

## Karakteristik dan Komposisi Limbah (*Construction Waste*) pada Pembangunan Proyek Konstruksi

Ferry Firmawan  
Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Islam Sultan Agung (Unissula) Semarang

### Abstrak

Industri konstruksi menjadi sektor yang signifikan untuk meningkatkan pertumbuhan perekonomian. Aktifitas perekonomian di hampir semua negara berkaitan erat dengan industri konstruksi. Di sisi lain, industri konstruksi menjadi salah satu kontributor utama dari dampak negatif terhadap lingkungan, karena tingginya jumlah limbah yang dihasilkan dari konstruksi, baik karena pekerjaan renovasi, pembongkaran ataupun kegiatan yang berhubungan dengan konstruksi (HH Lau & A.Whyte 2007). Yahya, K. & Boussabaine, AH (2004) menyatakan bahwa limbah yang dihasilkan dari pembangunan dan pembongkaran memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan. Mereka juga menyatakan, industri konstruksi adalah salah satu pencemar lingkungan terbesar. Maka upaya melakukan pengukuran dan menganalisis dampak lingkungan dari limbah yang dihasilkan dari kegiatan lokasi konstruksi menjadi sangat urgen. Telah banyak peneliti menyelidiki tentang limbah konstruksi sebelumnya. Makalah ini akan menjelaskan tentang *trend* limbah konstruksi yang dihasilkan oleh aktifitas industri berikut dengan karakteristik dan komposisi dari masa ke masa dari berbagai belahan dunia.

Kata kunci : *construction waste, limbah konstruksi, trend, lokasi proyek konstruksi*

### Pendahuluan

Berdasarkan penelitian sebelumnya, lokasi pembangunan menghasilkan banyak limbah konstruksi yang dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Di berbagai belahan dunia yang tengah melakukan banyak pembangunan konstruksi mempunyai permasalahan yang berkaitan dengan limbah konstruksi. Misalnya di USA, pembangunan dan pembongkaran gedung konstruksi menghasilkan limbah yaitu sekitar sepertiga dari volume bahan di tempat pembuangan sampah (*landfill*) (Chun-Li et al, 1994;. Kibert, 2000). Studi lain menyatakan bahwa limbah konstruksi merupakan sekitar 29% dari aliran limbah padat di Amerika Serikat (Rogoff dan Williams, 1994). Di Kanada, 35% dari *landfill* diambil dengan limbah konstruksi, dan lebih dari 50% sampah di *landfill* Inggris bisa menjadi limbah konstruksi (Ferguson et al.,

1995). Demikian pula, studi dari *landfill* di Australia telah mengungkapkan bahwa kegiatan konstruksi yang dihasilkan sekitar 20-30% dari semua limbah yang ditampung (Craven et al., 1994). Menurut Pinto dan Agopayan (1994), studi eksperimental menunjukkan bahwa tingkat limbah di industri konstruksi Brasil mencapai 20-30 % dari berat total material di lokasi proyek. Stokoe dkk., (1999) juga telah melaporkan bahwa di Hong Kong pembangunan dan pembongkaran limbah memperoleh sekitar 65% dari *landfill* puncaknya pada Tahun 1994-1995. Fakta yang ada dari berbagai negara bahwa kuantitas limbah konstruksi cukup besar seiring dengan pembangunan konstruksi. Hampir semua penelitian yang dilakukan mengenai limbah di dunia hanya dari persentase total limbah yang dihasilkan oleh limbah konstruksi.

Limbah konstruksi terdiri dari bahan yang mengandung kontaminasi kadar tinggi, yang sangat sulit untuk mendaur ulang (Brooks et al., 1994). Contoh dari kontaminasi adalah dari asbes berbasis material, seperti *insulations*, sebagaimana dinyatakan dalam EEC Directive 91/689 (1991) (Fatta dkk., 2003). Limbah konstruksi dapat berisi jumlah yang relatif besar limbah kimia, yaitu bahan yang memiliki karakteristik racun atau mudah terbakar seperti yang diklasifikasikan dalam directive EEC 91/689 (1991) (Fatta dkk., 2003). Banyak peneliti telah mempelajari tentang limbah konstruksi dan hampir penelitian yang dilakukan mengenai limbah konstruksi merupakan persentase dari total limbah padat (*solid waste*) yang dihasilkan.

