

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu diperlukan sebagai referensi untuk memperkuat gambaran penelitian yang akan dilakukan. Berikut beberapa penelitian terdahulu :

Tabel 2.1. Referensi Jurnal *Value Engineering* Terdahulu

No	Judul	Objek <i>Value Engineering</i>	Pertimbangan/Hasil
1	Pendekatan <i>Value Engineering</i> untuk Optimasi Proses Pemilihan Material	Keramik	Biaya, Kualitas, Daya Tahan, Ketersediaan Ukuran atau Desain
2	Penerapan <i>Value Engineering</i> Pada Proyek Pembangunan Ruko Orlens Fashion Manado	Pasangan Dinding, Plesteran Dinding dan Acian Dinding	Keamanan, Biaya Awal, Biaya Operasi dan Pemeliharaan, Waktu Pelaksanaan, Kemudahan Pelaksanaan dan Potensial Penghematan
3	Penerapan Rekayasa Nilai (<i>Value Engineering</i>) Pada Bangunan Rumah Susun Sederhana (Studi Kasus: Rusunawa Jongke Sleman)	Menaikkan Mutu Beton yang Semula K-350 menjadi K-375	Mempengaruhi rasio pembesian sehingga terjadi penghematan biaya, akses pelaksanaannya pun menjadi semakin mudah, termasuk kualitas dan mutum berta struktur, jumlah tenaga kerja, waktu penyelesaian, finishing dan biaya pemeliharaan

No	Judul	Objek <i>Value Engineering</i>	Pertimbangan/Hasil
4	Penerapan Rekayasa Nilai (<i>Value Engineering</i>) Pekerjaan Arsitektural Pada Proyek Pembangunan Transmart Carrefour Padang	Lantai dan Dinding Luar	Plat lantai, screed 20mm (mortar instan), marmer lokal (60x60cm), dan plint marmer. Sedangkan dinding luarnya memakai pemasangan panel bata ringan 10cm, grooving, dan cat exterior.
5	Penerapan <i>Value Engineering</i> (VE) Pada Proyek Pembangunan Taman Sari Apartement	Balok	Mengganti bekesting balok dan pelat konvensional dengan bekesting balok dan pelat bondek dan mendapat selisih biaya dari rencana awal adalah Rp.22.501.821,00 atau 3% dari rencana awal.
6	Penerapan <i>Value Engineering</i> pada Proyek Pembangunan Ruko Orlens Fashion Manado	Acian	Pada Plesteran dan Acian dengan total biaya awal adalah Rp. 146.897.164 dan bila menggunakan material pengganti dengan menggunakan semen mortar utama (MU) maka total biaya menjadi Rp. 123.659.660
7	Konsep <i>Green Building</i> Pada Gedung A Griya Universitas Brawijaya Malang	-	Rekomendasi Gedung A Griya UB menghasilkan 90 poin yang termasuk peringkat PLATINUM. Rekomendasi menambahkan 37 poin. <i>GreenShip</i> yang menghasilkan nilai terbesar setelah rekomendasi yaitu <i>Energy Efisiensi & Conservation</i> , sama seperti sebelum rekomendasi. Rekomendasi dilakukan pada semua tolak ukur untuk memaksimalkan nilai yang dihasilkan.

No	Judul	Objek <i>Value Engineering</i>	Pertimbangan/Hasil
8	Analisa <i>Value Engineering</i> pada Proyek Gedung Riset dan Museum Energi dan Mineral Institut Teknologi Bandung	Plat Lantai	Mengkonversi sistem cor beton konvensional menjadi system <i>steel floor deck</i> , maka diperoleh penghematan (<i>cost saving</i>) sebesar Rp 120.988.335,12 atau 9,297 %
9	Penerapan <i>Value Engineering</i> pada Pekerjaan Konstruksi Studi Kasus Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Provinsi Sumatera Selatan	Kolom dan Balok	Rekayasa Nilai (<i>Value Engineering</i>) pada pekerjaan Kolom dan Balok biaya sebesar Rp. 3.737.843.286 atau sebesar 7,02 %.
10	Penerapan <i>Value Engineering</i> pada Pekerjaan Pembangunan Ruang Kelas SMKN 1 Kuok Kecamatan Kuok	Penutup Atap	Rekayasa Nilai (<i>Value Engineering</i>) dihasilkan penghematan total sebesar Rp 22.651.285 atau 17,17%
11	Pendekatan <i>Value Engineering</i> untuk Pemilihan Material Konstruksi Drainase Irigasi	Pemasangan Batu Kali pada Irigasi Drainase	Dari 4 (empat) alternatif yang dianalisis, alternatif terbaik adalah menggunakan bentuk pre-cast berbentuk L yang digunakan dalam pekerjaan saluran irigasi dengan menggunakan metode <i>zero-one</i>
12	Aplikasi <i>Value Engineering</i> pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus Hotel Grand Banjarmasin)	Sistem Kerja Air Conditioner (AC)	Penggunaan sistem penghawaan buatan dengan menggunakan sistem AC sistem <i>Variable Refrigerant Valve (VRV)</i> menghasilkan penghematan sebesar 10,80% dari siklus hidup yang dihitung dengan asumsi penggunaan selama 10 tahun.

