

KAJIAN PERBANDINGAN ASESMEN *GREEN BUILDING* BANGUNAN GEDUNG BARU MENGGUNAKAN SISTEM *GREENSHIP NEW BUILDING* VERSI 1.2 DAN VERSI 2.0

Windu Nur Azzukhruf Siadari^{*1}, Yudi Chairin² dan Erizal²

¹Mahasiswa, Program Pascasarjana, Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB

²Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB
Korespondensi: windu_siadari@apps.ipb.ac.id

ABSTRACT

Climate change is a problem that becomes an environmental issue in every government. Increased awareness of environmental issues has made green building construction an industry that has made many improvements to be more environmentally friendly. However, green building construction in Indonesia can only be certified green ship new building version 1.2 issued by Green Building Council Indonesia (GBCI). This research relates to the green ship new building, which changed from green ship new building version 1.2 to version 2.0 in 2019. Meanwhile, this study uses comparative and qualitative methods in discussing assessment points in green ship new building. The study results explained that there were additional points for the assessment criteria with 2%-3% weighted values increased from the previous standards.

Keywords: *GREENSHIP, Global Warming, Sustainable Building, Green Building*

1. PENDAHULUAN

Laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) tahun 2018 bahwa emisi gas rumah kaca terjadi akibat aktivitas manusia. Diperkirakan sudah menyebabkan kenaikan suhu sekitar 0,8^o C hingga 1,2^o C dihitung sejak pra-industri [1]. Kenaikan suhu permukaan bumi mengakibatkan terjadinya perubahan iklim di berbagai belahan dunia ditandai berkurangnya tutupan salju yang ada di daratan [2].

Dalam menangani perubahan iklim yang terjadi pemerintah Indonesia ikut menjalankan *Paris Agreement to The United Nations Framework Convention on Climate Change* (Persetujuan Paris atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim) dengan menyerahkan Dokumen *Nationally Determined Contribution* (NDC) kepada Sekretariat Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNFCCC).

Dokumen NDC 2018 yang dilaporkan oleh Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim (DITJEN PPI) Kementerian Lingkungan Hidup, kontribusi Indonesia direncanakan

menurunkan emisi gas rumah kaca sebanyak 30% pada tahun 2030 pada sektor bangunan [3].

Salah satu langkah yang dilakukan dari pihak-pihak yang bergerak di bidang konstruksi dengan membentuk Green Building Council Indonesia (GBCI), untuk mengembangkan sektor bangunan lebih ramah lingkungan. Dalam pembangunan gedung baru, GBCI mengeluarkan panduan penilaian dengan nama *green ship new building versi 1.2* pada tahun 2012. Penerapan *green building* ini pada bangunan gedung dapat menghemat pengeluaran sebanyak 13,84% pada pemeliharaan dan 5% pada biaya perawatan gedung [4]. Kajian yang dilakukan penurunan reduksi emisi gas rumah kaca melalui *green building* pada tahun 2012 masih belum memberikan kontribusi yang signifikan dalam proses konstruksi NDC 2018 [5] sehingga perubahan perangkat penilaian *green ship new building versi 1.2* diajukan [6].

Pada perbaruan menyesuaikan target pemerintah menuju 2030, GBCI mengeluarkan panduan sistem penilaian baru pada gedung yaitu *green ship new building versi 2.0*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji seberapa jauh perbedaan kriteria tolok ukur antara *greenship new building versi 1.2* dan *greenship new building versi 2.0*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Data Penelitian

Data-data penelitian merupakan kajian dari poin per poin yang mengacu pada peraturan-peraturan perundang-undangan di Indonesia tentang bangunan gedung dan lingkungan. Kajian juga dilakukan pada penelitian terbaru mengenai hubungan antara lingkungan serta bangunan yang ada dalam pedoman kriteria *greenship new building versi 1.2* dan *versi 2.0*.

2.2.1. Greenship New Building Versi 1.2

Greenship New Building Versi 1.2 adalah pengembangan pedoman penilaian *green building* pada bangunan baru dimulai dari desain sampai tahapan akhir pada penggunaan, gedung dari versi sebelumnya yaitu *green building new building versi 1.0* [7].

