

KAJIAN *GREEN CONSTRUCTION* INFRASTRUKTUR JALAN DALAM ASPEK KONSERVASI SUMBERDAYA ALAM (197K)

Wulfram I. Ervianto¹

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

ABSTRAK

Secara global proyek konstruksi mengkonsumsi 50% sumberdaya alam, 40% energi, 16% air dan menghasilkan limbah konstruksi lebih dari 50% dari total limbah yang ada. Secara spesifik belum ada informasi mengenai jenis proyek yang mengkonsumsi sumberdaya alam paling besar dan menghasilkan limbah paling banyak. Pada umumnya, pemanfaatan sumberdaya alam dan banyaknya limbah bergantung pada jenis proyek konstruksi. Terjadinya kecenderungan peningkatan nilai konstruksi dari tahun ke tahun berdampak pada berkurangnya cadangan sumberdaya alam dan bertambahnya jumlah limbah yang dihasilkan jika pengelolaan proyek masih menggunakan cara seperti biasanya. Berdasarkan data tahun 2011 panjang jalan nasional di Indonesia adalah 38.570 km, dengan laju pertumbuhan 2,5% pada tahun 2012 akan berdampak pada ketersediaan sumberdaya alam dan limbah yang dihasilkan. Untuk menjaga ketersediaan sumberdaya alam dan mengurangi jumlah limbah akibat proses konstruksi perlu diimplementasikan konsep *green construction*. Konsep ini berpotensi diterapkan pada setiap jenis proyek, salah satunya adalah infrastruktur jalan. Tujuan dalam kajian ini adalah mendapatkan informasi tentang aktivitas proses konstruksi jalan baru yang ramah lingkungan dalam aspek konservasi sumberdaya alam. Penelitian ini bersifat eksploratif berdasarkan pada dokumen dan data sekunder serta pengamatan pada proyek yang sedang berlangsung yang berlokasi di Yogyakarta. Hasil yang diperoleh adalah: (a) Proses pencampuran panas (*hotmix*) menghasilkan emisi CO₂ relatif besar, oleh sebab itu cara ini perlu digantikan dengan proses pencampuran yang lebih ramah lingkungan, (b) Implementasi metoda *in-place recycling* (daur ulang di tempat) dapat menambah efektifitas kerja serta mendorong penghematan energi dalam aktivitas transportasi serta mampu mereduksi polusi atau emisi gas rumah kaca.

Kata kunci: *green construction*, infrastruktur jalan, konservasi sumberdaya alam

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 penambahan 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. Dengan pertumbuhan panjang jalan yang terus mengalami peningkatan tentu akan berakibat pada berkurangnya ketersediaan sumberdaya alam sebagai pembentuk struktur jalan, meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan oleh proses konstruksi, meningkatnya emisi yang ditimbulkan pada tahap pembangunan maupun operasional, berkurangnya lahan produktif akibat pengalihan lahan akibat pembangunan jalan, dan berbagai dampak lain terkait dengan lingkungan baik secara langsung maupun tidak langsung. Berdasarkan hal-hal tersebut diatas maka perlu dikembangkan proses konstruksi yang mampu mereduksi pemakaian sumberdaya alam dan meminimalisasi terjadinya limbah yang dihasilkan melalui konsep jalan hijau. Manfaat jalan hijau setidaknya mencakup hal-hal sebagai berikut: (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 (Greenroads, 2012).

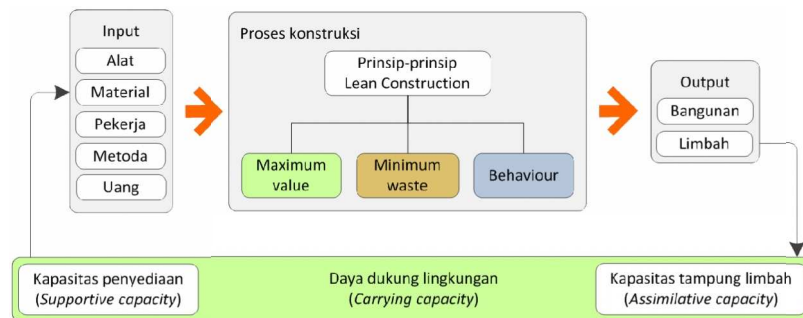
2. TUJUAN PENELITIAN

Pertumbuhan panjang jalan yang terus meningkat akan berdampak pada pemakaian sumberdaya alam sebagai pembentuknya, oleh sebab itu perlu dikembangkan proses konstruksi yang mampu mengkonservasi sumberdaya agar pemanfaatannya dapat dipertanggungjawabkan.

