

KAJIAN INDIKATOR MATERIAL *MECHANICAL*, *ELECTRICAL*, DAN *PLUMBING* RAMAH LINGKUNGAN

Deni Setiawan ^[1], Michael Kristianto Marbun ^[2]

^[1] Dosen Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha

^[2] Alumni Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha
Jalan Prof. Drg. Suria Sumantri No. 65, Bandung 40164
e-mail: deni.setiawan@eng.maranatha.edu

ABSTRAK

Produk barang yang ramah lingkungan dikenal dengan nama ecolabel, yang merupakan suatu pernyataan yang menunjukkan aspek lingkungan dalam suatu produk atau jasa. Produk yang diberi ecolabel selayaknya adalah produk yang dalam daur hidupnya mulai dari pengadaan bahan baku, proses produksi, pendistribusian, penggunaan, dan pembuangan setelah penggunaan, memberi dampak lingkungan relatif lebih kecil dibandingkan produk lain yang sejenis. Material *Mechanical, Electrical, Plumbing* (MEP) telah menjadi salah satu kontributor terbesar untuk biaya konstruksi bangunan, secara umum biaya MEP pada proyek gedung berkisar antara 20% sampai dengan 30% dari total biaya proyek. Berdasarkan paparan di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji indikator ramah lingkungan pada komponen *mechanical, electrical, plumbing*. Hasil analisis menunjukkan bahwa material *mechanical, electrical, dan plumbing* ada tujuh indikator ramah lingkungan secara keseluruhan untuk tahapan *material-life-span* namun begitu setiap material yang digunakan memiliki kriteria hijau utama.

Kata kunci: keberlanjutan, material ramah lingkungan, *mechanical, electrical, plumbing*.

ABSTRACT

Eco-friendly products are known as ecolabels, which are statements that indicate environmental aspects of a product or service. Products that are properly labeled as ecolabel are products that, in their life cycle, starting from the procurement of raw materials, production processes, distribution, use, and disposal after use, have a relatively smaller environmental impact than other similar products. Mechanical, Electrical, Plumbing (MEP) materials have become one of the biggest contributors to building construction costs, in general the MEP in building projects ranges from 20% to 30% of the total project costs. Based on the explanation above, this study aims to examine environmentally friendly indicators on mechanical, electrical, and plumbing components. The results of the analysis show that the mechanical, electrical, and plumbing materials have seven overall environmentally friendly indicators for the material-life-span stage, however, each material used has the main green criteria.

Keywords: sustainability, green materials, *mechanical, electrical, plumbing*.

1. PENDAHULUAN

Fenomena pemanasan global akibat efek gas rumah kaca menjadi topik yang banyak dibicarakan dalam berbagai forum ilmiah. Salah satu indikator bahwa bumi sedang berubah adalah tingginya konsentrasi karbon dioksida (CO₂) di udara, yang

menghalangi panas yang dipancarkan oleh bumi. Peneliti meyakini fenomena ini, dan salah satu penyebabnya adalah efek konstruksi (Ervianto et al, 2013). Ada konsensus global tentang masalah ini bahwa penggunaan bahan ramah lingkungan belum tercapai karena tingkat pembangunan yang berbeda di setiap negara (Pacheco Torgal dan Jalali, 2011). Negara berkembang perlu berkontribusi pada dunia konstruksi dengan menerapkan standar atau regulasi yang berdampak tinggi terhadap lingkungan, termasuk Indonesia.

Bahan konstruksi hijau pada dasarnya lebih dari sekedar bahan ramah lingkungan. Ramah lingkungan untuk pengertian suatu bahan umumnya dikaitkan dengan aspek produk dari bahan itu sendiri, yaitu bahan yang tidak merusak lingkungan selama penggunaan atau pembuangannya dan tidak boleh mengganggu kesehatan. Di sisi lain, bahan bangunan hijau ramah lingkungan tidak hanya mengevaluasi hasil produk, tetapi juga mengkonfirmasi sumber bahan: apakah berkelanjutan? apakah proses produksi pabrik ramah lingkungan? apakah membuang banyak karbon dalam proses distribusi selama ini? apakah proses instalasi akan membuang banyak sisa sampah? dapatkah menanggapi konservasi energi? Oleh karena itu ketika merencanakan bangunan hijau (*green building*), secara dinamis dapat mempengaruhi efisiensi bahan bangunan hijau, hemat energi, hemat air, kesehatan dan kesejahteraan dan pemeliharaan bangunan.