13	Rekayasa Nilai pada Pengembangan Desain Produk Kursi Bambu untuk Pasar Ekspor	Aspek Fungsi Aesthetic	<i>Value Engineering</i> dilakukan pada pasak rangka, seat yang berbentuk persegi, sandaran berbentuk persegi dan sandaran tangan yang berbentuk lurus namun tidak menempel pada pasak rangka sandaran
14	Analisis <i>Value Engineering</i> pada Proyek Perumahan Djajakusuma Residence	Material Dinding	Penggantian material bata ringan menjadi bata merah dan <i>saving cost</i> yang terjadi sebesar Rp 258,762,864.47.
15	Aplikasi <i>Value Engineering</i> pada Gedung Tinggi (Studi Kasus di Kota Bali)	Pekerjaan Dinding, Pekerjaan Pintu, Pekerjaan Lantai dan Pekerjaan Sanitasi	Analisis rekayasa nilai adalah pekerjaan dinding, pekerjaan pintu, pekerjaan lantai dan pekerjaan sanitasi. Melalui analisis rekayasa nilai dari mereka item pekerjaan diidentifikasi, persentase biaya yang dihemat adalah 8%
16	Analisis Pemilihan Material Plat Lantai pada Proyek Perumahan menggunakan Metode AHP	Plat Lantai ditinjau dari Biaya Pelaksanaan, Kekuatan Struktur, Waktu	Tahap akhir perhitungan yaitu rekomendasi material plat lantai digunakan plat lantai AAC dari segi biaya pelaksanaan.
17	Aplikasi <i>Value Engineering</i> pada Perumahan Harga Terjangkau di India	Atap	Penggunaan atap rana Mivan, membantu waktu proyek secara keseluruhan berkurang yang turun menjadi 52% dibandingkan dengan penggunaan atap rana konvensional.

No	Judul	Objek <i>Value Engineering</i>	Pertimbangan/Hasil
18	Implementasi <i>Value Engineering</i> dalam <i>design</i> bangunan gedung rumah sakit umum Jembrana Regency	Mutu Beton dan Baja	Alternatif II (Komposit) yaitu campuran beton mutu K350, kolom baja WF dan <i>deck</i> lantai + pelat lantai <i>wiremesh</i> merupakan alternatif struktur beton terbaik yang memiliki bobot tertinggi 40,91%.
19	<i>Value Engineering</i> dalam Pemodelan Informasi Bangunan untuk Optimalisasi Biaya Pekerjaan Renovasi: Studi Kasus	Mengintegrasikan penggunaan aplikasi BIM proyek model dengan data biaya RSMeans dan AHP (<i>Analytic Hierarchy Process</i>) yang didasarkan pada VE	Faktor hambatan penerapan BIM di industri tertinggi yang mendominasi ditemukan di angka 40% yakni rendahnya kesadaran dan lambatnya penyerapan oleh para pemain.
20	Penerapan <i>Value Engineering</i> dalam Desain Berkelanjutan Efisiensi Energi Bangunan	Pondasi dan Dinding	Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun ada kebutuhan untuk memperkenalkan lingkup pekerjaan tambahan pada perluasan dinding pondasi eksternal, pengenalan lapisan tambahan lebih menguntungkan daripada solusi lain, dengan mempertimbangkan efek yang terkait dengan efisiensi energi dan efek pengurangan biaya

Value Engineering pada lingkup teknik sipil tidak hanya dilakukan pada bangunan gedung, tapi juga bangunan air seperti irigasi. Pada peneraannya pun tak hanya berkaitan dengan struktur secara langsung, tapi juga bisa berkaitan dengan material maupun system yang dipakai saat bangunan itu dalam tahap desain

menggunakan sebuah aplikasi bantuan maupun system dari pekerjaan *Mechanical Engineering and Plumbing* (MEP). Selain itu, *Value Engineering* juga dapat dilakukan diluar lingkup teknik sipil, bisa juga dilakukan dalam desain suatu produk untuk menunjang kebutuhan pasar yang ditargetkan.