Perkembangan pedoman penilaian berkaitan dengan tahapan teknologi dalam pembangunan gedung-gedung bertingkat yang semakin membaik dan ramah lingkungan, mulai dari bahan hingga prosesnya.

Pada pedoman penilaian terdapat 6 kriteria penilaian terdiri dari:

1. Tepat Guna Lahan
2. Efisiensi dan Konservasi Energi
3. Konservasi Air
4. Sumber dan Siklus Material
5. Kesehatan dan Kenyamanan Ruang
6. Manajemen Lingkungan Bangunan.

Dalam penilaian dalam setiap kriteria memiliki kategori prasyarat dan kategori tolok ukur. Kategori prasyarat wajib dipenuhi agar dapat dilakukan kategori tolok ukur. Apabila kategori prasyarat tidak memenuhi, maka lebih lanjut kategori tolok ukur tidak dapat dilakukan. Pada kategori tolok ukur sendiri, apabila tidak terpenuhi maka nilai tidak dapat diperoleh, yang mengakibatkan nilai dari sebuah bangunan tidak dapat memenuhi kriteria *green building*.

2.2.2. Greenship New Building Versi 2.0

Perhatian terhadap pemanasan global menyebabkan perubahan iklim menuntut setiap negara lebih baik lagi mengelola sumber aktivitas manusia yang menghasilkan gas rumah kaca. Pada bidang konstruksi, penyumbang polutan karbon terbesar didunia dari industri

semen sebanyak 71% sejak tahun 1990-2018 [8]. Hal ini menjadikan pengembangan dari *greenship new building versi 1.2* menjadi *versi 2.0*.

Pengembangan *greenship new building* pada versi *2.0* ditambahkan kriteria inovasi, sehingga memiliki tujuh kriteria. Dimana setiap bagian tolok ukur yang ditambahkan, dapat berupa teknologi ataupun sistem terbaru yang memberikan dampak baik pada lingkungan. Adapun inovasi yang dimaksud tidak terlepas dari material harus ramah lingkungan, metode-metode tersebut tidak merusak dan mengganggu ekosistem ataupun pengolahan limbah yang dihasilkan dari prosesnya.

2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian membandingkan antara *greenship new building versi 1.2* dan *greenship new building versi 2.0* menggunakan metode perbandingan kuantitatif. Setiap poin kriteria tolok ukur berdasarkan peraturan-peraturan yang ada di Indonesia. Hasil kajian ditujukan agar lebih memahami sejauh mana perubahan penilaian *greenship new building* dari versi 1.2, menjadi versi 2.0.

3. PEMBAHASAN

3.1. Tepat Guna Lahan

Penataan ruang erat kaitannya dengan ketepatan desain yang memanfaatkan lahan agar keterpaduan antara lingkungan dan sumber daya buatan dapat mencegah dampak negatif pada ekosistem kawasan [9].

Perbedaan pada kriteria tepat guna lahan terletak seperti pembahasan Tabel 1 yaitu kriteria persyaratan dan kriteria tolok ukur pemilihan tapak. Penilaian kriteria persyaratan untuk mengurangi CO₂ dan mencegah erosi tanah luasan lahan hijau dan vegetasi di alamnya.

Dalam pedoman penilaian *greenship new building versi 2.0*, masing-masing kriteria utama memiliki nilai yang tidak boleh digabung. Pengembangan selanjutnya pada kategori tolok ukur pemilihan tapak. Banyaknya bencana alam seperti longsor, dan banjir akibat perubahan iklim, maka pada tapak bangunan didesain dengan menerapkan pencegahan dini bencana. Identifikasi bencana di sekitar wilayah tapak bangunan dan mitigasi bencana baik struktural ataupun non struktural [10].