3. KAJIAN PUSTAKA

Secara global, sektor konstruksi mengkonsumsi 50% sumberdaya alam, 40% energi, dan 16% air (Widjanarko, 2009). 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. Kedua hal tersebut diatas terkait erat dengan daya dukung lingkungan yang diukur dari kemampuan lingkungan dan sumberdaya alam dalam mendukung kehidupan manusia serta kemampuan menerima beban pencemaran dan bangunan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Khanna (1999), yang mengelompokkan daya dukung lingkungan hidup menjadi dua komponen, yaitu kapasitas penyediaan (*supportive capacity*) dan kapasitas tampung limbah (*assimilative capacity*).

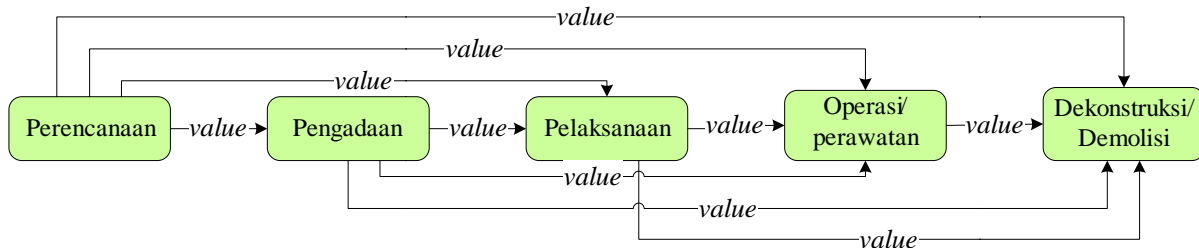
Konsep yang disampaikan oleh Khanna tersebut diatas sejalan dengan konsep *sustainable construction* dalam dokumen Konstruksi Indonesia 2030 yang bertujuan untuk penghematan bahan dan pengurangan limbah/bahan sisa serta kemudahan pemeliharaan bangunan pasca konstruksi (LPJKN, 2007). Du Plessis (2002) 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. 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 (Ervianto, W.I., 2012) sebagaimana diperlihatkan dalam gambar 1.



Sumber: Ervianto, W.I., (2012)

Gambar 1. Konsep *green construction*

Pengembangan konsep *green* sudah seharusnya didasarkan pada daur hidup proyek konstruksi yang dimulai dari perencanaan, pengadaan, pelaksanaan, operasional/perawatan, dan dekonstruksi/demolisi. Seluruh aktivitas di setiap tahap dalam daur hidup proyek harus diciptakan *value* yang berdampak pada pelestarian lingkungan sebagaimana diperlihatkan dalam gambar 2. *Value* yang diciptakan di setiap tahap dalam daur hidup proyek akan saling berinteraksi satu sama lain sehingga terjadi proses akumulasi *value*, dan harus diyakinkan bahwa *value* di setiap tahap dapat mengalir dimulai tahap paling awal sampai dengan tahap paling akhir. Selanjutnya *value* inilah yang disebut sebagai indikator *green construction*, dimana proses untuk mendefinisikan indikator tersebut diperlukan kajian secara komprehensif.



Gambar 2. Transfer *value* dalam daur hidup proyek konstruksi

Sistim Rating Jalan Hijau

Untuk menilai seberapa “hijau” sebuah infrastruktur jalan dibutuhkan instrumen penilai yang sesuai dengan kondisi lokal. Beberapa sistim rating yang telah dipublikasikan adalah:

1. Greenroads versi 1.5 yang dikembangkan oleh University of Washington di Amerika,
2. Leadership In Transportation and Environmental Sustainability (LITES) selanjutnya disebut dengan GreenLITES adalah sistem rating yang dikembangkan oleh New York State Department of Transportation yang dipublikasikan pertama kali pada bulan September 2008 di Amerika,
3. 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,
4. The Civil Engineering Environmental Quality (Ceequal) adalah sistem rating yang dikembangkan di United Kingdom (UK) oleh Institution of Civil Engineers (ICE) dan saat ini dikelola oleh CIRIA and Crane Environmental. Sistem rating ini cukup fleksibel untuk digunakan dalam proyek sipil, mencakup: transportasi, air dan air limbah, dan infrastruktur energi (Ceequal, 2008),
5. Infrastructure Voluntary Evaluation Sustainability Tool (INVEST) adalah sistem rating yang dikembangkan di Australia dan dipublikasikan pada bulan Oktober tahun 2012.

