

# KAJIAN FAKTOR *GREEN CONSTRUCTION* INFRASTRUKTUR JALAN BERDASARKAN SISTEM RATING GREENROAD DAN INVEST (013K)

Wulfram I. Ervianto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari No. 44 Yogyakarta  
Email: ervianto@mail.uajy.ac.id

## ABSTRAK

*Green construction* sebuah konsep baru yang dipercaya mampu mereduksi terjadinya kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh berbagai pembangunan di Indonesia. Isu menipisnya berbagai jenis sumberdaya alam yang digunakan sebagai bahan bangunan serta menumpuknya limbah konstruksi yang dihasilkan dari proses konstruksi maupun yang bersumber dari bangunan yang telah habis masa pakainya menjadi masalah besar bagi kehidupan manusia di Bumi. Selain itu, pertumbuhan penduduk cenderung mengalami peningkatan dalam jumlah yang signifikan yang berakibat pada meningkatnya kebutuhan akan berbagai infrastruktur sebagai penunjang kehidupan. Hal ini ditunjukkan oleh meningkatnya nilai konstruksi dari tahun ke tahun, yang berarti bahwa pemakaian sumberdaya alam akan semakin tinggi dan jumlah limbah konstruksi yang dibuang ke lingkungan semakin besar. Jika pembangunan tidak dikelola dengan baik maka dapat berakibat terjadinya bencana lingkungan di masa mendatang. Salah satu jenis infrastruktur yang sangat dibutuhkan adalah jalan. Berdasarkan data tahun 2011, panjang jalan Nasional di Indonesia adalah 38.570 km. Dalam aspek tepat guna lahan, jenis infrastruktur ini membutuhkan lahan yang cukup luas dan meliputi beberapa propinsi di Indonesia. Terkait dengan pemilihan tapak yang akan digunakan, seringkali jalur jalan melewati hutan lindung dan daerah yang dinyatakan sebagai cagar alam. Tujuan dalam paper ini adalah merumuskan dan menetapkan faktor *green construction* pada infrastruktur jalan. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian yang lebih komprehensif agar tercipta proses pembangunan yang ramah lingkungan. Kajian diawali berdasarkan *literature review* untuk memformulasikan faktor *green construction*. Analisis data dilakukan secara deskriptif mengingat penelitian ini masih awal di Indonesia. Hasil yang diperoleh adalah terdapat sejumlah faktor penting untuk mencapai *green construction*, yaitu: sumber dan siklus material, manajemen lingkungan bangunan, konservasi energi, kualitas udara, kesehatan dan kenyamanan dalam proyek, dan konservasi air.

Kata kunci: *green construction*, jalan, sistem rating.

## 1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu infrastruktur yang berperan penting di setiap negara dalam mendukung pertumbuhan ekonomi. Berdasarkan data dalam rentang tahun 1987 sampai dengan 2011 pertambahan panjang jalan di Indonesia rata-rata per tahun untuk jalan nasional adalah 11.313,3 km, jalan propinsi 1.082,3 km, dan jalan kabupaten/kota adalah 94.445,5 km. Data tersebut tidak termasuk jalan yang berada di wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta dalam rentang tahun 1987-1992, dan tidak termasuk dalam wilayah Timor Timur sejak tahun 1999 sebagaimana diperlihatkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Pertumbuhan panjang jalan di Indonesia

Kewenangan	Panjang jalan (km)		Rata-rata/tahun (km)
	Tahun 1987	Tahun 2011	
Nasional	214.776	486.296	11.313,3
Propinsi	12.594	38.570	1.082,3
Kabupaten/kota	168.784	395.453	94.445,5

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Dinas Pekerjaan Umum  
Pemerintah Prov/Kab/Kota

Dengan pertumbuhan panjang jalan yang terus mengalami peningkatan tentu berakibat pada berbagai hal, antara lain berkurangnya ketersediaan sumberdaya alam sebagai pembentuk struktur jalan, meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan oleh proses konstruksi, emisi yang ditimbulkan tahap pembangunan maupun operasional,

berkurangnya lahan produktif akibat pembangunan jalan, dan berbagai dampak lain yang terkait dengan lingkungan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Di sisi lain, pembangunan infrastruktur jalan berdampak terhadap lingkungan yang diukur dengan besarnya emisi yang ditimbulkan sejak pembukaan lahan, pengambilan material, transportasi material, proses konstruksi hingga saat operasional. Namun demikian aktivitas pembangunannya tidak dapat dihentikan begitu saja tetapi perlu direformulasi untuk menurunkan dampaknya terhadap lingkungan. Indonesia sebagai bagian dari masyarakat internasional harus berkontribusi terhadap permasalahan lingkungan yang ditandai dengan naiknya emisi gas rumah kaca. Sebagai negara berkembang tentu masih membutuhkan berbagai jenis infrastruktur namun dibutuhkan cara membangun yang ramah terhadap lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan panduan mengenai cara membangun yang seminimal mungkin menimbulkan dampak lingkungan.