### **Limbah Konstruksi**

Beberapa studi memiliki definisi berbeda tentang limbah konstruksi tergantung pada jenis konstruksi dan praktek di mana sampling dilakukan. Menurut Khairulzan Yahya, & A. Halim Boussabaine (2004), limbah material konstruksi mengacu pada bahan-bahan dari lokasi konstruksi yang tidak dapat digunakan untuk tujuan konstruksi dan harus dibuang karena alasan apapun. Limbah konstruksi didefinisikan sebagai sesuatu bahan yang tidak digunakan dan merupakan hasil dari proses konstruksi yang berjumlah besar sehingga menimbulkan dampak negatif pada lingkungan sekitar. Bahan tersebut bisa berupa batu, beton, batu bara, atap, instalasi listrik dan lain sebagainya. Limbah material konstruksi dihasilkan dalam setiap proyek konstruksi, baik itu proyek pembangunan maupun proyek pembongkaran (*construction and demolition*). Seperti yang disampaikan pula oleh Firmawan (2006) bahwa indikator yang paling berpengaruh terhadap penyebab terjadinya penyimpangan biaya material adalah proses pembelian, selain pengangkutan, penyimpanan ataupun dalam proses penggunaan material.

Oyeshola Femi Kofoworola dan Shabbir H. Gheewala (2008) menyatakan bahwa limbah pembangunan dan pembongkaran adalah limbah yang dihasilkan selama proses konstruksi, renovasi dan pembongkaran bangunan. Limbah konstruksi umumnya mengacu pada limbah yang dihasilkan dari konstruksi, renovasi, pembongkaran, pengembangan *real estate*, pembangunan infrastruktur, pengerjaan tanah dan pembersihan lahan (US EPA 1998, Tang, Soon & Larsen 2003). Fatta et al, (2003) menyatakan bahwa limbah konstruksi dihasilkan dari berbagai kegiatan seperti membersihkan lokasi proyek dan pembangunan infrastruktur.

HH Lau & A. Whyte 2007 mengatakan bahwa industri konstruksi telah dianggap sebagai salah satu kontributor utama dari dampak negatif terhadap lingkungan, karena tingginya jumlah limbah yang dihasilkan dari konstruksi, renovasi, pembongkaran dan kegiatan yang terkait dengan konstruksi. Gavilan dan Bernold (1994) dan Craven et al. (1994) menjelaskan bahwa penyebab utama adanya limbah, antara lain; kesalahan dalam dokumen kontrak, perubahan desain, kesalahan pemesanan, kecelakaan, kurangnya mengontrol lokasi proyek, kurangnya manajemen limbah, kerusakan selama pengangkutan dan pemotongan bahan. Koskela (1992), Alarcon (1993), Serpell dkk. (1995) dan Ishiwata (1997) mendefinisikan limbah konstruksi dihubungkan dengan penundaan waktu, biaya kualitas, kurangnya keamanan, pengerjaan ulang, perjalanan transportasi yang tidak perlu, jarak jauh, pilihan manajemen yang tidak tepat, metode atau peralatan dan konstruksi gedung.

Menurut EPD, 1992; Poon, *dkk* (2011) bahwa Sumber utama adanya limbah konstruksi adalah material, penggalian, limbah pembongkaran, pembersihan lokasi proyek dan limbah renovasi. Sedangkan menurut Bossink and browers (1996) limbah konstruksi tersebut timbul karena adanya perbedaan antara ukuran bahan yang dibeli dengan ukuran bahan yang dibutuhkan, ketidakcakapan kontraktor dan pengetahuan yang kurang dalam pelaksanaan pekerjaan sehingga mempengaruhi metode kerja yang digunakan.

Sumber limbah konstruksi bisa dalam bentuk padat, cair, gas, atau kombinasi dari semua bentuk tersebut. Komponen dari limbah konstruksi yang dihasilkan dari lokasi konstruksi termasuk kayu, beton, logam, batu bata, atap dan lain-lain (US EPA 1998, Tang & Larsen 2004). HH Lau & A. Whyte (2007) menyatakan bahwa limbah konstruksi terdiri dari: beton, kayu, logam, bata, dinding, atap, bahan kemasan, plastik, kardus, kertas, dan lainnya. Sedangkan Wang, JY et al, (2008.) mengatakan bahwa kegiatan konstruksi yang menghasilkan berbagai

jenis limbah konstruksi, termasuk tanah, lumpur (kelebihan bahan dan meninggalkan bahan), baja dan kayu.

Dilihat dari komposisinya, *European Catalogue of Waste* (Directive 75/442/CEE dan 94/904/CE) mengklasifikasikan pembangunan dan pembongkaran limbah menjadi delapan kelompok:

1. Campuran beton, batu bata, ubin dan keramik,
2. Kayu, kaca dan plastik,
3. Campuran beraspal, tar makadam dan produk tar lainnya,
4. Logam (termasuk paduan logam),
5. Tanah (termasuk yang digali dari daerah yang terkontaminasi), batu dan penggalian tanah,
6. Bahan *insulation* dan bahan konstruksi yang mengandung asbestos,
7. Gypsum berbasis material,
8. Campuran bahan pembangunan dan pembongkaran. Limbah pembangunan dan pembongkaran biasanya meliputi limbah organik, seperti sisa makanan dan bungkus yang dibuang di lokasi tersebut oleh pekerja konstruksi