Perbandingan dari berbagai sistem rating tersebut diatas terutama dalam hal akomodasi terhadap berbagai emisi serta aktivitas konstruksi, sistem rating Greenroads hampir semua mengakomodasi. Secara ringkas substansi dari keempat sistem rating tersebut sebagaimana diperlihatkan dalam gambar 3. Berdasarkan hal tersebut diatas maka dalam kajian ini digunakan sistem rating Greenroads versi 1.5.

		Emisi GRK	Emisi bukan GRK	Pollutan non emisi	Penggunaan material	Faktor lingkungan lain	Faktor ekonomi	Faktor sosial
Rating tools	Greenroads	●	-	●	●	●	●	●
	GreenLITES	●	●	●	●	●	-	●
	I-LAST	●	●	●	●	●	-	●
	Ceequal	●	●	●	●	●	-	●

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

Aspek Green Construction Dalam Construction Activities

Dalam sistim rating Greenroads versi 1.5, hal yang terkait *green* dalam *construction activities* mencakup delapan faktor, yaitu: *quality management system, environmental training, site recycling plan, fossil fuel reduction, equipment emission reduction, paving emissions reduction, water use tracking, contractor warranty*. Dari delapan faktor *green* dalam *construction activities* telah mengakomodasi enam dari tujuh aspek *green construction* yang dikembangkan oleh Ervianto, W. I., (2013), yaitu: sumber dan siklus material, manajemen lingkungan bangunan, konservasi energi, kualitas udara, kesehatan dan kenyamanan dalam proyek, konservasi air. Secara rinci tujuan setiap aspek tersebut adalah sebagai berikut:

1. Sumber dan Siklus Material, bertujuan untuk menahan eksploitasi laju sumberdaya alam tidak terbarukan diperlukan upaya untuk memperpanjang daur hidup material. Tujuan dalam aspek ini adalah: (a) menggunakan material bekas bangunan (hasil dekonstruksi) untuk mengurangi pemakaian material baru sehingga 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, bertujuan 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, bertujuan untuk 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, bertujuan untuk mengurangi terjadinya pencemaran udara yang ditimbulkan oleh material dan peralatan yang digunakan selama proses konstruksi.

5. Kesehatan dan Kenyamanan Dalam Proyek, 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, bertujuan untuk melakukan pemantauan dan pencatatan pemakaian air, penghematan konsumsi air, dan melakukan daur ulang pemakaian air (menggunakan limpasan air hujan) selama proses konstruksi.

Dalam aspek *green construction* tersebut diatas yang terkait dengan konservasi sumberdaya alam adalah sumber dan siklus material yang mengatur pemanfaatan sumberdaya alam dan manajemen lingkungan bangunan yang mengatur tentang limbah yang dihasilkan oleh proses konstruksi.

Efisiensi Sumberdaya Alam dan Minimalisasi Limbah

Dari keseluruhan panjang jalan di Indonesia (\pm 486.296 km), 59.1% diantaranya menggunakan jenis perkerasan lentur dengan menggunakan aspal sebagai materialnya. Hal ini berakibat pada besarnya kebutuhan aspal nasional yaitu mencapai 1,2 juta ton per tahun (Kompas, 2009). Sebagaimana struktur perkerasan pada umumnya, perkerasan lentur juga akan mengalami penurunan kinerja akibat pengaruh beban lalu lintas dan lingkungan seiring dengan berjalannya umur rencana perkerasan. Oleh karenanya, struktur perkerasan akan membutuhkan upaya-upaya pemeliharaan untuk menjaga kinerjanya yang dapat dilakukan melalui pekerjaan *overlay* dan *recycling*. Kedua cara tersebut mempunyai karakter yang berbeda sehingga menimbulkan dampak yang berbeda pula. Cara yang pertama adalah melakukan *overlay* yang akan berdampak pada keutuhan *natural resources* dan terhadap utilitas yang terkait dalam struktur jalan akibat elevasi jalan cenderung bertambah. Cara kedua adalah melakukan daur ulang (*recycling*) dimana dalam proses *recycling*, dapat menggunakan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) yang merupakan bahan hasil pemrosesan penggarukan perkerasan jalan yang mengandung aspal dan agregat. Material ini dihasilkan ketika lapisan aspal diangkat untuk rekonstruksi, pengembalian lapis permukaan ataupun pembongkaran perkerasan akibat pemasangan utilitas. Apabila dihancurkan dan disaring secara baik, RAP mengandung agregat berlapis aspal yang berkualitas tinggi (<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structure/97148/rap131.cfm>). *Recycling* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *surface recycling* dan *full depth reclamation* dimana keduanya mampu mengkonservasi sumberdaya alam.