## 2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan dalam kajian ini adalah memformulasikan faktor *green construction* infrastruktur jalan berdasarkan sistem rating yang telah dipublikasikan di berbagai negara. Manfaat kajian ini adalah memberikan kontribusi dalam penyusunan sistem rating *greenroads* di Indonesia.

## 3. KAJIAN PUSTAKA

Dalam Konferensi Tingkat Tinggi ke-13 tentang Perubahan Iklim Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB) yang diselenggarakan di Bali pada bulan Desember 2007, Indonesia sepakat untuk menurunkan konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara sebesar 26% sampai dengan 41% di akhir tahun 2020 dan disepakati tentang “peta jalur hijau” dengan pola pembangunan abad ke-21 yang berkadar rendah karbon (Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011). Indonesia sebagai negara yang sedang berkembang dan sedang membangun, telah memiliki cetak biru bagi sektor konstruksi sebagai *grand design* dan *grand strategy* yang disebut dengan Konstruksi Indonesia 2030. Salah satu agenda yang diusulkan adalah melakukan promosi *sustainable construction* untuk penghematan bahan dan pengurangan limbah (bahan sisa) serta kemudahan pemeliharaan bangunan pasca konstruksi (LPJKN, 2007).

Aspek pertama dalam *sustainable construction* adalah penghematan bahan yang digunakan dalam pembangunan. Widjanarko (2009) menyatakan bahwa secara global, sektor konstruksi mengkonsumsi 50% sumberdaya alam, 40% energi, dan 16% air. Frick dan Suskiyanto (2007) menyatakan bahwa penggunaan sumberdaya tak terbarukan, proses pengolahan bahan mentah menjadi bahan siap pakai, eksploitasi dari konsumsi yang berlebihan, dan masalah transportasi adalah kontributor dampak lingkungan.

Aspek kedua dalam *sustainable construction* adalah pengurangan limbah. Oladiran (2008) menuliskan bahwa salah satu penyebab timbulnya limbah konstruksi adalah penggunaan sumberdaya alam melebihi dari apa yang diperlukan untuk proses konstruksi. Limbah yang dihasilkan oleh aktivitas konstruksi seperti tersebut diatas dapat menurunkan kualitas lingkungan, seperti yang dinyatakan oleh Hendrickson dan Horvath (2000) bahwa konstruksi berpengaruh secara signifikan terhadap lingkungan, oleh karena itu sudah seharusnya dilakukan minimalisasi pengaruhnya terhadap lingkungan. Sedangkan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan seperti yang dinyatakan oleh Christini dkk. (2004) bahwa implementasi manajemen lingkungan yang didasarkan pada komitmen dan tujuan yang jelas merupakan faktor kunci untuk mencapai keberhasilan dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan yang bersumber dari kegiatan konstruksi.

Kedua aspek tersebut diatas terkait erat dengan daya dukung lingkungan sebagaimana yang dinyatakan oleh Khanna (1999) dalam mengelompokkan daya dukung lingkungan hidup menjadi dua komponen, yaitu kapasitas penyediaan (*supportive capacity*) dan kapasitas tampung limbah (*assimilative capacity*).

Du Plessis (2002) menyatakan bahwa bagian dari *sustainable construction* adalah *green construction* yang merupakan proses holistik yang bertujuan untuk mengembalikan dan menjaga keseimbangan antara lingkungan alami dan buatan. USEPA (2010) mendefinisikan *green construction* merupakan praktik membangun dengan menerapkan proses yang memperhatikan lingkungan dan efisiensi sumber daya sepanjang siklus hidup bangunan dari tapak untuk perencanaan, konstruksi, operasi, pemeliharaan, renovasi, dan dekonstruksi. Dalam kajian ini, yang dimaksud dengan definisi *green construction* adalah suatu perencanaan dan pelaksanaan proses konstruksi untuk meminimalkan dampak negatif proses konstruksi terhadap lingkungan agar terjadi keseimbangan antara kemampuan lingkungan dan kebutuhan hidup manusia untuk generasi sekarang dan mendatang (Erviyanto, W.I., 2011).