2.2 Pengertian Proyek

Pengertian proyek menurut Soeharto (1995), proyek dapat diartikan sebagai suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya terbatas dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sasarannya telah digariskan dengan jelas. Adapun yang dimaksud dengan tugas adalah dapat berupa membangun pabrik, membuat produk baru atau melakukan penelitian dan pengembangan. Lebih lanjut Soeharto (1995), menjelaskan bahwa proyek memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- a. Memiliki tujuan khusus, produk akhir atau hasil kerja akhir,
- b. Jumlah biaya, sasaran jadwal serta kriteria mutu dalam proses mencapai tujuan.
- c. Bersifat sementara, dalam arti umurnya dibatasi oleh selesainya tugas,
- d. Titik awal dan akhir ditentukan dengan jelas,
- e. Non rutin, tidak berulang – ulang. Jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

Sasaran dan tiga kendala proyek menurut Soeharto (1995), setiap proyek memiliki tujuan khusus yang dalam pencapaiannya ditentukan oleh beberapa

batasan antara lain Biaya/Anggaran (*Cost*), Waktu/Jadwal (*Time*) serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga batasan tersebut yang disebut sebagai *Triple Constrain* atau tiga kendala proyek yang merupakan parameter penting bagi penyelenggara proyek yang juga diasosiasikan sebagai sasaran proyek.

2.3 Pengertian Manajemen Proyek

Manajemen proyek berisi penjelasan tentang definisi manajemen proyek, Sistem manajemen konstruksi, keterkaitan biaya, waktu, dan kualitas, Sejarah rekayasa nilai, definisi nilai (*value*), rekayasa nilai (*value engineering*).

2.2.1 Definisi Manajemen Proyek

Manajemen merupakan proses terpadu dimana individu-individu sebagai bagian dari organisasi dilibatkan untuk memelihara, mengembangkan, mengendalikan, dan menjalankan program-program yang kesemuanya diarahkan pada sasaran yang telah ditetapkan dan berlangsung terus menerus seiring dengan berjalannya waktu (Widiasanti, I. dan L, 2013).

Seperti kebanyakan usaha organisasi, tujuan utama sebuah proyek adalah untuk memuaskan kebutuhan seorang pelanggan. Karakteristik sebuah proyek membantu membedakan proyek dari berbagai usaha lainnya yang dilakukan organisasi. Karakteristik utama sebuah proyek adalah sebagai berikut:

1. Punya sasaran.
2. Ada rentang waktu tertentu, ada awal dan akhirnya.
3. Biasanya melibatkan beberapa departemen.
4. Umumnya melakukan sesuatu yang sebelumnya tidak pernah dilakukan.

5. Waktu, biasa dan persyaratan kinerja yang spesifik.

2.2.2 Sistem Manajemen Proyek

Sebagai suatu faktor rekayasa, apabila semua sumber daya yang berupa waktu, dana, peralatan, teknologi, manusia, material, di dalam proses konstruksi disusun dan diorganisasikan membentuk urutan kegiatan-kegiatan dalam suatu kerangka logis menyeluruh akan membentuk faktor manajemen konstruksi. Sesuai dengan sifat-sifat teknisnya, kegiatan-kegiatan di dalam proses konstruksi pada dasarnya memang cenderung bersifat sangat terurai. Kegiatan-kegiatan baik yang berupa sub-sistem ataupun bagian-bagian dari pekerjaan membentuk struktur mekanisme berlapis-lapis dengan saling ketergantungan tinggi. Sebagian besar darinya merupakan pekerjaan bersifat khusus yang menuntut keahlian spesialisasi.

2.2.3 Keterkaitan Biaya, Waktu dan Kualitas

Pada kondisi optimal, faktor-faktor biaya, waktu, dan kualitas, membentuk tata hubungan yang saling bergantung serta berpengaruh amat kuat dengan kepekaan tinggi. Jika salah satu darinya berubah atau digeser sedikit saja akan langsung berdampak pada faktor lainnya, dan pada umumnya merupakan hal yang sulit bahkan mustahil untuk dapat mencegah pengaruhnya, Hubungan ketergantungan yang amat peka antar tiga faktor tersebut juga merupakan perbedaan mengolok bila dibandingkan dengan proses produksi pada industry pabrik manufaktur. Pada faktor pabrik, walaupun pada waktu peninjauan kelayakan di awal proyek telah dilakukan perhitungan mengenai biaya produksinya, akan tetapi harga jual produk masih tetap saja dapat ditetapkan pada

akhir proses. Apabila dalam proses produksi mengalami kegagalan untuk mencapai kualitas tertentu, sebelum diputuskan untuk menolak hasil produksi pada umumnya masih tersedia jalan keluar untuk menyelamatkan faktor. Jalan keluar dapat berupa upaya mendaur ulang material atau melepaskan hasil produksi apa adanya ke pasar dengan mengelompokkannya menjadi kualitas lebih rendah. Sudah tentu dengan tetap memperhitungkan situasi dan permintaan pasarnya.

2.2. Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)

Rekayasa nilai berisi penjelasan tentang sejarah rekayasa nilai, definisi dan konsep nilai, definisi rekayasa nilai, tujuan rekayasa nilai, elemen utama rekayasa nilai, penyebab terjadinya biaya yang tidak perlu (*unnecessary cost*), rencana kerja rekayasa nilai.