Produk *green material* tidak berdiri sendiri, namun membutuhkan kombinasi pemilihan bahan *green* yang perlu dikonsultasikan dengan ahli *green building*, misalnya dalam membangun sebuah dinding. Dinding dapat dikatakan *green* apabila menggunakan bahan dinding utama (misalnya batako, kayu, gipsum) yang *green*, menggunakan insulasi panas yang *green*, menggunakan cat/*coating* yang *green*, hingga menggunakan panel akustik dan hiasan dinding yang *green*. Apabila hal tersebut diterapkan di seluruh bangunan, ditambah analisis penggunaan listrik, analisis desain pasif, hingga suvei kenyamanan penghuninya, bangunan tersebut dapat menjadi sebuah *green building* (Yodi Danusastro, 2013; *Green Building Council Indonesia*, 2013).

Peneliti senior *United State Green Building Council* (USGBC), Martin Mulvihill menyatakan bahwa bahan kimia yang digunakan dari sumber bahan baku ke bangunan, dan melalui dekomisioning, haruslah aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Sedangkan menurut Wulfram I. Ervianto (2013), material ekologis atau ramah lingkungan yaitu material yang bersumber dari alam dan tidak mengandung zat-zat yang mengganggu kesehatan, misalnya batu alam, kayu, bambu, tanah liat. Selain itu, menurut Frick dan Suskiyatno (2007) bahan bangunan dapat diklasifikasikan berdasarkan aspek penggolongan ramah lingkungannya, seperti bahan bangunan yang dapat dibudidayakan

kembali (*regenerative*), bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali (*recycling*), bahan bangunan alam yang mengalami perubahan transformasi sederhana, bahan bangunan alam yang mengalami beberapa tingkat perubahan transformasi, serta bahan bangunan komposit.

Produk hijau dikenal sebagai label ramah lingkungan, yang merupakan pernyataan yang menunjukkan aspek lingkungan dari suatu produk atau layanan. Produk yang diberi label dengan benar dengan label lingkungan memiliki dampak lingkungan yang relatif kecil dibandingkan produk sejenis lainnya dalam siklus hidup dari pengadaan bahan baku, proses manufaktur, distribusi, penggunaan, dan pembuangan pasca-penggunaan. Material Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing (MEP) menjadi salah satu kontributor terbesar biaya pembangunan. Biasanya, biaya MEP proyek bangunan berkisar antara 20% hingga 30% dari total biaya proyek. Menurut beberapa penelitian, produk MEP memberikan kontribusi yang signifikan terhadap konsumsi energi bangunan, termasuk biaya operasional dan pemeliharaan. Berdasarkan penjelasan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji indikator lingkungan pada bagian mekanikal, elektrikal, dan perpipaan.

2. STUDI PUSTAKA

2.1. Sertifikasi Hijau (*Green Labelling*)

Negara-negara di dunia telah mengeluarkan berbagai alat ukur untuk menentukan apakah suatu bangunan tergolong tipe bangunan hijau. Tindakan ini merupakan bentuk kepedulian terhadap berbagai kesepakatan internasional tentang perlindungan lingkungan dan mekanisme pembangunan berkelanjutan. Sejauh ini, dalam dokumen WBGC (*World Green Building Council, 2012*) sebanyak 92 negara di dunia telah mengumumkan alat atau metode untuk menghasilkan tipe bangunan hijau. Artinya hampir sebagian besar negara di dunia telah mengumumkan partisipasi aktifnya dalam upaya bersama untuk menerapkan konsep bangunan hijau melalui mekanisme pembangunan hijau. Saat ini isu lingkungan banyak disinggung, sehingga ide standarisasi atau sertifikasi (sertifikasi hijau) produk ramah lingkungan pun dimulai. Sertifikasi semacam ini merupakan bentuk pengawasan baru yang lazim di masyarakat modern. Di Amerika Serikat, metode LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) pertama diterbitkan pada tahun 1994.