Faktor *green construction* yang dikembangkan oleh Erviyanto, W. I. dkk. (2013) meliputi tujuh aspek dan enambelas faktor, yaitu: perencanaan dan penjadwalan proyek konstruksi, sumber dan siklus material, rencana perlindungan lokasi pekerjaan, manajemen limbah konstruksi, penyimpanan dan perlindungan material, kesehatan lingkungan kerja tahap konstruksi, program kesehatan dan keselamatan kerja, pemilihan dan operasional peralatan konstruksi,

dokumentasi, pelatihan bagi subkontraktor, pengurangan jejak ekologis tahap konstruksi, kualitas udara tahap konstruksi, efisiensi air, tepat guna lahan, efisiensi energi, manajemen lingkungan proyek konstruksi. Selanjutnya faktor tersebut diatas dapat dikelompokkan menjadi tujuh aspek *green construction* yang mencakup: konservasi energi, konservasi air, tepat guna lahan, sumber dan siklus material, manajemen lingkungan bangunan, kualitas udara, kesehatan dan kenyamanan dalam proyek.

### Sistem Rating Jalan Hijau

Untuk menilai sebuah jalan memenuhi kriteria *green* atau tidak *green* dapat didasarkan pada berbagai *sistem rating tools* yang telah dipublikasikan di berbagai negara. Masing-masing *sistem rating tools* mempunyai kecenderungan yang berbeda satu sama lain dalam menentukan indikator sebagai instrumen penilaiannya. Sistem rating yang telah dipublikasikan di Amerika antara lain adalah Greenroads, *Leadership In Transportation and Environmental Sustainability* (LITES) selanjutnya disebut dengan GreenLITES, *Illinois-Livable And Sustainable Transportation Rating System and Guide* (I-LAST).

Greenroads versi 1.5 dikembangkan oleh University of Washington yang mencakup 11 persyaratan yang harus dipenuhi untuk mencapai setiap level dari sertifikasi Greenroads dan 118 kredit yang bersifat tidak wajib yang dapat diperoleh dalam kategori *Environment & Water, Access & Equity, Construction Activities, Materials & Resources, Pavement Technologies*, dan *Custom Credit*. Sebuah proyek dapat mencapai level tertentu sesuai dengan persyaratan sebagai berikut: *certified* (32+ kredit), *silver* (43+ kredit), *gold* (54+ kredit), *evergreen* (64+ kredit).

*Leadership In Transportation and Environmental Sustainability* (LITES) selanjutnya disebut dengan GreenLITES adalah sistem rating yang dikembangkan oleh New York State Departement of Transportation yang dipublikasikan pertama kali pada bulan September 2008.

*Illinois-Livable And Sustainable Transportation Rating System and Guide* (I-LAST) dikembangkan oleh *Illinois Department of Transportation* bekerjasama dengan *Illinois Joint Sustainability Group, Illinois Road and Transportation Builders Association*, dan *Illinois branch of the American Council of Engineering Companies*. Dalam system ini dibagi menjadi *Planning, Design, Environmental, Water Quality, Transportation, Lighting, Materials*, dan *Innovation*. Dalam sistem rating ini tidak semua item dapat diimplementasikan di setiap proyek jalan serta tidak adanya penghargaan membuat sistem rating ini tidak direkomendasikan (Highfield, C. L., 2011).

Perbandingan sistem rating di Amerika antara Greenroads versi 1.5, GreenLITES, dan I-LAST sebagaimana diperlihatkan dalam gambar 1, bahwa Greenroads mengakomodasi enam aspek, yaitu: pemilihan material, ekstraksi material, produksi material, transportasi material, aktivitas proses konstruksi, dan pemeliharaan. Sedangkan GreenLITES mengakomodasi tiga aspek dan I-LAST dua aspek. Oleh sebab itu dapat dinyatakan bahwa Greenroads lebih komprehensif digunakan sebagai *rating tools* dalam infrastruktur jalan.