Sedangkan Berdasarkan Nabil Kartam dkk (2004), material dari limbah konstruksi dapat dibagi menjadi beberapa kelompok seperti yang dijelaskan di bawah ini;

1. Material galian baik yang terkontaminasi atau tidak terkontaminasi
2. Puing-puing konstruksi jalan
3. Limbah konstruksi bangunan, yang mencakup semua bahan dari konstruksi bangunan, renovasi atau pembongkaran (termasuk beton, kayu, plastik, kertas, logam dll).
4. Produksi bahan bangunan, misalnya, semen, beton jadi, baja, kayu, jendela, pintu dll

### **Dampak Limbah Konstruksi**

Limbah konstruksi mungkin dianggap bahan tidak berbahaya dan tidak menyebabkan banyak masalah, namun faktanya, hal tersebut mempunyai dampak yang signifikan terhadap lingkungan yang disebabkan oleh proses pembangunan dan pembongkaran sebuah konstruksi.

Berdasarkan Townsen dan Kibert (1998), limbah pembangunan dan pembongkaran umumnya terdiri dari material *inert* yang tidak dapat menyaring secara alami ke dalam air tanah. Berbagai regulasi telah dihasilkan dalam hal pembuangan dan pemantauan dampak lingkungan

termasuk didalamnya pencemaran air tanah. Dampak terhadap kualitas air tanah secara umum dapat diklasifikasikan dalam dua jenis. Jenis pertama adalah dari kontaminasi dengan bahan kimia berbahaya, terutama senyawa organik atau logam berat. Zat kimia ini diyakini merupakan hasil dari sejumlah bahan kimia berbahaya baik diterapkan pada bahan bangunan, atau pembuangan bahan kimia dalam aliran limbah pembangunan dan pembongkaran. Jenis kedua adalah hasil kontaminasi dari jumlah yang lebih besar dari bahan kimia yang tidak beracun yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas air tanah. Zat kimia tersebut seperti klorida, natrium, sulfat dan amoniak yang dihasilkan dari penyaringan bahan utama limbah pembangunan dan pembangunan.

### **Penelitian tentang *Trend* Meningkatnya Limbah Konstruksi**

Untuk negara-negara berkembang, industri konstruksi merupakan salah satu sektor penting untuk mengembangkan perekonomian suatu negara. Akan tetapi hal tersebut tidak lepas dari permasalahan yang timbul akibat kegiatan tersebut. Oleh karena itu, menjadi sangat penting untuk membuat lingkungan proyek konstruksi yang ramah (*friendly*). Begum dkk (2006) Bossink dan Brouwers (1996), Tang dan Larsen (2004) menjelaskan bahwa untuk membuat sebuah sistem pengelolaan sampah yang tepat untuk industri konstruksi, data mengenai struktur limbah konstruksi harus tersedia. Karena langkah pertama untuk mencapai upaya meminimalisir dan pengendalian limbah konstruksi adalah menemukan sumber data dari limbah konstruksi yang dihasilkan. Mengingat isu meminimalisir limbah konstruksi telah menjadi isu penting bagi masyarakat dan seyogyanya sistem manajemen limbah konstruksi harus dikembangkan dalam semua proyek konstruksi untuk mengatur dan mengurangi limbah konstruksi yang berpengaruh negatif terhadap lingkungan terutama di lokasi konstruksi (KK Lau & A. Whyte 2007). Identifikasi limbah konstruksi dalam proyek konstruksi, khususnya di negara berkembang sangat dibutuhkan. Kebutuhan untuk memperoleh *trend* limbah konstruksi sebagai platform untuk mengembangkan sistem dan manajemen limbah menjadi sangat penting.

### **Pengukuran Limbah Konstruksi**

Mengukur tingkat limbah konstruksi berdasarkan karakterisasi limbah, setidaknya ada dua metode yang dapat digunakan: pertama, metode klasik analisis limbah langsung dan kedua *Economic Input / Output* (EIO) analisis (N.J.G.J Bandara, dkk 2007.) . Purdy dan Sabugal

(1999) mengumpulkan sampel limbah dari truk yang dipilih secara acak. Raja dan Murphy (1996) survei teori sampling untuk estimasi jumlah limbah padat yang dihasilkan oleh unit hunian rata-rata di kota. Gay dkk, (1993) memperkirakan komposisi dan hasil limbah berdasarkan mengkonversi data ekonomi penjualan untuk wilayah ke dalam perkiraan timbulan sampah. Hockett dkk. (1995) melakukan penelitian untuk mengidentifikasi dan mengukur variabel-variabel yang mempengaruhi manajemen limbah padat perkapita di selatan-timur Amerika Serikat menggunakan informasi dari utara Carolina sebagai sebuah *data set*.