LEED adalah metode atau alat pengukuran yang dapat membantu menentukan apakah suatu bangunan tergolong hijau. Melalui metodologi LEED, desain bangunan hijau dan standar konstruksi telah dicapai dalam sertifikasi "perak", "emas", "platinum" atau jenis hijau yang tidak hijau sama sekali (Kuliah oleh MUNAS GAPEKSINDO,

2012). Sertifikasi hijau Indonesia disebut ekolabel, merupakan pernyataan yang menunjukkan aspek lingkungan dari suatu produk atau jasa. Pada hakikatnya label merupakan sarana komunikasi antara produsen dan konsumen, serta menyampaikan informasi yang diinginkan produsen kepada konsumen. Ekolabel dapat digunakan untuk mendorong konsumen memilih produk yang memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan produk sejenis lainnya. Selain itu, ekolabel dapat memberikan citra positif bagi merek produk dan perusahaan yang memproduksi dan/atau mendistribusikan produk di pasar, sekaligus menjadi investasi dalam meningkatkan daya saing pasar.

Kriteria pengukuran keberhasilan ekolabel dapat dilihat dari peningkatan kualitas lingkungan yang berkaitan langsung dengan produksi atau produk yang memperoleh ekolabel. Selain itu, tingkat keterlibatan pengusaha dalam penerapan ekolabel juga merupakan indikator penting keberhasilan ekolabel. Produk yang diberi label dengan benar dengan label ekologi mengacu pada produk yang memiliki dampak lingkungan yang relatif lebih rendah daripada produk serupa lainnya dalam siklus hidupnya, mulai dari pembelian bahan baku, proses produksi, distribusi, penggunaan, dan pembuangan setelah penggunaan. Di Indonesia penilaian sertifikasi hijau atau ekolabel baru memiliki/memilih sistem 2 tipe saja, yaitu: tipe I dan tipe II. Selama ini di Indonesia terdapat 3 lembaga/badan penilai/sertifikasi produk hijau, yaitu:

1. Lembaga Sertifikasi Ekolabel, dibawah Kementerian Lingkungan Hidup;
2. Lembaga Verifikasi Ekolabel, dibawah Kementerian Lingkungan Hidup;
3. Lembaga Ekolabel Indonesia (LEI).

2.2. Kriteria Penilaian Material Konstruksi Hijau

Sebagaimana penjelasan sebelumnya terkait definisi material konstruksi hijau, yaitu belum memiliki definisi yang baku juga dirasa belum dapat menyentuh dan menjelaskan substansi secara keseluruhan, hal yang paling utama dari material konstruksi hijau adalah harus dinilai atau ditinjau tidak hanya berdasarkan keluaran produk yang ramah lingkungan (*by product*) saja, tetapi juga harus melihat proses yang dilewati dalam menghasilkan material tersebut (*by process*) (Abduh, 2016).

Tabel 1. Definisi dan Penjelasan Indikator Penelitian

No.	Indikator	Definsi	Sumber
1	<i>RecycLED Content</i>	<i>"Products not only with post-consumer recycLED content bu also with pre-consumer recycLED content".</i> Material yang mengandung tidak hanya bahan baku yang berasal dari material yang sudah didaur ulang tetapi juga dari sisa bahan baku hasil proses produksi.	(EBN, 2012)
2	<i>Natural, plentiful or renewable</i>	<i>"Natural resources are materials found in nature that people use to meet their needs" And "Renewable materials are those harvested from sustainable resources".</i> Sumber daya alam adalah bahan baku yang berasal dan ditemukan di alam yang terbentuk secara alami. Dan bahan baku terbarukan adalah bahan baku yang didapat dari sumber yang berkelanjutan.	(Hababou, 1982) & (Baharetha, 2012)
3	<i>Resource efficient manufacturing process</i>	<i>"To minimize the amount of resources required to produce a given level output".</i> Usaha untuk meminimalkan jumlah ataupun variasi bahan baku yang dibutuhkan untuk menghasilkan output atau produk tertentu.	(Dufrou dkk, 2012)
4	<i>Locally available</i>	<i>"Materials extracted and manufactured within the designated region (within more than 500 miles far from building location)"</i> Bahan baku yang didapat dan diproduksi disekitar wilayah proyek konstruksi (tidak lebih dari 805 Km).	(Baharetha, 2012)
5	<i>Salvaged, Refurbished or remanufactured</i>	<i>"Some materials, instead of being shipped to landfills, can be used in part or completely to make a product that is often highly functional andeven desirable".</i> Bahan material yang didapat atau dibentuk dari bahan baku yang tidak terpakai bahkan limbah yang seharusnya akan dibuang.	(Mulyanev, 2011)
6	<i>Reusable or recyclable</i>	<i>"Builders prefer materials that can be easily dismantLED and reused or recycLED at the end of their useful life"</i> Material yang dapat dengan mudah dibongkar dan digunakan kembali atau didaur ulang pada akhir masa pakainya.	(Mulyanev, 2011)
7	<i>RecycLED or recyclable product packaging</i>	<i>"The materials, in addition to having a small environmental impact, should ideally be wrapped in recycLED content or recyclable packaging".</i> Suatu material yang tidak hanya memiliki dampak lingkungan yang kecil, namun juga disertai dengan kemasannya yang juga memiliki kemampuan atau berisi komponen bahan daur ulang.	(Mulyanev, 2011)