Surface recycling adalah proses daur ulang material lapis aus perkerasan jalan beraspal, baik dengan menggunakan teknik pemanasan maupun tanpa pemanasan. *Hotmix recycling* adalah proses penggunaan kembali material perkerasan lama beraspal, ditambah atau dikombinasikan dengan campuran agregat dan aspal baru dengan atau tanpa bahan aditif dimana selama proses pencampurannya digunakan teknik pemanasan yang dilakukan di lokasi pekerjaan (*hot in place recycling*) dan proses pencampuran dilakukan di mesin pencampur *in plant* (*hot in plant recycling*). *Coldmix Recycling* adalah proses penggunaan kembali material perkerasan lama beraspal, ditambah atau dikombinasikan dengan campuran agregat dan aspal baru, dengan atau tanpa bahan aditif dimana selama proses pencampurannya tidak menggunakan teknik pemanasan yang dilakukan di lokasi pekerjaan (*cold in place recycling*) dan proses pencampuran *in plant* (*cold in plant recycling*).

Full depth reclamation adalah daur ulang terhadap seluruh lapis perkerasan yang terdiri dari lapis permukaan beraspal, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah dengan menggunakan peralatan *large reclaimer/stabilizer/recycler*.

Perkerjaan konstruksi jalan yang menimbulkan emisi CO₂ adalah pengaspalan khususnya dengan metode campuran aspal panas. Penyebabnya adalah dalam metoda tersebut mensyaratkan material yang digunakan dicampur dalam suhu tinggi (>1000°C). Proses pengeringan agregat yang dilakukan di *Asphalt Mixing Plant* (AMP) adalah proses yang paling besar dalam konsumsi energi dan menghasilkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Energi yang digunakan bersumber dari bahan bakar fosil yang merupakan senyawa-senyawa karbon seperti minyak mentah dan batu bara (Wirahadikusumah, R.D., Sahana, P.S., 2012).

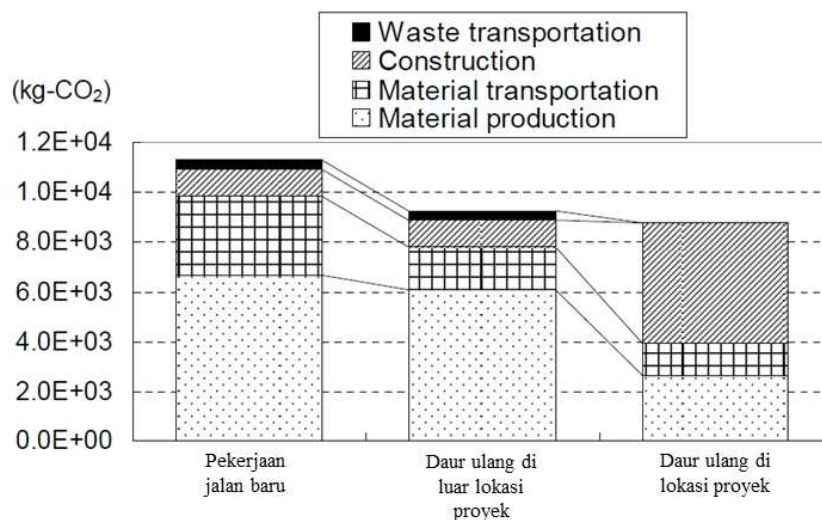
Karakter proses pencampuran dingin (*coldmix*) adalah: (a) mampu mengakomodasi isu penghematan penggunaan bahan bakar; (b) tidak harus menggunakan *fresh aggregate* tetapi dapat memanfaatkan bahan limbah seperti RAP. Hal ini mendorong isu pengurangan eksploitasi sumberdaya alam, mengatasi problem limbah dan menjaga keseimbangan alam; (c) implementasi metoda *in-situ recycling* (daur ulang di tempat) dapat menambah efektifitas kerja sehingga mendorong penghematan energi dan transportasi serta mereduksi dampak polusi atau emisi gas rumah kaca (Sunarjono S., 2006). Kazmierowski, (2009) menyatakan bahwa pada pekerjaan dengan menggunakan campuran dingin untuk jalan dengan dua lajur, emisi (SO₂, NO_x, dan CO₂) yang ditimbulkan 50% lebih rendah jika dibandingkan dengan campuran panas setiap kilometernya.