2.2.1. Sejarah Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)

Value engineering & analysis, value management terpicirkan pada Perang Dunia ke-2 sekitar tahun 1939-1945. Pada saat itu perusahaan *General Electric* yang mempersiapkan perlengkapan persenjataan mengalami kesulitan akibat meningkatnya kebutuhan persenjataan yang demikian pesat. Sebaliknya, kesulitan menghadapi kekurangan kebutuhan material untuk memproduksi perlengkapan persenjataan serta kesulitan terhadap kebutuhan tenaga kerja pun juga dialami. *Purchasing Engineer* perusahaan *General Electric Lawrence Miles* akhirnya mengembangkan suatu sistem atas dasar pemikiran, “Apabila saya tidak dapat memperoleh produk, saya harus memperoleh fungsi”. Kemudian dengan menggunakan logika berpikir

tersebut, alternatif solusi dikembangkan, dicoba, dan diaplikasikan di bidang produktivitas guna mencapai yang diperlukan.

2.2.2. Definisi dan Konsep Nilai (*Value*)

Menurut standar SAVE (2007), nilai (*value*) adalah sebuah pernyataan hubungan antara fungsi-fungsi dan sumber daya. Dimana fungsi diukur dalam kinerja yang dipersyaratkan oleh pelanggan. Sedangkan sumber daya diukur dalam jumlah material, tenaga kerja, harga, waktu, dan nilai – nilai yang diperlukan untuk menyelesaikan fungsi tersebut.

Sementara itu, menurut Dell (1997) ada 3 elemen dasar yang diperlukan untuk mengukur sebuah nilai (*value*) yaitu fungsi (*function*), kualitas (*quality*), dan biaya (*cost*). Tiga elemen ini dapat diinterpretasikan melalui hubungan di bawah ini :

Persamaan 2.1 :

$$Value = \frac{\text{function} + \text{quality}}{\text{cost}}$$

Dimana :

Function = pekerjaan tertentu yang sebuah desain/item harus lakukan

Quality = kebutuhan, keinginan, dan harapan pemilik atau pengguna

Cost = biaya siklus hidup dari sebuah produk / proyek

2.2.3. Definisi Rekayasa Nilai

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas maka perlu diketahui definisi dari *Value Engineering* antara lain sebagai berikut:

1. Rekayasa nilai adalah evaluasi sistematis atas desain engineering suatu proyek untuk mendapatkan nilai tertinggi bagi setiap dollar yang dikeluarkan. Selanjutnya, rekayasa nilai mengkaji dan memikirkan berbagai komponen kegiatan seperti pengadaan, pabrikasi, konstruksi, serta kegiatan - kegiatan lain yang berkaitan dengan biaya terhadap fungsinya, dengan tujuan mendapatkan penurunan biaya proyek secara keseluruhan. (Fisk,1982)
2. Rekayasa Nilai (Zimmerman, 1982) :
 - a. *An Oriented System* (Rekayasa Nilai sebagai sistem yang terarah).
 - b. *Multidisciplined Team Approach* (Rekayasa Nilai sebagai pendekatan tim multi disiplin).
 - c. *Proven Management Technique* (Rekayasa Nilai sebagai teknik manajemen yang teruji).
 - d. *An Oriented Function* (Rekayasa Nilai sebagai fungsi yang terarah).
 - e. *Life Cycle Cost Oriented* (Rekayasa Nilai berorientasi pada biaya daur hidup).

2.2.4. Tujuan Rekayasa Nilai

Tujuan rekayasa nilai adalah membedakan dan memisahkan antara yang diperlukan dan tidak diperlukan dimana dapat dikembangkan alternatif yang memenuhi keperluan (dan meninggalkan yang tidak perlu) dengan biaya

terendah tetapi kinerjanya tetap sama atau bahkan lebih baik. Diharapkan dari penerapan teknik nilai tersebut diperoleh penghematan diantaranya:

1. Penghematan biaya,
2. Penghematan waktu,
3. Penghematan bahan,

Dengan memperhatikan aspek kualitas dari produk jadi.(Soeharto, 1995).

2.2.5. Elemen Utama dari Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)

Value engineering mempunyai beberapa teknik yang dapat dipakai sebagai alat bagi para *value analyst*. Teknik–teknik tersebut dikenal sebagai elemen utama dari *value engineering*. Adapun elemen tersebut adalah sebagai berikut (Chandra, 2014):

1. Pemilihan proyek – proyek untuk dilakukan *value analysis*, *value engineering study*.
2. Penentuan harga untuk *value*.
3. Biaya siklus hidup.
4. Pendekatan fungsional.
5. *Functional analysis system technique* (FAST).
6. Rencana kerja *value analysis*, *value engineering*.
7. Kreatifitas.
8. Membuat dan memelihara *value analysis*, *value engineering* program.
9. Human dynamic (*habits*, *roadblock*, and *attitudes*).