Tabel 1. Definisi dan Penjelasan Indikator Penelitian (Lanjutan)

No.	Indikator	Definisi	Sumber
8	<i>Durable</i>	<i>"The ability of a building, its parts, components and materials to resist the action of degrading agents over a period of time".</i> Kemampuan suatu bangunan dalam hal ini komponen pembangun (material), yang memiliki kemampuan tinggi dalam mempertahankan spesifikasi dan karakteristik material tersebut dalam kurun waktu hidupnya.	(Sereda, 1978)
9	<i>Low or non-toxic</i>	<i>"Toxic materials are those with an oral (lethal dose) LD50 at or below 300 mg/kg, a dermal LD50 at or below 1,000 mg/kg, or an LC50 at or below 4 mg/l".</i> Material yang tidak mengandung bahan beracun, terlebih dengan dosis mematikan.	(ERC, 2012)
10	<i>Minimal chemical emissions</i>	<i>"The materials should produce minimal emissions of harmful chemical, such as formaldehyde and volatile organic compounds (VOCs)".</i> Material yang dapat meminimalkan emisi kimia yang berbahaya seperti formalin dan VOC.	(Mulyanev, 2011)
11	<i>Low-VOC assembly</i>	<i>"In addition to not emitting VOCs, the materials should be installed with compounds that produce minimal VOCs, or through mechanical attachment methods that do not involve any emissions".</i> Instalasi material bangunan yang meminimalkan bahkan tidak menggunakan/menambahkan senyawa yang mengandung VOC.	(Mulyanev, 2011)
12	<i>Moisture Resistant</i>	<i>"Products and systems in a green building should be resistant to moisture, thereby inhibiting the growth of biological contaminants, in order to create healthier environment".</i> Komponen Material pada sebuah produk atau sistem dalam bangunan hijau yang mempunyai ketahanan terhadap kelembaban, sehingga dapat menghambat pertumbuhan kontaminan biologis, dalam rangka menciptakan lingkungan yang sehat.	(Mulyanev, 2011)
13	<i>Healthfully Maintained</i>	<i>"Simple cleaning methods should be sufficient to maintain the materials, as opposed to the need for toxic methods of cleaning".</i> Suatu material yang dapat dibersihkan dengan mudah tanpa perlu menggunakan pembersih yang mengandung senyawa racun pada saat fase pemeliharaan.	(Mulyanev, 2011)
14	<i>Systems or equipment</i>	<i>"The part of component or system that help to improve indoor air quality, example HVAC system, shading, etc".</i> Material yang menjadi bagian dari suatu komponen atau sistem yang membantu dalam rangka meningkatkan kualitas udara dalam ruangan, contoh: sistem HVAC, penghalang sinar matahari langsung, dan lain-lain.	(EPA,2016)
15	<i>Energy efficiency from cradle-to- gate</i>	<i>"Minimizing the amount of energy used in materials production until they are available for use".</i> Meminimalkan jumlah energi yang digunakan dari proses ekstraksi hingga produksi material hingga material tersebut siap untuk digunakan sesuai dengan spesifikasinya.	(Joseph, 2010)

Tabel 1. Definisi dan Penjelasan Indikator Penelitian (Lanjutan)