Tabel 1. Perbedaan kriteria dan nilai maksimum pada kategori tepat guna lahan

No	Kategori dan Kriteria			
	Versi 1.2		Versi 2.0	
1	Area dasar hijau	P	Area dasar hijau	P
			Keanekaragaman hayati	P
			Analisis limpasan air hujan	P
2	Pemilihan tapak	2	Ketahanan guna lahan	3
			Pemilihan tapak	3
3	Aksesibilitas komunikasi	2	Aksesibilitas komunikasi	4
4	Transportasi umum	2	Transportasi publik	1
5	Fasilitas pengguna sepeda	2	Fasilitas penggunaan sepeda	3
6	Lanskap pada lahan	3	Lanskap pada lahan	3
7	Iklim mikro	3	Iklim mikro	3
8	Manajemen air limpasan hujan	3	Manajemen limpasan air hujan	5
Total Nilai		17		25

Tolok ukur untuk penggunaan sepeda dirincikan bertujuan mengurangi penggunaan kendaraan bermotor melalui pemberian fasilitas sepeda yang lebih baik. Diantaranya poin tolak ukur yang diubah adalah persyaratan parkir sepeda dan jumlah penggunaan *shower* pada fasilitas gedung, dimana sebelumnya parkir untuk sepeda maksimal 100 unit dengan maksimal *shower* 10 unit. Poin tolak ukur terbaru menyesuaikan luas lantai pada bangunan dan dibuat adanya jalur khusus pengguna sepeda.

3.2. Efisiensi dan Konservasi Energi

Bangunan hijau wajib melakukan efisiensi energi berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 2 Tahun 2015 dan SNI 03 6389 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan Tahun 2011.

Berdasarkan penelitian terdahulu, energi yang diperlukan untuk mendinginkan ruangan akibat menerima panas dari fasad atau selubung gedung rata-rata hingga 30%, tergantung dengan suhu dan material yang digunakan pada fasad gedung [11].

Tabel 2. Perbedaan kriteria dan nilai maksimum pada kategori efisiensi dan konservasi energi

No	Kategori dan Kriteria	
	Versi 1.2	Versi 2.0

1	Pemasangan sub-meter listrik	P	Pemasangan sub-meter listrik	P
2	Perhitungan OTTV	P	Perhitungan OTTV	P
3	Langkah penghematan energi	20	Efisiensi dan konservasi energi	20
4	Pencahayaan alami	4	Fitur hemat energi	3
5	Ventilasi	1	Pencahayaan alami	4
6	Pengaruh perubahan iklim	1	Ventilasi alami	3
7	Energi terbarukan dalam tapak (bonus)	5	Energi terbarukan (bonus)	5
Total Nilai		26		30

Pada pengembangan versi terbaru, tolak ukur prasyarat ditambahkan pada sub meter listrik yang sebelumnya sistem transportasi vertikal masuk ke dalam sistem beban lainnya kemudian diubah untuk memiliki sub meter listrik tersendiri. Ini dikarenakan semakin majunya teknologi memungkinkan sistem bisa dinon-aktifkan secara terpisah sehingga beban listrik bisa lebih hemat. Pada perhitungan persyaratan OTTV mulai tahun 2021 berubah mengikuti peraturan SNI 03-6389 dimana faktor radiasi dilakukan pada seluruh orientasi matahari dari delapan arah mata angin yang dikeluarkan 30 Desember tahun 2020, adapun sebelumnya mengikuti peraturan tahun 2011 dengan faktor radiasi dilakukan hanya pada empat arah mata angin saja.

Perubahan lain terletak pada tolak ukur ventilasi, dimana dalam pembahasannya untuk pencahayaan dan saluran udara menjadi satu-kesatuan penilaian sedangkan pada metode tolak ukur terbaru dipisahkan antara pencahayaan alami menggunakan jendela dan ventilasi dengan saluran udara alami menggunakan ventilasi. Tolak ukur pengaruh perubahan iklim, dijelaskan lebih lanjut emisi CO₂ harus mengikuti keputusan DNA (Designated National Authorities) pada B/277/Dep. III/LH/01/2009, yaitu konversi CO₂ menjadi energi listrik. Dalam perkembangannya, tolak ukur tersebut dimasukkan dalam tolak ukur efisiensi dan konservasi energi.

3.3. Konservasi Air

Peran utama air dalam kelangsungan kehidupan memerlukan penjagaan agar tidak tercemar dan dapat memenuhi kebutuhan.