		Pemilihan material	Ekstraksi material	Produksi material	Transportasi material	Aktivitas proses konstruksi	Lalu lintas selama proses konstruksi	Pemeliharaan
Rating tools	Greenroads	●	●	●	●	●	-	●
	GreenLITES	●	-	-	●	-	-	●
	I-LAST	●	-	-	●	-	-	-
	Ceequal	●	●	●	●	●	●	●

Sumber: Highfield, C. L., 2011

Gambar 1. Perbandingan sistem rating Greenroads, GreenLITES, I-LAST, dan Ceequal

Sebagaimana di Amerika, sistem rating di United Kingdom dikembangkan oleh *Institution of Civil Engineers* (ICE) dan dikelola oleh CIRIA and *Crane Environmental* yang disebut dengan *Civil Engineering Environmental Quality* (Ceequal). Sistem rating ini cukup fleksibel digunakan dalam proyek sipil, mencakup: transportasi, infrastruktur energi, air dan air limbah. Dalam sistem ini bersifat lebih umum jika dibandingkan dengan sistem rating Greenroads yang dikembangkan di Amerika. Perbedaannya terletak pada aspek yang mengakomodasi lalu lintas selama proses konstruksi berlangsung sebagaimana diperlihatkan dalam gambar 1. Berdasarkan pertimbangan tersebut diatas maka

dalam studi ini digunakan Greenroads sebagai sistem rating yang lebih komprehensif dalam mengakomodasi infrastruktur jalan.

Dalam sistem rating Greenroads versi 1.5 terdiri dari enam aspek dan 48 faktor. Keenam aspek tersebut adalah: (1) *Project requirements*, (2) *Environment and water*, (3) *Access and equity*, (4) *Construction activities*, (5) *Material and resources*, (6) *Pavement technologies*. Secara detil sistem rating Greenroads sebagaimana diperlihatkan dalam tabel 2. Manfaat dalam Greenroads ini mencakup mencakup: (a) manfaat bagi lingkungan (ekosentris) adalah mengurangi penggunaan material, bahan bakar fosil, air, polusi udara, emisi gas rumah kaca, polusi air, limbah padat, dan mampu memulihkan/membentuk habitat. (b) manfaat bagi manusia (antroposentris) adalah meningkatkan akses, mobilitas, kesehatan dan keselamatan manusia, ekonomi lokal, kesadaran, estetika, dan mereduksi biaya daur hidup.

Tabel 2. Sistem rating greenroads versi 1.5

<b>Project Requirements</b>	<b>Environment and Water</b>
PR 1-Environmental Review Process	EW 1-Environmental Management System
PR 2-Life cycle Cost Analysis (≈ PD 2)*	EW 2-Runoff Flow Control
PR 3-Life cycle Inventory	EW 3-Runoff Quality
PR 4-Quality Control Plan (≈ PD 28)*	EW 4-Stormwater Cost Analysis (≈ PD 8)*
PR 5-Noise Mitigation Plan (≈ PD 27)*	EW 5-Site Vegetation (≈ PD 18)*
PR 6-Waste Management Plan (≈ PD 29)*	EW 6-Habitat Restoration (≈ PD 7)*
PR 7-Pollution Prevention Plan	EW 7-Ecological Connectivity (≈ PD 9)*
PR 8-Low Impact Development	EW 8-Light Pollution
PR 9-Pavement Management System (≈ OM 7)*	-
PR 10-Site Maintenance Plan	-
PR 11-Educational Outreach (≈ PD 5)*	-
<b>Access and Equity</b>	<b>Construction Activities</b>
AE 1-Safety Audit	CA 1-Quality Management System
AE 2-Intelligent Transportation System	CA 2-Environmental Training (≈ PD 25)*
AE 3-Context Sensitive Solutions	CA 3-Site Recycling Plan
AE 4-Traffic Emissions Reduction	CA 4-Fossil Fuel Reduction
AE 5-Pedestrian Access (≈ PD 10)*	CA 5-Equipment Emission Reduction (≈ PD 26)*
AE 6-Bicycle Access (≈ PD 11)*	CA 6-Paving Emissions Reduction
AE 7-Transit & High Occupancy Vehicle Access	CA 7-Water Use Tracking
AE 8-Scenic Views	CA 8-Contractor Warranty (≈ PD 24)*
AE 9-Cultural Outreach	
<b>Materials and Resources</b>	<b>Pavement Technologies</b>
MR 1-Life cycle Assessment	PT 1-Long Life Pavement
MR 2-Pavement Reuse	PT 2-Permeable Pavement
MR 3-Earthwork Balance (≈ PD 21)*	PT 3-Warm Mix Asphalt
MR 4-Recycled Materials	PT 4-Cool Pavement
MR 5-Regional Materials	PT 5-Quiet Pavement
MR 6-Energy Efficiency (≈ PD 17)*	PT 6-Pavement Performance Tracking