No.	Indikator	Definisi	Sumber
16	<i>Energy Efficiency During Operation</i>	<i>"Materials that help reduction of the amount of energy consumed in construction and building operation"</i> . Material yang dapat membantu mengurangi penggunaan energi pada tahap konstruksi dan saat bangunan beroperasi.	(Goggins, 2009)
17	<i>Energy efficiency in recycle process</i>	<i>"Materials that help reduction of the amount of energy in processing materials that would otherwise be thrown away as trash and turning them into new products"</i> . Material yang dapat membantu mengurangi penggunaan energi pada saat proses pengolahan kembali menjadi produk/material baru.	(EPA,2016)
18	<i>Water Conservation from cradle-to- gate</i>	<i>"Material that help reduce water consumption in production process"</i> . Material yang diproduksi dengan penggunaan air seminimal mungkin.	(Khoshnava, 2016)
19	<i>Water Conservation During Operation</i>	<i>"Material that help reduce water consumption in construction and building operation"</i> . Material yang dapat membantu penghematan air pada saat konstruksi dan bangunan beroperasi.	(Khoshnava, 2016)
20	<i>Water Conservation in recycle process</i>	<i>"Material that help reduce water consumption in recycle process"</i> . Material yang dapat diolah kembali menjadi suatu produk baru dengan penggunaan air seminimal mungkin.	(Khoshnava, 2016)
20	<i>Water Conservation in recycle process</i>	<i>"Material that help reduce water consumption in recycle process"</i> . Material yang dapat diolah kembali menjadi suatu produk baru dengan penggunaan air seminimal mungkin.	(Khoshnava, 2016)
21	<i>Affordability from cradle-to- gate</i>	<i>"Economic performance of materials, which covers the costs of extraction, manufacturing, packaging and transportation is comparable to conventional material"</i> . Performa ekonomi suatu material yang meliputi biaya ekstraksi, produksi, pembungkusan dan transportasi yang sebanding dengan material konvensional.	(CalRecycle, 2016)
22	<i>Affordability During Operation</i>	<i>"Economic performance of materials, which covers the costs of installation, operation and maintenance is comparable to conventional material"</i> . Performa ekonomi suatu material yang meliputi biaya pemasangan, operasi dan pemeliharaan yang sebanding dengan material konvensional.	(CalRecycle, 2016)
23	<i>Affordability in recycles process</i>	<i>"Economic performance of materials, which covers the costs of repair, disposal and recycle is comparable to conventional material"</i> . Performa ekonomi suatu material yang meliputi biaya perbaikan, pembuangan dan mengolah kembali yang sebanding dengan material konvensional.	(CalRecycle, 2016)

Sumber : Viqolbi, 2017

2.3. Mechanical, Electrical, dan Plumbing

Mechanical, electrical, plumbing (MEP) telah menjadi salah satu kontributor terbesar untuk biaya konstruksi bangunan. Mereka juga merupakan kontributor besar dari konsumsi energi pada bangunan, termasuk dalam biaya operasi dan pemeliharannya. Ini telah menyebabkan pengakuan umum tentang pentingnya sistem MEP dalam industri konstruksi saat ini. Desain yang baik dapat menghasilkan:

1. hidup sehat dan nyaman;
2. kontrol lingkungan yang lebih baik;
3. efisiensi operasional;
4. rendahnya emisi gas rumah kaca;
5. peningkatan produktivitas.

2.4. Sistem Mekanis Bangunan

Dalam konteks layanan mekanis bangunan, orientasi mengacu pada strategi yang digunakan untuk memanaskan, mendinginkan, dan mendistribusikan udara di sekitar bangunan, dalam istilah umum dikenal dengan *Heating Ventilating and Air Conditioning* (HVAC). Instalasi mekanis adalah sistem layanan bangunan yang harus terdiri pemanasan, ventilasi, air, tanah dan limbah, dan layanan perlindungan kebakaran. Desain layanan mekanik mempertimbangkan situs iklim mikro, bentuk bangunan dan orientasi ruang, karakteristik termal, kinerja bangunan, tren hunian dan batasan pada emisi polutan dan juga mencakup semua proses pengkondisian yang diterapkan pada udara sekitar untuk mendapatkan lingkungan dalam ruangan yang nyaman dalam hal suhu seperti kelembaban relatif, kualitas udara dalam ruangan, dan distribusi udara.

2.5. Sistem Elektrik Bangunan

Listrik atau elektrisitas adalah bentuk energi yang paling lazim di bangunan modern. Dalam hal ini layanan listrik tidak hanya mengatur penerangan listrik, tetapi juga menyediakan daya untuk peralatan *Heating, Ventilating and Air Conditioning* (HVAC), daya traksi untuk elevator dan transportasi material, dan daya untuk semua peralatan sinyal dan komunikasi. Kegagalan daya listrik dapat melumpuhkan fasilitas. Masalah utama dalam pemanfaatan energi listrik yaitu: tidak seperti bahan bakar atau bahkan tenaga panas, energi listrik tidak dapat disimpan dengan mudah, oleh karena itu harus dihasilkan dan digunakan secara instan, sehingga membutuhkan konsep pemanfaatan yang sama sekali berbeda dari biasanya.