Pemilihan air untuk diminum menimbulkan dampak berbeda tidak hanya pada kesehatan tetapi juga pada lingkungan sekitar.[12], sehingga sangat penting melakukan upaya-upaya pencegahan dan pengoptimalan air bersih.

Kebutuhan air bersih perlu didesain dengan sistem agar digunakan secara optimal dalam sebuah bangunan. Sistem pemasangan air pada bangunan gedung mengikuti SNI 03-7065 tentang Tata Cara Pelaksanaan Sistem Plumbing dan Kebutuhan Air Bersih.

Tabel 3. Perbedaan kriteria dan nilai maksimum pada kategori konservasi air

No	Kategori dan Kriteria			
	Versi 1.2		Versi 2.0	
1	Meteran air	P	Meteran air	P
2	Perhitungan penggunaan air	P	Perhitungan penggunaan air	P
3	Pengurangan penggunaan air	8	Pengurangan penggunaan air	8
4	Fitur air	3	Fitur air	4
5	Daur ulang air	3	Daur ulang air	3
			Meteran air tingkat lanjut	1
6	Sumber air alternatif	2	Sumber air alternatif	2
7	Penampungan air hujan	3	Penampungan dan penggunaan air hujan	3
8	Efisiensi penggunaan air lanskap	2	Efisiensi penggunaan air lanskap	3
Total Nilai		21		24

Kriteria konservasi air, penambahan ada di dalam tolok ukur daur ulang air. Daur ulang air dibagi menjadi daur ulang air hujan yang masih dapat digunakan untuk air bersih dan daur ulang dari penggunaan *grey water* (air bekas pakai), yang digunakan untuk air menyiram tanaman ataupun *flusing*. Masing-masing daur ulang air dapat dikontrol penggunaannya dengan meteran air tingkat lanjut.

3.4. Sumber dan Siklus Material

Konstruksi berkelanjutan tidak bisa lepas dari bahan-bahan material. Peraturan pemerintah berkaitan dengan material dan sumber material lebih mengarah kepada renovasi bangunan [13], padahal material-material konstruksi tersebut dapat berdampak pada lingkungan karena sisanya menjadi sampah dan pada proses pabrikasi serta pengirimannya menyumbang jejak karbon yang menyebabkan bertambahnya gas rumah kaca. Pemerintah perlu lebih menuangkan indikator

dengan diadakan evaluasi berkelanjutan dan ahli *life cycle costing* dalam setiap proyek-proyek konstruksi [14].

Tabel 4. Perbedaan kriteria dan nilai maksimum pada kategori sumber dan siklus material

No	Kategori dan Kriteria			
	Versi 1.2		Versi 2.0	
1	Refrigeran fundamental	P	Refrigeran fundamental	P
2	Penggunaan gedung dan material bekas	2	Penggunaan gedung dan material bekas	2
3	Material ramah lingkungan	3	Material melalui proses ramah lingkungan	4
4	Penggunaan refrigeran tanpa ODP	2	Penggunaan bahan yang tidak mengandung BPO	1
5	Kayu bersertifikat	2	Kayu bersertifikat	2
6	Material pra fabrikasi	3	Material pra fabrikasi	3
7	Material regional	2	Material lokal dan regional	2
			Siklus hidup material (bonus)	3
Total Nilai		14		14

Peraturan pemerintah mengenai material konstruksi, dalam beberapa tahun ini belum ada yang berubah, menjadikan tolok ukur juga tidak ada yang perlu untuk berubah. Adapun perubahan hanya penambahan pada tolok ukur penilaian material ramah lingkungan, dimana, apabila material memiliki sertifikat eko label yang telah diakui oleh lembaga bangunan hijau yang ada didunia.

3.5. Kesehatan dan Kenyamanan Dalam Ruang

Gangguan kesehatan akibat buruknya kualitas udara di dalam suatu ruangan disebabkan sistem ventilasi tidak berfungsi disebut *sick building syndrome* (SBS) [15]. Menurut World Health Organisation (WHO), SBS disebabkan terjadinya polusi mikroorganisme berupa bakteri dan jamur yang berkembang secara berlebihan di dalam ruangan [16]. Untuk menjaga Kesehatan pada penghuni dibutuhkan sistem ventilasi sesuai SNI 03-6572 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung.