**Sumber:** Greenroads rating tools versi 1.5 dan INVEST versi 1.0

**Catatan:** \* diakomodasi dalam INVEST versi 1.0

PD : *Project Development Criteria*;

OM : *Operation and Maintenance*

Berbeda dengan sistem rating yang dikembangkan di Amerika dan United Kingdom, di Australia pada bulan Oktober tahun 2012 dipublikasikan sistem rating yang disebut dengan *Infrastructure Voluntary Evaluation Sustainability Tool* (INVEST). Dalam sistem rating INVEST versi 1.0 terdiri dari tiga aspek dan 60 faktor. Ketiga aspek dalam INVEST adalah: (1) *System planning criteria*, (2) *Project development criteria*, (3) *Operation and maintenance criteria*. Pendekatan sistem rating ini berorientasi terhadap keberlanjutan (*sustainability*) yang mencakup aspek ekonomi, sosial dan lingkungan. Oleh sebab itu substansi dalam sistem rating ini merepresentasikan ketiga aspek tersebut yang tercermin dalam indikator yang digunakannya. Selanjutnya dalam kajian ini digunakan sistem rating Greenroads yang mengakomodasi aspek lingkungan dikonjugasikan dengan sistem rating INVEST yang mencakup aspek keberlanjutan. Dalam kedua sistem rating tersebut faktor yang dianggap penting sebanyak 17

faktor dalam menilai *green* infrastruktur jalan. untuk mendapatkan sintesa faktor *green* yang berpotensi untuk diadopsi (tabel 3).

Tabel 3. Faktor yang diakomodasi oleh sistem rating Greenroads dan INVEST

<b>Project Requirements</b>	<b>Environment and Water</b>
Life cycle Cost Analysis	Stormwater Cost Analysis
Quality Control Plan	Site Vegetation
Noise Mitigation Plan	Habitat Restoration
Waste Management Plan	Ecological Connectivity
Pavement Management System	-
Educational Outreach	-
<b>Access and Equity</b>	<b>Construction Activities</b>
Pedestrian Access	Environmental Training
Bicycle Access	Equipment Emission Reduction
	Contractor Warranty
<b>Materials and Resources</b>	<b>Pavement Technologies</b>
Earthwork Balance	-
Energy Efficiency	-

### Faktor Green Dalam Construction Activities

Sebagaimana diperlihatkan dalam tabel 1, hal-hal yang terkait dengan *green* dalam proses konstruksi mencakup delapan faktor, namun hanya tiga faktor yang diakomodasi oleh sistem Greenroads dan INVEST, yaitu: *environmental training*, *equipment emission reduction*, dan *contractor warranty*. Delapan faktor tersebut adalah sebagai berikut:

1. **Quality management system**, bertujuan untuk meningkatkan kualitas fisik jalan dengan memilih kontraktor yang memiliki sertifikat dalam hal manajemen mutu sesuai dengan ketentuan yang berlaku, misalnya ISO 9001:2000. Tujuan dalam ISO 9001:2000 adalah untuk menghasilkan/menjamin kesesuaian produk secara konsisten, memenuhi persyaratan dan peraturan yang berlaku, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Selain itu, juga untuk meningkatkan efektivitas, efisiensi dan konsistensi proses kerja melalui tindakan pencegahan terhadap ketidaksesuaian pada semua tahapan proses. Dengan adanya hal ini maka *value* yang telah diciptakan dalam tahap perencanaan dapat dicapai, misalnya konservasi sumberdaya alam yang termasuk dalam aspek sumber dan siklus material.
2. **Environmental training**, bertujuan untuk menyediakan pekerja konstruksi yang berpengetahuan dalam mengidentifikasi isu lingkungan dan mengurangi dampak lingkungan melalui pelatihan yang terkoordinasi. Aktivitas ini terkait dengan aspek manajemen lingkungan bangunan.
3. **Site recycling plan**, bertujuan untuk mengurangi jumlah limbah selama proses konstruksi ke tempat pembuangan dan mempromosikan penatagunaan lingkungan melalui *housekeeping* yang tepat di lokasi proyek. Hal ini masuk dalam manajemen lingkungan bangunan
4. **Fossil fuel reduction**, bertujuan mengurangi pemakaian bahan bakar fosil untuk seluruh peralatan selain kendaraan. Jenis peralatan konstruksi yang digunakan dalam pekerjaan jalan dapat dibedakan menjadi dua kelompok jenis pekerjaan. Pertama, untuk pekerjaan tanah dan yang kedua adalah pekerjaan perkerasan jalan. Agar kelompok kombinasi peralatan untuk pekerjaan tanah maupun pekerjaan perkerasan jalan dapat bekerja secara maksimal maka dibutuhkan perencanaan dan penjadwalan pekerjaan secara cermat. Kesesuaian antara kesiapan lahan dan produktivitas sekelompok peralatan dapat mengurangi terjadinya waktu *idle* bagi peralatan dimana waktu *idle* peralatan berpotensi terjadinya pemborosan dalam pemakaian bahan bakar. Secara umum tujuan dari *fossil fuel reduction* adalah usaha untuk melakukan konservasi energi.
5. **Equipment emission reduction**, bertujuan untuk mengurangi emisi yang ditimbulkan oleh seluruh peralatan selain kendaraan. Emisi adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar yang ditimbulkan oleh peralatan konstruksi. Penyebab besar kecilnya emisi yang ditimbulkan oleh peralatan konstruksi adalah konsumsi energi yang dibutuhkan serta tahun pembuatan peralatan. Semakin baru peralatan konstruksi mempunyai kecenderungan semakin efisien konsumsi energinya dan semakin kecil emisi yang ditimbulkan. Secara umum tujuan dari *Equipment emission reduction* adalah usaha untuk melakukan konservasi energi dan kualitas udara.
6. **Paving emissions reduction**, bertujuan untuk meningkatkan kesehatan pekerja konstruksi dengan mengurangi/tidak menghirup asap yang ditimbulkan oleh pemaparan aspal panas. Setidaknya 90% campuran aspal panas dipaparkan menggunakan mesin penghampar yang telah disertifikasi, hal ini terkait dengan kesehatan bagi pekerja konstruksi termasuk dalam aspek kesehatan dan kenyamanan dalam proyek.

7. **Water use tracking**, bertujuan untuk mendapatkan informasi penggunaan air pada proses konstruksi. Dalam proyek konstruksi penggunaan air dibedakan menjadi dua, yaitu di kantor proyek dan di lokasi pekerjaan. Pelacakan penggunaan air dilakukan dengan cara monitoring dan targeting yang mencakup: kuantifikasi air, pembacaan meteran air, *Key Performance Indikator* (KPI), targeting. Secara umum tujuan dari *water use tracking* adalah untuk melakukan konservasi air.
8. **Contractor warranty**, menyertakan jaminan kualitas oleh kontraktor pada saat pelelangan, hal ini terkait dengan *Quality management system*.

#### 4. DISKUSI

Delapan faktor *green* dalam *construction activities* telah mengakomodasi enam dari tujuh aspek *green construction*, yaitu:

1. **Sumber dan Siklus Material**, untuk menahan eksploitasi laju sumberdaya alam tidak terbaru diperlukan upaya untuk memperpanjang daur hidup material. Maksud dan tujuan dalam aspek ini adalah sebagai berikut: (a) menggunakan material bekas bangunan (hasil dekonstruksi) untuk mengurangi pemakaian material baru sehingga dapat mengurangi limbah di tempat pembuangan akhir serta memperpanjang usia pakai material (b) menggunakan bahan bangunan pabrikasi yang menggunakan proses daur ulang dan proses produksi yang ramah lingkungan, (c) menggunakan material lokal untuk mengurangi energi akibat proses transportasi.
2. **Manajemen Lingkungan Bangunan**, maksud dan tujuan dalam aspek ini adalah untuk mengurangi terjadinya limbah sehingga beban di tempat pembuangan akhir berkurang. Mendorong gerakan pemilahan sampah secara sederhana sehingga mempermudah proses daur ulang.
3. **Konservasi Energi**, maksud dan tujuan dalam aspek ini adalah melakukan pemantauan dan pencatatan pemakaian energi, penghematan konsumsi energi, dan pengendalian penggunaan sumber energi yang memberikan dampak terhadap lingkungan selama proses konstruksi.
4. **Kualitas Udara**, maksud dan tujuan dalam aspek ini adalah untuk mengurangi terjadinya pencemaran udara yang ditimbulkan akibat material dan peralatan yang digunakan selama proses konstruksi.
5. **Kesehatan dan Kenyamanan Dalam Proyek**, maksud dan tujuan dalam aspek ini adalah: (a) mengurangi dampak asap rokok terhadap udara, (b) mengurangi polusi zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan manusia, (c) menjaga kebersihan dan kenyamanan lingkungan proyek.
6. **Konservasi Air**, maksud dan tujuan dalam aspek ini adalah melakukan pemantauan dan pencatatan pemakaian air, penghematan konsumsi air, dan melakukan daur ulang pemakaian air (menggunakan limpasan air hujan) selama proses konstruksi.