2.6. Sistem *Plumbing* Bangunan

Plumbing didefinisikan sebagai segala sesuatu yang berhubungan dengan pelaksanaan pemasangan pipa dan peralatannya di dalam gedung atau di luar gedung yang berdekatan dengan air bersih dan air buangan yang dihubungkan dengan sistem saluran kota, sebagai suatu kesatuan instalasi yang berfungsi untuk menyediakan air bersih ke tempat-tempat yang dikehendaki dengan tekanan yang cukup, dan membuang air ke tempat-tempat tertentu tanpa mencemarkan bagian penting lainnya. Secara khusus, pengertian *plumbing* merupakan sistem perpipaan dalam bangunan, meliputi: 1. penyediaan air bersih; 2. jumlah pemakaian air bersih; 3. kualitas air bersih; 4. jenis sistem penyediaan air bersih; dan 5. penyaluran air buangan.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada hakikatnya adalah suatu cara ilmiah untuk mengumpulkan data yang diperlukan untuk penelitian sesuai dengan tujuan dan kegunaan penelitian itu. Metode ilmiah adalah kegiatan penelitian yang didasarkan pada ciri-ciri ilmiah, yaitu: rasional, empiris, dan sistematis.

Pengumpulan data dasar dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan melakukan survei terhadap setiap material yang digunakan melalui analisis potensi kriteria hijau pada setiap material bangunan, yaitu melalui situs *web* resmi organisasi merek produk material. Penyusunan alat bantu pencarian dilakukan dengan melakukan studi pustaka terhadap penelitian sebelumnya. Hasil dari tinjauan pustaka berupa identifikasi variabel bahan bangunan hijau dan indeks untuk kriteria sumber dan tahapan umur bahan dalam siklus bahan/material

3.1 Indikator Penilaian Material Hijau

Pada penelitian terdahulu untuk menentukan kriteria penilaian material konstruksi hijau di Indonesia digunakan beberapa indikator. Variabel bersumber dari berbagai literatur yang dipelajari dari buku dan jurnal. Melalui berbagai sumber referensi yang telah dipelajari oleh peneliti terdahulu ditemukan 5 (lima) indikator utama yang terkait kriteria penilaian material konstruksi hijau yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Berdasarkan 5 (lima) variabel yang digunakan pada penelitian terdahulu, selanjutnya dilakukan kajian literatur untuk mendapatkan indikator penjelas dari 5 (lima) variabel tersebut sehingga masing-masing variabel memiliki beberapa indikator. Indikator tersebut menggambarkan karakteristik dari suatu siklus hidup material *cradle-to-grave*, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Indikator Penilaian

No.	Variabel	Definisi
1	<i>Resource Efficiency (RE)</i>	Material yang diproduksi dengan sumber daya atau bahan baku yang diproses secara efisien, dimana didalamnya termasuk konsumsi energi, meminimalkan buangan (<i>waste</i>) dan mengurangi gas rumah kaca.
2	<i>Indoor Air Quality (IAQ)</i>	Material dan komponen yang secara baik mendukung penerapan IAQ dengan cara mengenali udara yang mengandung polusi dalam suatu ruangan atau dengan meningkatkan kualitas udaranya.
3	<i>Energy Efficiency (EE)</i>	Bahan baku atau material yang dapat membantu mengurangi konsumsi energi di gedung-gedung dan fasilitas bangunan.
4	<i>Water Conservation (WC)</i>	Produk material dan sistem yang dapat membantu dalam hal penghematan atau mengurangi konsumsi air dibangun.
5	<i>Affordability (AF)</i>	Siklus biaya dari suatu material hijau yang sebanding dengan biaya yang dikeluarkan untuk suatu material tidak hijau (konvensional) atau masih termasuk kedalam persentasi anggaran proyek.