Kenyamanan ruangan untuk wilayah beriklim tropis memiliki rentang suhu antara 22,8^o-25,8^o C dengan kelembapan 70%. [17]. Beberapa gedung-gedung di daerah Asia

Tenggara, penghuni masih dapat merasa nyaman menerima suhu relatif lebih hangat di antara 26,1° C – 29,8° C dengan kontrol pengaturan sistem ventilasi, pengaturan sirkulasi angin secara mekanik (menggunakan kipas angin), memberikan tirai pada bagian-bagian bangunan yang langsung terkena sinar matahari, dan memberikan naungan pada bangunan yang langsung terkena sinar matahari [18].

Tabel 5. Perbedaan kriteria dan nilai maksimum pada kategori Kesehatan dan kenyamanan dalam ruang

No	Kategori dan Kriteria			
	Versi 1.2		Versi 2.0	
1	Introduksi udara luar	P	Introduksi udara luar	P
			Pengendalian Asap Rokok di Lingkungan	P
			Material tanpa asbestos	P
2	Pemantauan kadar CO ₂	1	Pemantauan kadar CO dan CO ₂	4
3	Kendali asap rokok di lingkungan	2	Konsentrasi refrigeran	1
4	Polutan kimia	3	Polutan kimia	6
5	Kenyamanan visual	1	Kenyamanan visual	1
6	Pemandangan ke luar gedung	1	Pemandangan ke luar gedung	1
7	Kenyamanan termal	1	Kenyamanan suhu ruang	1
8	Tingkat kebisingan	1	Tingkat kebisingan	1
Total Nilai		10		15

Perlu diperhatikan kesehatan dalam ruangan disebabkan aktivitas manusia, 90% dilakukan di dalam ruangan dan fitur desain ruangan mempengaruhi kesehatan manusia [19]. Penilaian tolok ukur diawal pemantauan konsentrasi hanya di khususkan kadar pengukur CO₂, tetapi perkembangannya keracunan karbon monoksida (CO) masuk kedalam penyebab kematian yang fatal karena tidak memiliki gejala sehingga disebut *silent killer* [20]. Tercatat kasus keracunan diperkirakan sebanyak 137 dan 4,6 juta kematian diseluruh dunia [21]. Laporan di Indonesia sebanyak 3-40% dapat sembuh dalam satu bulan pertama, sisanya sebanyak 25% menjadi cacat permanen

[22]. Sehingga perhitungan kadar karbon monoksida masuk kedalam persyaratan Standar ASHRAE 62.1 dan disadur untuk dijadikan tolok ukur kedalam versi 2.0 *greenship new building*.

Pengaruh kesehatan lainnya apabila aktivitas dalam ruangan terpapar debu, asbestos dan serat-serat organik lainnya sehingga dapat merusak DNA dari 25% hingga 123% dibandingkan dengan populasi yang tidak pernah terpapar [23]. World Health Organization (WHO) menjelaskan 35% penyakit jantung iskemik dan 42% stoke dapat dicegah dengan mengurangi paparan polusi udara rumah tangga, rokok dan timbal [24]. Komponen polutan kimia mengiritasi lainnya (*Volatile Organic Compounds-VOCs*) antara lain CO, Pb, NO₂, O₃ dan SO₂ terdapat pada bahan-bahan berupa cat dinding, peralatan kayu, ventilator pada AC, obat nyamuk bakar, pestisida dan bahan pelarut pakaian [25]. Hal ini masuk dalam perubahan pada tolok ukur persyaratan mengutamakan udara yang berkualitas dengan ditambahkan kriteria tolok ukur dimana bebas dari asap rokok dan tidak adanya pencemaran akibat penggunaan material asbestos.