10. Menjaga hubungan antara pemberi tugas, perencana, *value analysis*,
value engineering consultant.

Masing – masing elemen diatas dipergunakan dalam *value engineering* atau merupakan elemen – elemen yang harus ditampilkan di dalam mengarahkan *value engineering* pada suatu proyek.

2.2.6. Rencana Kerja Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)

Menurut (Chandra, 2014) Rencana kerja *value engineering* telah didefinisikan sebagai rencana yang pasti dan langkah – langkah pelaksanaan studi *value engineering*.

Terdapat lima tahapan rencana kerja *value engineering* yaitu sebagai berikut:

1. Tahap Informasi (*Information Phase*)
2. Tahap Kreatif (*Creative Phase*)
3. Tahap Analisis (*Analysis Phase*)
4. Tahap Pengembangan (*Development Phase*)
5. Tahap Presentasi (*Presentation Phase*)

2.2.7. Life Cycle Cost

Menurut Mulyadi (2001), daur hidup produk (*product life cycle*) adalah waktu suatu produk mampu memenuhi kebutuhan konsumen sejak lahir sampai diputuskan dihentikan pemasarannya. Lama daur hidup produk ini akan berbeda-beda pada tiap produk manufaktur atau jasa.

Dalam arah perkembangan akuntansi manajemen yang lebih modern serta kemajuan teknologi, *life cycle costing* dianggap sebagai sebuah konsep yang

dapat meningkatkan akurasi perhitungan biaya suatu produk. *Life cycle costing* merupakan salah satu metode yang ditawarkan dalam rangka penghitungan biaya yang lebih akurat dan lebih mendukung dalam pengambilan keputusan serta dapat diaplikasikan baik pada perusahaan manufaktur ataupun perusahaan jasa.

Dengan pembebanan biaya yang tepat, perusahaan dapat mengantisipasi dan mengidentifikasi besarnya biaya yang muncul dalam tiap tahap *life cycle*, selain itu juga dengan *life cycle costing* perusahaan akan mendapatkan informasi yang bisa digunakan oleh manajer dalam melakukan pengambilan keputusan untuk jangka panjang.

Sedangkan, menurut Donomartono dalam Larto (2014), dalam perencanaan biaya total suatu proyek harus memperhatikan sistem *life cycle cost* atau *cost of life cycle* agar total biaya ultimate dari pekerjaan konstruksi, operasional, pemeliharaan dan pergantian alat dapat diperhitungkan dengan baik.

Kelly dan Steven Male (1993) mengungkapkan prinsip-prinsip ekonomi yang dipakai dalam *life cycle cost*, yaitu sebagai berikut.

- a. Biaya sekarang (*present cost*)
- b. Biaya di kemudian hari (*future cost*)
- c. Biaya yang dikeluarkan pertahun (*annual cost*)

“Kontraktor hanya dapat melaksanakan pekerjaannya dalam batas-batas yang sesuai dengan kontraknya, dan setelah perencanaannya selesai, ia hanya mempunyai pengaruh kecil pada seluruh biaya proyek. Bagian operasinya dan pemeliharaan bahkan mempunyai pengaruh lebih kecil, meskipun jumlah biaya

yang dikeluarkan sepanjang umur dari fasilitas adalah lebih besar dari biaya yang dikeluarkan untuk perencanaan” Chandra (1988).

2.4 Green Building (Bangunan Hijau)

2.3.1 Definisi Green Construction

Green Building adalah bangunan yang sejak dimulai dalam tahap perencanaan, pembangunan, pengoperasian hingga dalam operasional pemeliharannya dengan memperhatikan aspek-aspek dalam melindungi, menghemat, mengurangi penggunaan sumber daya alam, menjaga mutu dari kualitas udara di dalam ruangan, dan memperhatikan kesehatan penghuninya yang semua berpegang pada kaidah bersinambungan.

Istilah *Green Building* merupakan upaya untuk menghasilkan bangunan dengan menggunakan proses-proses yang ramah lingkungan, penggunaan sumber daya secara efisien selama daur hidup bangunan sejak perencanaan, pembangunan, operasional, pemeliharaan, renovasi bahkan hingga pembongkaran.

Bangunan hijau (*Green Building*) didesain untuk mereduksi dampak lingkungan terbangun pada kesehatan manusia dan alam, melalui efisiensi dalam penggunaan energi, air dan sumber daya lain, perlindungan kesehatan penghuninya dan meningkatkan produktifitas pekerja, mereduksi limbah/buangan padat, cair dan gas, mengurangi polusi/pencemaran padat, cair dan gas serta mereduksi kerusakan lingkungan. Berikut adalah beberapa aspek utama *green building*:

1. Material

Material yang digunakan untuk membangun harus diperoleh dari alam, dan merupakan sumber energi terbarukan yang dikelola secara berkelanjutan. Daya tahan material bangunan yang layak sebaiknya teruji, namun tetap mengandung unsur bahan daur ulang, mengurangi produksi sampah, dan dapat digunakan kembali dan didaur ulang.