Kawakami, A. dkk, 2010 menyatakan bahwa dalam proses konstruksi jalan baru, aktivitas penghasil emisi bersumber dari pembakaran bahan bakar fosil. Secara berurutan besarnya emisi yang ditimbulkan bersumber dari produksi material (aspal, agregat, aspal *mixtures*, aspal emulsi), proses transportasi material, proses konstruksi, dan

waste yang ditimbulkan oleh proses transportasi. Sedangkan dalam pemeliharaan jalan yang memanfaatkan daur ulang dapat dibedakan menjadi dua, yaitu proses daur ulang yang dilakukan di lokasi proyek (*in place*) dan proses daur ulang yang dilakukan di mesin pencampur diluar lokasi proyek (*in plant*). Emisi yang ditimbulkan proses daur ulang *in plant* disebabkan oleh kegiatan proses produksi material (aspal, agregat, aspal *mixtures*, aspal emulsi), proses transportasi material, proses konstruksi, dan *waste* yang ditimbulkan oleh proses transportasi. Sedangkan untuk proses daur ulang *in place*, emisi ditimbulkan oleh kegiatan proses konstruksi, proses produksi, transportasi material. Secara umum, emisi terbesar ditimbulkan oleh penggunaan agregat yang bersumber dari *quarry*, penggunaan agregat daur ulang *in plant*, dan penggunaan agregat daur ulang *in place* sebagaimana diperlihatkan dalam gambar 4. Berdasarkan hasil kajian ini maka dapat disimpulkan bahwa untuk pemeliharaan jalan lebih diprioritaskan penggunaan material daur ulang *in place* dengan pertimbangan emisi yang ditimbulkan relatif lebih kecil.

Aspek positif teknik daur ulang *in place* adalah: kekuatan mendekati aslinya, memperbaiki jenis kerusakan yang lebih luas, retak refleksi dapat dicegah. Sedangkan aspek negatifnya adalah: pengendalian mutu sulit dilakukan, homogenitas campuran sulit dicapai, diperlukan peralatan khusus (*cold milling, recycler*). Aspek positif teknik daur ulang *in plant* adalah: kekuatannya dapat mendekati sifat campuran baru, mutu campuran lebih mudah diatur, geometrik campuran lebih mudah disesuaikan. Sedangkan aspek negatifnya adalah: diperlukan pengangkutan hasil garukan ke mesin pencampur, bagian bekas garukan harus diamankan sebelum ditutup kembali. Peralatan yang diperlukan dapat diperoleh dengan memodifikasi alat pencampur aspal (AMP) yang ada saat ini.

Terkait dengan *recycling* material konstruksi yang direpresentasikan oleh tahap dekonstruksi/demolisi dalam daur hidup proyek bertujuan untuk memperpanjang pemanfaatan material setelah habis masa pakainya. Meskipun tidak seluruh material dapat di-*recycling* namun dengan meningkatkan kandungan daur ulang sudah sangat berarti untuk mengurangi jumlah limbah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir. Dalam konteks material berkelanjutan, dapat diartikan bahwa material dapat digunakan berulang kali melalui proses *reuse* dan *recycling* sehingga membentuk siklus tertutup sebagaimana diperlihatkan dalam gambar 5.

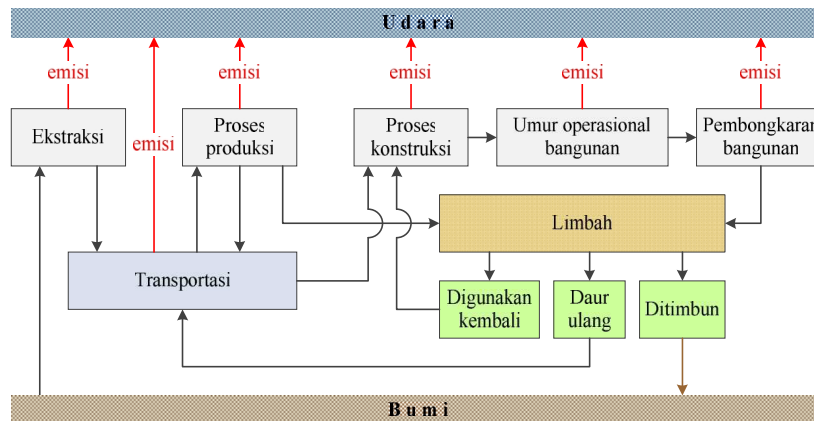


Sumber: Kawakami, A., dkk., (2010)