3.6. Manajemen Lingkungan Bangunan

Sebagai negara urutan keempat di Asia dalam industri konstruksi, Indonesia masih terkendala pada penolakan pembangunan *green building*, pengetahuan dan informasi yang tidak memadai, mahalnya pelaksanaan dan ketersediaan produk hijau, serta kurangnya pengawas dan peran manajemen dalam melaksanakan *green building* [26]. Pemahaman peranan manajemen tidak hanya untuk pengelolaan sampah dan limbah tetapi juga pada manajemen pemeliharaan bangunan [27]. Peran manajemen yang dimaksudkan adalah adanya kemampuan berkelanjutan pada fasilitas bangunan untuk tidak memiliki kemampuan mencemari dan merusak lingkungan karena dilakukan perawatan.

Pemahaman pelaksanaan bangunan hijau, selama melakukan kegiatan konstruksi memiliki beberapa dampak negatif yaitu, pembuangan limbah padat dan cair, polusi udara, kebisingan, getaran permukaan tanah dan adanya gangguan

pada air tanah. Pada tolok ukur *greenship new building versi 1.2* hanya mengatur pengolahan limbah padat dan limbah cair.

Tabel 6. Perbedaan kriteria dan nilai maksimum pada kategori manajemen lingkungan bangunan.

No	Kategori dan Kriteria			
	Versi 1.2		Versi 2.0	
1	Dasar pengelolaan sampah	P	Pengelolaan sampah tingkat dasar	P
			Keselamatan dan kesehatan kerja	P
2	GP sebagai anggota tim proyek	1	GP sebagai anggota tim proyek	1
3	Polusi dari aktivitas konstruksi	2	Dampak negatif dari aktivitas konstruksi	5
4	Pengelolaan sampah tingkat lanjut	2	Pengelolaan sampah tingkat lanjut	2
5	Sistem komisioning yang baik dan benar	3	Sistem komisioning MVAC yang baik dan benar	3
6	Penyerahan data <i>green building</i>	2	Penyerahan data bangunan hijau	2
7	Kesepakatan dalam melakukan aktivitas <i>fit out</i>	1	Kesepakatan dalam melakukan aktivitas <i>fit out</i>	1
8	Survei penggunaan gedung	2	Survei pengguna gedung	1
			Informasi digital dan terintegrasi	1
Total Nilai		13		16

Peraturan-peraturan pemerintah yang terkait dalam kriteria manajemen lingkungan bangunan yang diterbitkan setelah *greenship new building* versi 1.2 adalah Peraturan Pemerintah nomor 101 tahun 2014 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun. Memenuhi peraturan pemerintah tersebut tolok ukur pengelolaan sampah tingkat lanjut dilakukan penambahan pada manajemen pengelolaan limbah bahan beracun berbahaya (B3) ditambahkan dalam *greenship new building* versi 2.0. Manajemen pada kebisingan, polusi udara, getaran, dan menjaga muka air tanah tetap alami dengan sistem dewatering selama proses konstruksi berlangsung juga ditambahkan sehingga tolok ukur pada poin polusi dari aktivitas konstruksi berubah menjadi dampak negatif dari aktivitas konstruksi,

Terakhir, ditambahkan penggunaan teknologi terbaru dengan menerapkan sistem kontrol dan monitoring layanan fasilitas mekanika dan kelistrikan bangunan dalam satu program komputer atau lebih dikenal dengan *Building Automation System* (BAS). Peran BAS dalam pemantauan dan pengelolaan energi yang dilakukan secara sistematis dapat menghemat energi dan biaya operasi yang lebih rendah untuk kontribusi lingkungan [28]. Dengan adanya data BAS yang berhubungan dari waktu ke waktu, pola dan kesalahan pada operasi kinerja bangunan dapat di analisis untuk menemukan peluang dalam konservasi energi [29].