2. Energi

Penerapan panel surya diyakini dapat mengurangi biaya listrik bangunan. Selain itu, bangunan juga selayaknya dilengkapi jendela untuk menghemat penggunaan energi, terutama lampu dan AC. Untuk siang hari, jendela sebaiknya dibuka agar mengurangi pemakaian listrik. Jendela tentunya juga dapat meningkatkan kesehatan dan produktivitas penghuninya. *Green Building* juga harus menggunakan lampu hemat energi, peralatan listrik hemat energi, serta teknologi energi terbarukan, seperti turbin angin dan panel surya.

3. Air

Penggunaan air dapat dihemat dengan memasang sistem tangkapan air hujan. Cara ini akan mendaur ulang air yang dapat digunakan untuk menyiram tanaman atau menyiram toilet. Penggunaan peralatan hemat air, seperti semprotan air beraliran rendah, tidak menggunakan bathtub di kamar mandi, menggunakan toilet hemat air, dan memasang sistem pemanas air tanpa listrik.

4. Kesehatan

Penggunaan bahan-bahan bangunan dan *furniture* tidak beracun, bebas emisi beremisi rendah atau non-VOC (senyawa organik yang mudah menguap), dan tahan air untuk mencegah datangnya kuman dan mikroba lainnya. Kualitas udara dalam ruangan juga dapat ditingkatkan melalui sistem ventilasi dan alat-alat pengatur kelembaban udara.

Adanya bangunan dengan menggunakan proses-proses yang ramah lingkungan, penggunaan sumber daya secara efisien selama daur hidup bangun sejak perencanaan, pembangunan, operasional, pemeliharaan, renovasi bahkan pembongkaran tentu saja menghasilkan manfaat.

2.3.2 Standar Penilaian GBCI untuk Bangunan Baru Versi 1.2

Suatu bangunan dikatakan sebagai bangunan hijau jika bangunan tersebut telah mendapatkan sertifikat dari lembaga yang ditunjuk (dalam hal ini adalah *Green Building Council* Indonesia atau GBCI). Adapun perincian tolok ukur yang ditetapkan oleh GBCI untuk menilai penerapan aspek sumber dan siklus material (*Material Resources & Cycle/MRC*). Berikut beberapa aspek yang diatur dalam MRC GBCI Versi 1.2 :

1. *Refrigeran Fundamental* (MRC P)
 - Tujuan: Mencegah pemakaian bahan dengan potensi merusak ozon yang tinggi
 - Tolok ukur: Tidak menggunakan *chloro fluoro-carbon* (CFC) sebagai refrigeran dan halon sebagai bahan pemadam kebakaran
2. Penggunaan gedung dan material (MRC 1)

- Tujuan: Menggunakan material bekas bangunan lama dan/atau dari tempat lain untuk mengurangi penggunaan bahan mentah yang baru, sehingga dapat mengurangi limbah pada pembuangan akhir serta memperpanjang usia pemakaian suatu bahan material.
- Tolok ukur: Menggunakan kembali material bekas, baik dari bangunan lama maupun tempat lain, berupa bahan struktur utama, fasad, plafon, lantai, partisi, kusen, dan dinding, setara minimal 10% dari total biaya material. Atau Menggunakan kembali material bekas, baik dari bangunan lama maupun tempat lain, berupa bahan struktur utama, fasad, plafon, lantai, partisi, kusen, dan dinding, setara minimal 20% dari total biaya material.

3. Material ramah lingkungan (MRC 2)

- Tujuan: Mengurangi jejak ekologi dari proses ekstraksi bahan mentah dan proses produksi material.
- Tolok ukur: Menggunakan material yang memiliki sertifikat sistem manajemen lingkungan pada proses produksinya minimal bernilai 30% dari total biaya material. Sertifikat dinilai sah bila masih berlaku dalam rentang waktu proses pembelian dalam konstruksi berjalan. Menggunakan material yang merupakan hasil proses daur ulang minimal bernilai 5% dari total biaya material. Menggunakan material yang bahan baku utamanya berasal dari sumber daya (SD) terbarukan dengan masa panen jangka pendek (<10 tahun) minimal bernilai 2% dari total biaya material.