Sumber: Khoshnava dkk, 2016

Tabel 3. Karakteristik Material Konstruksi Hijau dalam Siklus Hidup Material Cradle To-Grave

<i>Cradle-to-gate</i>	<i>Material Lifespan</i>	<i>Disposal-to-grave</i>
<i>Low energy consumption during production.</i>	<i>Energy efficiency during lifespan.</i>	<i>Energy efficiency in disposal phase.</i>
<i>Low cost product.</i>	<i>Low cost maintenance.</i>	<i>Low cost in disposal phase.</i>
<i>Low water consumption during production.</i>	<i>Low water consumption.</i>	<i>Water conservation.</i>
<i>Use recycled content</i>	<i>Durable.</i>	<i>Reusable or recyclable.</i>
<i>Resource efficient manufacturing process.</i>	<i>Low-VOC for indoor air.</i>	<i>Low or non-toxic.</i>
<i>Locally available.</i>	<i>Moisture Resistant.</i>	<i>Minimal chemical emissions.</i>
<i>Salvaged, refurbished, or remanufactured.</i>	<i>Healthfully Maintained</i>	<i>Healthfully Maintained</i>
<i>Low or non-toxic production process.</i>		
<i>Minimal chemical emissions.</i>		
<i>Low-VOC Assembly</i>		
<i>Healthfully Maintained.</i>		
<i>Systems or equipment.</i>		

Sumber: Khoshnava dkk, 2016

Adapun indikator pemenuhan kriteria hijau (Khoshnava dkk, 2016) terhadap siklus hidup material konstruksi dihasilkan dari hasil pemetaan indikator/kriteria hijau sesuai dengan Tabel 4 tentang karakteristik material konstruksi hijau dalam siklus hidup material *cradle-to-grave*

Tabel 4. Pemetaan Kriteria Hijau terhadap Siklus Hidup *Cradle-To-Grave*

Siklus Hidup	No.	Indikator
<i>Cradle-to-Grave</i> (<i>Raw Material Extraction, Manufacturing, Packaging and Transportation</i>)	1	<i>RecycLED Content</i>
	2	<i>Natural, Plentiful or Renewable</i>
	3	<i>Resource Efficient Manufacturing Process</i>
	4	<i>Locally Available</i>
	5	<i>Salvaged, Refurbished or Remanufactured</i>
	6	<i>RecycLED or Recyclable Product Packaging</i>
	7	<i>Low or Non-Toxic</i>
	8	<i>Minimal Chemical Emissions</i>
	9	<i>Systems or Equipment</i>
	10	<i>Energy Efficiency From Cradle To Gate</i>
	11	<i>Water Conservation From Cradle To Gate</i>
	12	<i>Affordability From Cradle To Gate</i>
<i>Material-life-span</i> (<i>Construction/Installation, Operation and Maintenance</i>)	1	<i>Durable</i>
	2	<i>Low VOC Assembly</i>
	3	<i>Moisture Resistant</i>
	4	<i>Healthfully Maintained</i>
	5	<i>Energy Efficiency During Operation</i>
	6	<i>Water Conservation During Operation</i>
	7	<i>Affordability During Operation</i>
<i>Disposal-to-Grave</i> (<i>Demoliton / End of Life material</i>)	1	<i>Reusable or Recyclable</i>
	2	<i>Energy Efficiency in Recycle Process</i>
	3	<i>Water Conservation in Recycle Process</i>
	4	<i>Affordability in Recycle Process</i>

Sumber : Khoshnava dkk, 2016

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji penilaian kriteria hijau pada material MEP, untuk itu metode penelitian yang digunakan adalah mengkaji terhadap literatur terkait konsep keberlanjutan, konstruksi hijau, rantai pasok hijau, siklus hidup material konstruksi hijau dan penyelenggaraan penilaian atau sertifikasi hijau yang ada di dalam maupun luar negeri (Indonesia). Penyusunan instrumen penelitian berupa indikator material konstruksi hijau untuk kriteria sumber dan siklus material untuk komponen/material MEP yang dipilih adalah pada tahapan *material-life-span*.

4. HASIL ANALISIS

Tulisan ilmiah ini merupakan lanjutan dari tulisan sebelumnya yang berjudul *Kajian Pemilihan Material Mechanical, Electrical, dan Plumbing Ramah Lingkungan*

pada Proyek *Sport Center Maranatha* dari Prespektif Perencana (Setiawan dan Marbun, 2020). Hasil penelitian sebelumnya tersebut berdasarkan hasil investigasi data produk MEP yang sudah diidentifikasi melalui pemetaan indikator/kriteria hijau dan berdasarkan hasil survei *expert judgment* yang telah dilakukan kepada kontraktor melalui kuesioner pemetaan indikator/kriteria hijau (Khosnava) untuk tahapan *material-life-span* menghasilkan 7 indikator kriteria hijau utama yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Indikator Kriteria Hijau terhadap Siklus Hidup *Cradle-To-Grave* Untuk Tahapan *Material-life-span* Material MEP

