 2.67                      | 0.00  |
| C                                                                                                            | 0.25      | 2.00                 | 0.51  | 3.67               | 0.93  | 5.00                      | 1.27  |
| D                                                                                                            | 0.09      | 2.00                 | 0.18  | 4.00               | 0.36  | 4.33                      | 0.39  |
| E                                                                                                            | 0.19      | 3.67                 | 0.69  | 3.33               | 0.63  | 1.67                      | 0.31  |
| Total                                                                                                        |           | 2.9363               |       | 4.2553             |       | 3.6887                    |       |
| Ranking                                                                                                      |           | 2                    |       | 1                  |       | 3                         |       |
| * Score : Excellent (5), Very Good (4), Good (3), Fair (2), Poor(1)                                          |           |                      |       |                    |       |                           |       |
| * Security (A), Sustainability (B), Human Comfort (C), Durability & Maintainability (D), Cost Efficiency (E) |           |                      |       |                    |       |                           |       |

Tabel 13. *Weighted Decision Matrix Alternative Double Skin façade*

| Average Weighted Decision Matrix                                                                             |           |                                 |       |                 |       |                            |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------|-------|-----------------|-------|----------------------------|-------|
| Criteria                                                                                                     | Weighting | Alternatives Double Skin Façade |       |                 |       |                            |       |
|                                                                                                              |           | Aluminium Composite Panel       |       | Aluminium Sheet |       | Aluminium Luxalon Miniwave |       |
|                                                                                                              |           | Score                           | Total | Score           | Total | Score                      | Total |
| A                                                                                                            | 0.47      | 2.67                            | 1.24  | 2.33            | 1.09  | 3.67                       | 1.71  |
| B                                                                                                            | 0.00      | 1.33                            | 0.00  | 3.67            | 0.00  | 3.67                       | 0.00  |
| C                                                                                                            | 0.25      | 3.00                            | 0.76  | 3.67            | 0.93  | 3.67                       | 0.93  |
| D                                                                                                            | 0.09      | 2.33                            | 0.21  | 3.00            | 0.27  | 4.00                       | 0.36  |
| E                                                                                                            | 0.19      | 3.33                            | 0.63  | 2.33            | 0.44  | 4.00                       | 0.76  |
| Total                                                                                                        |           | 2.8474                          |       | 2.7331          |       | 3.7597                     |       |
| Ranking                                                                                                      |           | 3                               |       | 2               |       | 1                          |       |
| * Score : Excellent (5), Very Good (4), Good (3), Fair (2), Poor (1)                                         |           |                                 |       |                 |       |                            |       |
| * Security (A), Sustainability (B), Human Comfort (C), Durability & Maintainability (D), Cost Efficiency (E) |           |                                 |       |                 |       |                            |       |

#### 4.4 Tahap Rekomendasi

Pada tahap rekomendasi disajikan hasil analisis dalam bentuk proposal kepada pemilik sebagai dasar pertimbangan untuk optimasi biaya atau peningkatan fungsi dari elemen fasad yang sudah dianalisa. Rekomendasi *glass curtain wall showroom* dapat dilihat pada Tabel 14, dan rekomendasi *double skin façade showroom* dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 14. Rekomendasi *Glass Curtain Wall Showroom*

| <b>Tahap Rekomendasi</b>  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Item of Work</b>       | : <i>Glass Curtain Wall Showroom and Office</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Basic Function</b>     | : - <i>Resist Wind</i><br>- <i>Resist Rain</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Secondary Function</b> | : - <i>Improve Appearance</i><br>- <i>Reduce Heat</i><br>- <i>Control Daylight</i><br>- <i>Control Sound</i>                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>1. Rencana Awal</b>    | : <i>Clear Tempered Glass 12mm</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>2. Alternatif</b>      | : <i>Laminated Glass 8mm HS Glass + PVB + 8mm HS Glass</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>3. Perubahan Biaya</b> | : - <i>Original Desain Tempered Clear Glass</i> memiliki kisaran harga di Rp. 300.000/m <sup>2</sup> sd. Rp. 400.000/m <sup>2</sup> untuk dimensi kaca 1x2,4m sampai dengan 2,4x4m<br>- <i>Alternative Laminated HS Glass</i> memiliki kisaran harga di Rp. 900.000/m <sup>2</sup> sd. Rp. 1.200.000/m <sup>2</sup> untuk dimensi kaca 1x2,4m sampai dengan 2,4x4m |