Gambar 4. Emisi CO₂ dalam kasus berbagai kasus

Dalam lingkup praktis, pada tahun 2007 proses daur ulang telah diimplementasikan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam pemakaian aspal daur ulang di ruas jalan Palimanan-Jatibarang, Kabupaten Indramayu sepanjang 3,5 km (km 27+680 sampai dengan km 31+100). Ketebalan aspal daur ulang yang dilaksanakan dalam ruas jalan tersebut adalah 60 mm dengan lebar jalan 7 m. Dalam pekerjaan ini, biaya yang dibutuhkan dengan penggunaan aspal daur ulang lebih murah, selain itu bahan baku yang dibutuhkan mudah didapat. Sedangkan dari aspek waktu, proses pelaksanaan pekerjaan lebih cepat yaitu 1 km per minggu. Jika diasumsikan waktu kerja 8 jam per hari, maka produktivitas pekerjaan tersebut adalah ± 17 meter/jam (<http://www1.pu.go.id/uploads/berita/ppw021007ind.htm>). Jika proses daur ulang diterapkan untuk jalan di seluruh Indonesia maka akan berdampak positif terhadap pengurangan emisi yang ditakar dalam CO₂ ekuivalen serta mampu mendukung dalam aspek konservasi sumberdaya alam di Indonesia. Tentu hal ini akan berkontribusi menurunkan

emisi gas rumah kaca sebesar 26% yang tertuang dalam kesanggupan pemerintah Indonesia di Konferensi Bali pada tahun 2007.



Gambar 5. Siklus tertutup dalam pemanfaatan sumberdaya alam

4. KESIMPULAN

Beberapa hal penting yang dihasilkan dalam kajian ini adalah: (a) Proses pencampuran panas (*hotmix*) cenderung menghasilkan emisi CO₂ relatif besar, oleh sebab itu proses pencampuran panas dapat digantikan dengan proses pencampuran yang lebih ramah lingkungan, (b) Implementasi metoda *in-situ recycling* (daur ulang di lokasi pekerjaan) dapat menambah efektifitas kerja serta mendorong penghematan energi dalam aktivitas transportasi serta mampu mereduksi polusi atau emisi gas rumah kaca. Selain itu, penggunaan *recycling* mampu berkontribusi dalam konservasi sumberdaya alam sebagaimana yang dimuat dalam berbagai sistem rating untuk jalan hijau.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A., (2006)., *Rekayasa jalan raya*, UMM Press, Malang.
- CEEQUAL, Ltd. (2008). *CEEQUAL scheme description and assessment process handbook, Version 4 - Web Download Copy*.
- Ervianto, W. I., (2012). "Studi kontribusi *green construction* terhadap operasional bangunan". Seminar Nasional Teknik Sipil IX Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ervianto, W. I., (2013). "Kajian *green construction* infrastruktur jalan raya berdasarkan sistem rating greenroads dan invest". Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-7 Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta.
- 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.
- 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>
- Highfield C. L., (2011). "Sustainable pavement construction developing a methodology for integrating environmental impact into the decision making process", Virginia. <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structure/97148/rap131.cfm>
- <http://www1.pu.go.id/uploads/berita/ppw021007ind.htm>
- 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>
- Kawakami, A., Nitta, H., Kanou, T., Kubo, K., (2010). *Study on CO₂ emission of pavement recycling methods*.
- Kazmierowski, T., (2009). "In place pavement recycling-the playback of green". Thirteenth Annual Minnesota Pavement Conference, Ontario: Ministry of Transportation.
- 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", India.
- Kompas, 2009, *Pertamina Hentikan Produksi Aspal Agustus*, Koran Kompas edisi Jumat, 20 Februari.

- 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>
- Plessis, D., Chrisna, Edit. (2002), "Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries" Pretoria: Capture Press.
- Sunarjono, S., 2006, Evaluasi engineering bahan perkerasan jalan menggunakan RAP dan foamed bitumen, jurnal Eco REKAYASA, Vol. 2, No. 2, September 2006.
- Widjanarko, A., (2009). "Bangunan dan Konstruksi Hijau", Seminar Nasional Teknik Sipil V-2009, Surabaya, 11 Pebruari.
- Wirahadikusumah, R. D., Sahana, H. P. (2012). "Estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca pada pekerjaan pengaspalan jalan". Jurnal Teknik Sipil-Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil Intitut Teknologi Bandung, Vol. 19 No. 1.