Siklus Hidup	No.	Indikator	Kode
<i>Material-life-span</i> (Construction/Installation, Operation and Maintenance)	1	<i>Durable</i>	RE8
	2	<i>Low VOC Assembly</i>	IAQ3
	3	<i>Moisture Resistant</i>	IAQ4
	4	<i>Healthfully Maintained</i>	IAQ5
	5	<i>Energy Efficiency During Operation</i>	EE2
	6	<i>Water Conservation During Operation</i>	WC2
	7	<i>Affordability During Operation</i>	AF2

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian, diperoleh tujuh indikator kriteria hijau untuk menilai material *mechanical, electrical and plumbing* (MEP) yaitu: *Durable, Low VOC Assembly, Moisture Resistant, Healthfully Maintained, Energy Efficiency During Operation, Water Conservation During Operation* dan *Affordability During Operation*. Saran penelitian ini adalah perlu adanya penelitian material konstruksi hijau ke depan dengan lebih menganalisis material dari keseluruhan tahapan sumber dan siklus material, tidak hanya untuk tahapan *material-life-span* melainkan dimulai dari tahapan *cradle-to-gate* hingga ke tahapan *disposal-to-grave*, sehingga identifikasi material akan mendapatkan hasil yang lengkap dan maksimal untuk setiap produk material.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M. (2016), Topik Khusus MRK, Lecture handout: *Green Construction Supply Chains*. ITB.
- Bhatia, A., n.d., *The MEP Design of Building Services* Diedit oleh CED Engineering. M06-034 ed. New York: Continuing Education and Development; Inc.
- Department of, dan Education and Science Tullamore, C. O., 2004, *Mechanical & Electrical Building Services Engineering Guidelines For Primary School*

Buildings, Mechanical & Electrical Building Services Engineering Guidelines For Primary School Buildings TGD 002 1 (February)

- Ervianto, W.I. (2013): Pengelolaan Proyek dalam Konstruksi Berkelanjutan. ITB.
- Flores, M., Maklin, D., Ingram, B., Golob, M., Tucci, C., dan Hoffmeier, A., n.d., Towards a Sustainable Innovation Process : Integrating Lean and Sustainability Principles, 1–8
- GBCI (Green Building Council Indonesia), 2013, Greenship Untuk Bangunan Baru Versi 1.2. 1.2, issued 2013
- GBCI (Green Building Council Indonesia), 2019, Tentang GBC Indonesia, <http://www.gbcindonesia.org/>
- Grondzik, W. T., Kwok, A. G., Stein, B., dan Reynolds, J. S., 2010, Mechanical And Electrical Equipment For Buildings. Eleventh E. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Khoshnava SM, Rostami R, Valipour A, Ismail M, Rahmat AR, Rank of green building material criteria based on the three pillars of sustainability using the hybrid multi criteria decision making method, Journal of Cleaner Production (2016), doi: 10.1016/j.jclepro.2016.10.066
- Kubba, S., 2017, Introduction, In Handbook of Green Building Design and Construction, diedit oleh Peter Jardim, Second Edi, xv–xlii. Joe Hayton, doi:10.1016/B978-0-12-810433-0.02001-3
- Pacheco Torgal, F., dan Jalali, S., 2011, Eco-efficient Construction and Building Materials, British Library Cataloguing. London: Springer London, doi:10.1007/978-0-85729-892-8
- Palomera-arias, R., Liu, R., dan University Of Texas, 2015, Mechanical , Electrical and Plumbing Systems in Construction Management : A Literature Review of Existing MEP Textbooks. San Antonio
- Rani, D., 2018, Analisis Sistem Plumbing Ramah Lingkungan Di Proyek Gedung Pusat Kegiatan Badan Amil Zakat Nasional (BAZNAS). Universitas Kristen Maranatha
- Setiawan, D., dan Michael Marbun, Kajian Pemilihan Material *Mechanical, Electrical, Dan Plumbing* Ramah Lingkungan Pada Proyek Sport Center Maranatha Dari Prespektif Perencana, Jurnal Teknik Sipil Vol 16 No 1, 2020
- Viqolbi, M. A., 2017, Kajian Penilaian Material Konstruksi Hijau Di Indonesia. Institut Teknologi Bandung
- Wujek, J. B., Dagostino, F. R., dan Pearson Education, I., 2010, Mechanical and Electrical Systems in Architecture, Engineering, and Construction. Fifth. New Jersey: Library of Congress Cataloging