Tabel 15. Rekomendasi *Double Skin Façade Showroom*

| <b>Tahap Rekomendasi</b>  |                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Item of Work</b>       | : <i>Double Skin Façade</i>                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Basic Function</b>     | : - <i>Resist Wind</i><br>- <i>Resist Rain</i>                                                                                                                                                                                           |
| <b>Secondary Function</b> | : - <i>Improve Appearance</i><br>- <i>Reduce Heat</i><br>- <i>Control Daylight</i>                                                                                                                                                       |
| <b>1. Rencana Awal</b>    | : <i>Aluminium Composite Panel</i>                                                                                                                                                                                                       |
| <b>2. Alternatif</b>      | : <i>Aluminium Luxalon Miniwave</i>                                                                                                                                                                                                      |
| <b>5. Perubahan Biaya</b> | : -. <i>Original Desain ACP</i> untuk modul DSF 2x5m <sup>2</sup> memiliki harga Rp. 1.900.000,- / m <sup>2</sup><br>- <i>Alternative Luxalon Miniwave</i> dengan modul 2x5m <sup>2</sup> memiliki harga Rp. 1.450.000,- /m <sup>2</sup> |

## 5. HASIL PENELITIAN

Berdasarkan seluruh hasil tahapan penelitian dari penerapan *value engineering job plan* yang dilaksanakan pada *showroom* Adiputro dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Elemen fasad bangunan *showroom* yang memiliki *potential cost saving* terbesar berdasarkan *pareto diagram* dan *cost function worksheet* adalah *infill panels – cap* dan elemen *infill panels – glass*.
2. Hasil dari penerapan *value engineering* pada fasad *showroom* Adiputro setelah melalui tahapan analisis keuntungan dan kerugian, *paired comparison*, dan *weighted decision*

*matrix* dapat disimpulkan alternatif terbaik pengganti fasad kaca *showroom* adalah *laminated heat strengthened glass* dan alternatif terbaik pengganti *double skin façade showroom* adalah *aluminium luxalon miniwave*.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Arumsari, P., & Tanachi, R. (2018). Value Engineering Application in A High-Rise Building (A Case Study in Bali). In *2nd International Conference on Eco Engineering Development 2018* (pp. 01-04). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/195/1/012015>
- Berawi M. A. , Priyatno H., Latief Y., Sesmiawati, Rahman H. Z. (2011). Application of Value Engineering At Design Stage In Indonesia Construction Industry. In *12<sup>th</sup> International Conference in QiR 2011* (pp. 2121-2126). Quality in Research.
- Bertolini, V., & Wisnumurti, Zacoeb, A. (2015). *Aplikasi Value Engineering pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus Hotel Grand Banjarmasin)*. (Unpublished master's thesis), Universitas Brawijaya.
- Brooke, A. J. (2002). *Cladding of Buildings* (3<sup>rd</sup> ed). E & FN Spon.
- Dell'Isola, A.J. (1975). *Value Engineering in the Construction Industry*. Van Nostrand Reinhold.
- Hartono, E., & Suradi. (1989). *Penerapan Value Engineering pada Perencanaan Hanggar Merpati Nusantara di Juanda – Surabaya*. (Unpublished master's thesis). Universitas Kristen Petra.
- Kelly, J., & Male, S. (1993). *Value Management in Design and Construction*. E & FN Spon.
- Kembuan A., & Tjakra J. (2016). Penerapan *Value Engineering* pada Proyek Pembangunan Gereja GMIM Syaloom Karombasan. *Jurnal Sipil Statik*, 4 (2), 95-103.
- Lee, J. (2018). Value Engineering for Defect Prevention on Building Facade. *Journal Construction Engineering Management*, 144(8). 1-8.
- Manggala, H. P., & Utomo, C. (2014). Penerapan Rekayasa Nilai pada Proyek Pembangunan Rumah Tipe 39 di Perumahan Sapphire Park Regency Surabaya. *Jurnal Teknik POMITS*, 3 (2), 2337-3539.
- Moghtadernehad S. (2019). Façade Design Stages: Issues and Considerations. *Journal of Architect Engineering*, 25(1), 040180331-0401803310.
- Priyo, M., & Hermawan, T.D. (2010). Aplikasi Value Engineering pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 13(2), 116-129.
- Wibowo T. (2002). *Potensi Penggunaan Value Engineering pada Pembangunan Gedung Bertingkat Tinggi di Surabaya dan Jakarta*. (Unpublished master's thesis). Universitas Kristen Petra.
- Wicaksono, A.Y., & Utomo, C. (2012). Penerapan Value Engineering pada Pembangunan Proyek Universitas Katolik Widya Mandala Pakuwon City - Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), 56-62.
- Winata, S., & Santoso, D. (2011). *Studi Kasus Penerapan Rekayasa Nilai pada Suatu Proyek Rumah Tinggal*. (Unpublished undergraduate thesis). Universitas Kristen Petra.