4. Penggunaan *refrigerant* tanpa ODP (MRC 3)

- Tujuan: Menggunakan bahan yang tidak memiliki potensi merusak ozon.
- Tolok ukur: Tidak menggunakan bahan perusak ozon pada seluruh sistem pendingin gedung

5. Kayu bersertifikat (MRC 4)

- Tujuan: Menggunakan bahan baku kayu yang dapat dipertanggungjawabkan asal-usulnya untuk melindungi kelestarian hutan
- Tolok ukur: Menggunakan bahan material kayu yang bersertifikat legal sesuai dengan Peraturan Pemerintah tentang asal kayu (seperti faktur angkutan kayu olahan/FAKO, sertifikat perusahaan, dan lain-lain) dan sah terbebas dari perdagangan kayu ilegal sebesar 100% biaya total material kayu. Jika 30% dari butir di atas menggunakan kayu bersertifikasi dari pihak Lembaga Ekolabel Indonesia (LEI) atau *Forest Stewardship Council* (FSC).

6. Material pra-fabrikasi (MRC 5)

- Tujuan: Meningkatkan efisiensi dalam penggunaan material dan mengurangi sampah konstruksi.
- Tolok ukur: Desain yang menggunakan material modular atau pra-fabrikasi (tidak termasuk *equipment*) sebesar 30% dari total biaya material.

7. Material regional (MRC 6)

- Tujuan: Mengurangi jejak karbon dari moda transportasi untuk distribusi dan mendorong pertumbuhan ekonomi dalam negeri.
- Tolok ukur: Menggunakan material yang lokasi asal bahan baku utama dan pabrikasinya berada di dalam radius 1.000 km dari lokasi proyek minimal bernilai 50% dari total biaya material. Menggunakan material yang lokasi asal bahan baku utama dan pabrikasinya berada dalam wilayah Republik Indonesia bernilai minimal 80% dari total biaya material.

2.4 Material *Green Building*

Konsep bangunan berkelanjutan menggabungkan dan mengintegrasikan berbagai strategi selama desain, konstruksi, dan pengoperasian proyek bangunan. Penggunaan bahan dan produk *green building* merupakan salah satu strategi penting dalam desain sebuah bangunan. Bahan bangunan ramah lingkungan menawarkan manfaat khusus bagi pemilik bangunan dan penghuni bangunan

Sedangkan, bahan bangunan hijau adalah bahan yang terdiri dari sumber daya terbarukan, bukan sumber daya tak terbarukan. Bahan hijau bertanggung jawab terhadap lingkungan karena dampaknya dipertimbangkan selama masa pakai produk. Tergantung pada tujuan spesifik proyek, penilaian bahan hijau mungkin melibatkan evaluasi satu atau lebih kriteria. Berikut kriteria pemilihan material/produk secara keseluruhan:

- a. Efisiensi sumber daya;

- b. Kualitas udara dalam ruangan;
- c. Efisiensi *energy*;
- d. Konservasi air; dan
- e. Keterjangkauan.

Efisiensi Sumber Daya dapat dicapai dengan memanfaatkan bahan yang memenuhi kriteria berikut:

- Konten Daur Ulang: Produk dengan konten daur ulang yang dapat diidentifikasi, termasuk konten pascaindustri dengan preferensi konten pascakonsumen.
- Alami, berlimpah atau terbarukan: Bahan yang dipanen dari sumber yang dikelola secara berkelanjutan dan lebih disukai memiliki sertifikasi independen (misalnya, kayu bersertifikat) dan disertifikasi oleh pihak ketiga yang independen.
- Proses manufaktur yang efisien sumber daya: Produk yang diproduksi dengan proses hemat sumber daya termasuk mengurangi konsumsi energi, meminimalkan limbah (daur ulang, dapat didaur ulang, dan atau kemasan produk yang dikurangi sumbernya), dan mengurangi gas rumah kaca.
- Tersedia secara lokal: Bahan bangunan, komponen, dan sistem yang ditemukan secara lokal atau regional menghemat energi dan sumber daya dalam transportasi ke lokasi proyek.
- Diselamatkan, diperbaharui, atau diproduksi ulang: Termasuk menyimpan bahan dari pembuangan dan merenovasi, memperbaiki,

memulihkan, atau secara umum meningkatkan penampilan, kinerja, kualitas, fungsionalitas, atau nilai suatu produk.

- Dapat digunakan kembali atau didaur ulang: Pilih bahan yang dapat dengan mudah dibongkar dan digunakan kembali atau didaur ulang di akhir masa pakainya.
- Kemasan produk yang dapat didaur ulang atau dapat didaur ulang: Produk yang terbungkus dalam konten daur ulang atau kemasan yang dapat didaur ulang.
- Tahan lama: Bahan yang lebih tahan lama atau sebanding dengan produk konvensional dengan harapan umur panjang.

Kualitas Udara Dalam Ruangan/*Indoor Air Quality (IAQ)* ditingkatkan dengan memanfaatkan bahan yang memenuhi kriteria berikut:

- Rendah atau tidak beracun: Bahan yang memancarkan sedikit atau tidak ada karsinogen, racun reproduksi, atau iritasi seperti yang ditunjukkan oleh produsen melalui pengujian yang sesuai.
- Emisi kimia minimal: Produk yang memiliki emisi *Volatile Organic Compounds (VOCs)* minimal. Produk yang juga memaksimalkan efisiensi sumber daya dan energi sekaligus mengurangi emisi bahan kimia.
- Perakitan VOC rendah: Bahan dipasang dengan senyawa penghasil VOC minimal, atau metode pemasangan mekanis tanpa VOC dan bahaya minimal.