3.7. Inovasi

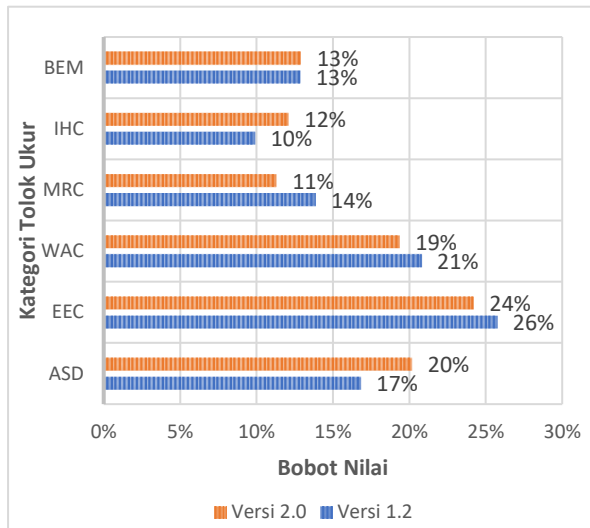
Memahami berkembangnya teknologi dan informasi dengan cepat dari berbagai bidang, menjadikan penambahan kriteria inovasi diperlukan dalam sistem penilaian terbaru. Meskipun permintaan pasar untuk *green building* meningkat, tetapi adanya pembiayaan yang meningkat sampai 30% dalam biaya produksi dan 40% dalam desain menjadi risiko bagi pengembang [30].

Mengingat mahalnya operasional pembangunan, kriteria inovasi dimasukkan dalam kriteria bonus yang dapat meningkatkan kemampuan dari suatu bangunan, bisa berupa teknologi atau bentuk-bentuk yang dirancang berdampak baik terhadap lingkungan. Penilaian dalam kriteria ini, yang paling besar dari semua tolok ukur yang ada, yaitu 9 poin.

4. KESIMPULAN

Hasil perbandingan dengan pembobotan nilai maksimum menunjukkan, kategori tepat guna lahan (ASD) memiliki penambahan kriteria tolok ukur terbanyak, mencapai 3%. Sedangkan kategori sumber dan siklus material (MRC) nilai pembobotan berkurang sebanyak 3%, disebabkan tidak adanya penambahan kriteria yang signifikan.

Dari kajian-kajian yang ada, desain kawasan agar tetap selaras dengan lingkungan dan kenyamanan menggunakan ruangan dan fasilitas bangunan adalah faktor terbesar dan terpenting dalam pelaksanaan *green building*. Berkembangnya teknologi memungkinkan untuk pembangunan gedung makin selaras dengan lingkungan disertai kenyamanan di dalam ruangan.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Bobot Penilaian