#### 5. KESIMPULAN

Aspek *green construction* yang berada dalam sistem rating *greenroads* mencakup enam aspek, yaitu sumber dan siklus material, manajemen lingkungan bangunan, konservasi energi, kualitas udara, kesehatan dan kenyamanan dalam proyek, dan konservasi air. Dengan terformulasinya aspek *green construction* tersebut dapat dikembangkan indikator dan approach untuk mencapai proses konstruksi ramah lingkungan pada tataran praktis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- CEEQUAL, Ltd. (2008). *CEEQUAL Scheme Description and Assessment Process Handbook, Version 4 - Web Download Copy*.
- Christini, G., Fetsko, M., & Hendrickson, C. (2004). "Environmental management system and ISO 14001 Certification for Construction Firms" *Journal of Construction Engineering and Management*., hh 330-336.
- Ervianto, W. I., Soemardi, B. W., Abduh, M. dan Suryamanto, (2011). "Pengembangan Model *Assessment Green Construction* Pada Proses Konstruksi Untuk Proyek Konstruksi di Indonesia" Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Ervianto, W. I., Soemardi, B. W., Abduh, M. dan Suryamanto, (2013). "Identifikasi Indikator *Green Construction* Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung di Indonesia". Seminar Nasional Teknik Sipil IX Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- FHWA. (2012a). INVEST [WWW document]. URL <https://www.sustainablehighways.org/1/home.html>
- Frick, H & Suskiyanto B, (2007). *Dasar-Dasar Arsitektur Ekologis*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Greenroads. (2012). Greenroads [WWW document]. URL <http://www.greenroads.org/1/home.html>
- Hendrickson, C dan Horvath, A (2000). "Resource Use And Environmental Emissions of U.S. Construction Sectors", *Journal Construction Engineering Management*., 126 (1), hh. 38-44.
- Highfield C. L., (2011). "Sustainable Pavement Construction Developing A Methodology For Integrating Environmental Impact Into The Decision Making Process", Virginia.

- IDOT, & IJSG. (2010). "I-Last-Illinois Livable and Sustainable Transportation Rating System and Guide" [WWW document]. URL <http://www.dot.state.il.us/green/documents/I-LASTGuidebook.pdf>
- Khanna, P., P.R. Babu dan M.S. George. (1999), Carrying Capacity As A Basis For Sustainable Development: A Case Study of National Capitol Region In India, Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi Nasional (2007). *Konstruksi Indonesia 2030 Untuk Kenyamanan Lingkungan Terbangun*, Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi Nasional, Jakarta.
- NYSDOT. (2012). New York State Department of Transportation: [WWW document]. URL <https://www.dot.ny.gov/programs/greenlites>
- Oladiran J.A. (2009). "Innovative Waste Management Through The Use Of Waste Management Plans On Construction Projects In Nigeria" *Journal Architectural Engineering and Design Management.*, vol. 5, hh. 165-176
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 Tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.
- Plessis, D., Chrisna, Edit. (2002), *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries'* Pretoria: Capture Press.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2010). Definition of Green Building.[online] (updated 23 Desember 2010). Tersedia di: <http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/about.htm#1>. (Diakses pada 9 November 2010).
- Widjanarko, A (2009). "Bangunan dan Konstruksi Hijau", Seminar Nasional Teknik Sipil V-2009, Surabaya, 11 Pebruari.