- Kelembaban tahan: Produk dan sistem yang menahan kelembapan atau menghambat pertumbuhan kontaminan biologis di dalam bangunan.
- Terpelihara dengan baik: Bahan, komponen, dan sistem yang hanya memerlukan metode pembersihan sederhana, tidak beracun, atau VOC rendah.
- Sistem atau peralatan: Produk yang mempromosikan IAQ yang sehat dengan mengidentifikasi polutan udara dalam ruangan atau meningkatkan kualitas udara.

Efisiensi Energi dapat dimaksimalkan dengan memanfaatkan material dan sistem yang memenuhi kriteria sebagai berikut:

- Material, komponen, dan sistem yang membantu mengurangi konsumsi energi pada bangunan dan fasilitas.

Konservasi air dapat diperoleh dengan memanfaatkan bahan dan sistem yang memenuhi kriteria berikut:

- Produk dan sistem yang membantu mengurangi konsumsi air di gedung dan menghemat air di area lanskap.

Keterjangkauan dapat dipertimbangkan ketika biaya siklus hidup produk bangunan sebanding dengan bahan konvensional atau secara keseluruhan, berada dalam persentase yang ditentukan proyek dari anggaran keseluruhan.

Produk yang dipilih bisa diseleksi dengan langkah-langkah berikut, agar mendapatkan produk terbaik dan sesuai dengan penggunaan. Berikut tiga langkah dasar pemilihan produk. Pemilihan produk dapat dimulai setelah

penetapan tujuan lingkungan spesifik proyek. Proses penilaian lingkungan untuk produk bangunan melibatkan tiga langkah dasar. (Froeschle, 1999), yakni :

- a. Penelitian;
- b. Evaluasi; dan
- c. Seleksi.

2.5 Akustik

Akustik adalah ilmu interdisipliner yang berkaitan dengan studi dari semua gelombang mekanik dalam bentuk gas, cairan, dan padatan termasuk getaran, USG, suara, dan infrasonik. Akustik sendiri sebenarnya memiliki definisi sebagai teori gelombang suara dan perambatannya pada suatu medium. Penerapan kriteria desain akustik yang sesuai juga dapat menghasilkan kriteria nilai akustik yang sesuai dengan persyaratan, salah satunya pada material. Peningkatan kualitas akustik pada suatu bangunan selain mempertimbangkan detail perancangan ruang, pemilihan material juga menjadi bagian dari faktor utama untuk mencapainya. Setelah menentukan elemen penyusun ruang, pemilihan material yang tepat dapat menunjang terjadinya kenyamanan akustik yaitu material pada lantai, dinding dan plafon. Jenis bahan peredam suara dapat diklasifikasikan menjadi bahan berpori, resonator dan panel. Pada umumnya bahan berpori akan lebih menyerap energi suara atau bunyi yang lebih besar dibandingkan dengan jenis bahan lainnya, karena dengan adanya pori-pori maka gelombang suara dapat masuk ke dalam material tersebut. Bahan berpori yang biasa digunakan antara lain

seperti papan serat (*fiber board*), plesteran lembut (*soft plasters*), *mineral wools*, selimut isolasi dan karpet (Doelle, 1993).

Salah satu bidang yang diperlukan untuk menambah estetika material akustik adalah dari segi seni dan kualitas bahan dalam menginsulasi bunyi. Sementara gypsum merupakan bahan yang sangat baik dalam menginsulasi bunyi (*Transmission Loss*) TLnya besar, namun kekurangan dari gypsum adalah bersifat reflektif (Margiasih, 2015). Pengukuran *Sound Transmission Loss* pada material terdapat istilah yang dipakai untuk angka pemerinkatan *Sound Transmission Loss*, istilah tersebut adalah *System Transmission Class* (STC) dengan beberapa peraturan sesuai *Standar Operational* (Standart ISO).

2.6 Diagram Fast

Functional Analysis System Technique atau disebut juga dengan FAST dikembangkan oleh Charles W. Bytheway pada tahun 1963 adalah alat primer dengan pemunculan fitur dari pendefinisian peta logika fungsional dengan menyebarkan pertanyaan-pertanyaan logis seperti : bagaimana, mengapa, kapan, dan apa yang dapat menciptakan inovasi karena proses ini dapat merangsang pembentukan ide- ide kreatif. FAST diagram adalah sebuah gambar tentang fungsi sub-sistem dari sebuah komponen yang memperlihatkan hubungan spesifik diantara semua fungsi dan memperlihatkan dengan jelas apa yang dilakukan sub-sistem tersebut.