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] IPCC. 2018. "Global Warming 1.5^o C. An IPCC Special Report on the impact of global warming of 1.5^o C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development and efforts to eradicate poverty". Intergovernment Panel on Climate Change. Switzerland.
- [2] Badan Meterologi, Klimaatologi dan Geofisika, "Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia" (2011), Jakarta: BMKG
- [3] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomo P.33/Menlhk/Setjen/Kum.1/3/2016 tentang Pedoman Penyusunan Aksi Adaptaso Perubahan Iklim.
- [4] Rahmawati A., Wisnumurti, & Nugroho A.,M.*Pengaruh Penerapan Green Retrofit Terhadap Life Cycle Cost Pada Bangunan Gedung.* Jurnal Rekayasa Sipil Vol 12 (1), 2018:64-70.
- [5] Abduh, M. & Fauzi, R., T. (2012) *Kajian Sistem Assesment Proses Konstruksi pada Greenship Rating Tools*, Proseding KoNTeks 6, Universitas Trisakti, Jakarta, 1-2 November 2012.
- [6] Chandra B. *Usulan Perubahan Perangkat Penilaian Bangunan Hijau (Greenship) untuk Bangunan Baru Versi 1.2*, Jounal of Sustainable City and Urban Development Vol 1, 2018 :3-12
- [7] Green Building Council Indonesia, *Perangkat Penilaianana Greenship Rating Tools Untuk Bangunan Baru Versi 1.2* (2013), Jakarta: Divisi Rating dan Teknologi Green building Council Indonesia.
- [8] Andrew, R, M.*Global CO₂ Emissions from Cement Production.* Earth System Science Data. Vol 10, 2018: 195-217.
- [9] Undang-undang Republik indonesia Nomor 26 Tentang Penataan Ruang, Jakarta:2007.
- [10] *Green building Council Indonesia, Perangkat Penilaianana Bangunan Hijau Untuk Bangunan Baru Versi 2.0*, Jakarta: Divisi Rating dan Teknologi Green building Council Indonesia
- [11] Mirsadeghi, M., Costola D., & Hensen J.,L.,M. *Review of External Convective Heat Transfer Coefficient Models in Building Energy Simulation Program: Implementation and Uncertainty.* Thermal Engineering, Vol 56(1-2), 2013:134-151
- [12] Villanueva, C.M. etc, *Health and Environmental Impacts of Drinking Water Choices in Barcelina, Spain: A Modelling Study.* Journal Science of the Total Environment, Spain. 2021:795
- [13] Hidayat, M., S. *Perencanaan Lingkungan dan Bangunan Berkelanjutan di Indonesia: Tinjauan Dari Aspek Peraturan Perundang-Undangan*,Tata Loka,Vol 19 (1), 2017:15-28
- [14] Willar, D & Trigunarsyah, B. *Hambatan Penerapan Konstruksi Berkelanjutan: Perspektif Pemerintah*, Media Komunikasi Teknik Sipil, Vol 27, 2021: 18-28.
- [15] Yulianti, D, Ikhsan, M, & Wiyono W.,H, *Sick Building Syndrome*, Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan ,Vol 15 (2). 2018:673-678
- [16] World Health Organitation Regional Office for Europe, *WHO GUIDENLINES FOR INDOOR AIR QUALITY*, Copenhagen, Denmark:2009.
- [17] Talarosha, B., *Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan*, Jurnal Teknik Industri Vol 6 (3), 2005: 148-158.
- [18] Santoso, E., I, *Kenyamanan Termal Indoor Pada Bangunan di Daerah Beriklim Tropis Lembab*,Indonesia Green Technology Jounal Vol 1 (1), 2012:13-19.
- [19] McCoy, J.,M., & Evans, G., W. *When Building Don't Work: The Role of Architecture in Human Health*, Journal of Environmental Psychology, Vol 18. 1998: 85-94
- [20] Byard, R., W. *Carbon Monocide-The Silent Killer.* Forensic Science, Medicine and Pathology. 2018: 1-2.
- [21] Mattiuzzi, C & Lippi, G. *Worldwide Epidemiology of Carbon Monoxide Poisoning.* Human and Experimental Toxicology Vol 39(4). 2019: 387-392.
- [22] Luvika, S., G. *Delay Neuropsychological Sequelae Pada Keracunan Karbon Monoksida.* Jurnal Agromed Unila Vol 2(4). 2015: 523-529.

- [23] Bonassi, S., Milič, M., & Neri, M. *Frequency of Micronuclei and Other Biomarkers of DNA Damage in Populations Exposed to Dust, Asbestos and other Fibers*, A systematic review. *Mutation Research-Review in Mutation Research*, 770. Rome, Italy. 2016: 106-118
- [24] World Health Organization. *The Public Health Impact of Chemicals: Knowns and Unknowns* International Programme on Chemical Safety. 2016: 1-16.
- [25] Mukono, H., J. 2014. *Pencemaran udara Dalam Ruang Berorientasi Kesehatan Masyarakat*. Surabaya: Airlangga University Press.
- [26] Wimala, M., Akmalah, E., & Sururi, M., R. *Breaking through the Barriers to Green building Movement in Indonesia: Insight from Building Occupants*, 3rd International Conference on Power and Energy System Engineering, CPESE, Kitakyushu, Japan. 2016: 8-12.
- [27] Hwang, B. & Tan, J.,S. *Green building Project Management: Obstacles and Solution for Sustainable Development*. Wiley Inter Science Vol 5. 2012: 20.
- [28] Chasta, R. Singh, R., Gehlot, A., & Mishra, R., G. *A Smart Building Automation System*. *International Journal of Smart Home* Vol 10 (8). 2016:91-98.
- [29] Xiao, F., & Fan, C. *Data Mining in Building Automation System for Improving Building Operational Performance*. *Energy and Building* Vol 75. 2014:109-118.
- [30] Chegut, A., Eichholtz, P., & Kok, N., *The Price of Innovation: An Analysis of The Marginal Cost of Green buildings*. *Journal of Environmental Economics and Management* Vol 98. 2019:102248