O.F. Kofoworola dan S.H. Gheewala (2009), menyatakan bahwa industri konstruksi Thailand menghasilkan rata-rata 1,1 juta ton limbah konstruksi per tahun. Atas dasar penduduk Thailand dari 2002-2005 (ASEAN, 2005) dan menggunakan kegiatan konstruksi *time-series data* untuk periode yang sama (National Statistics Organization of Thailand, 2007), diamati bahwa kecenderungan limbah konstruksi yang dihasilkan di Thailand digunakan variabel seperti: jumlah izin konstruksi, luas bangunan, populasi, dan limbah konstruksi yang dihasilkan untuk hasil limbah konstruksi dalam kilogram per orang.

Limbah Konstruksi itu menunjukkan kecenderungan meningkat sejalan dengan perkembangan ekonomi, urbanisasi dan pertumbuhan penduduk yang cepat terbukti dengan statistik pemerintah dan diamati dalam studi lain (National Economic and Social Development Board of Thailand, 2006; Organization for Economic Cooperation and Development, 1998; Visvanathan dkk., 2004). Korelasi antara pertumbuhan ekonomi dan limbah konstruksi juga telah diamati di banyak negara (Christiansen dan Fischer, 1999).

Unit pengukuran limbah konstruksi tidak hanya kilogram per orang tetapi juga juta ton per tahun. Aliran limbah pembangunan dan pembongkaran merupakan aliran limbah terbesar ketiga dalam hal kuantitatif di EU, setelah limbah pertambangan dan pertanian. Jumlah limbah pembangunan dan pembongkaran yang dihasilkan diperkirakan sekitar 180 juta ton per tahun, menurut angka-angka yang diberikan oleh EU Environment General Directorate (EC DG ENV 2007).

*Trend* limbah konstruksi juga dinyatakan dengan nilai mata uang dan nilai keekonomian, semisal kegiatan konstruksi yang dihitung di Negara China, yakni sekitar 40% dari sumber daya alam dan digunakan sekitar 40% energi (Wu, 2003), tapi terbuang sekitar \$ 30 miliar yuan (1US \$ = \$ 8,0273 yuan) dari produksi limbah padat dan dengan tidak daur ulang (China Government, 2004).

## Manajemen Pengolahan Limbah

Limbah konstruksi akan menimbulkan banyak dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu perlu adanya manajemen pengolahan limbah untuk mengurangi dampak tersebut. Setidaknya ada tiga hal yang diperhatikan dalam manajemen pengolahan limbah, antara lain:

### 1. Design (desain bangunan)

Desain bangunan sangat berkaitan dengan proses konstruksi. Untuk mencapai pembangunan yang ramah lingkungan juga harus menggunakan desain yang ramah lingkungan pula. GBI Malaysia (2010) mengembangkan *green rating tool* untuk membantu menilai sebuah konstruksi dalam bentuk index. Alat tersebut dinamakan Green Building Index Residential New Construction (GBI-RNC). Alat ini dapat menjadi salah satu pertimbangan dalam menciptakan bangunan yang berkelanjutan dan meningkatkan kesadaran berbagai pihak yang terkait tentang isu-isu lingkungan. Ada 6 kriteria penting yang terbagi dalam sub-bagian dalam memperoleh kredit poin sesuai yang diperlukan. Kriteria tersebut adalah sebagai berikut:

#### 1. Efisiensi Energi

Tujuan untuk menetapkan efisiensi energi minimum adalah untuk mengurangi konsumsi energi pada bangunan. Sehingga mengurangi emisi CO<sub>2</sub> ke atmosfer.

#### 2. Kualitas didalam ruangan

Kualitas didalam ruangan antara lain meliputi kinerja minimum kualitas udara, penerangan, maupun kualitas bangunan yang baik.

#### 3. Manajemen dan perencanaan lokasi proyek yang berkelanjutan

Mulai dari memilih lokasi, akses transportasi umum, pelayanan umum, ruang terbuka *landscaping* dan efek panas, sistem bangunan dan manajemen lokasi serta manajemen *stromwater*.

#### 4. Material dan sumber daya alam

Meliputi penyimpanan & pengumpulan daur ulang, manajemen limbah konstruksi, material daur ulang, material regional dan penggunaan kayu berkelanjutan.

#### 5. Efisiensi Air

Meliputi pemanfaatan air hujan, air daur ulang, efisiensi air *landscaping* dan efisiensi air *fittings*.

#### 6. Inovasi

Meliputi inovasi didalam desain bangunan dan inovasi desain lingkungan serta fasilitator *green building* yang terakreditasi.

## 2. Build (pelaksanaan konstruksi)

Untuk mencapai bangunan yang ramah lingkungan pada tahap pembangunan juga harus menjadi pertimbangan. Karena dalam kegiatan ini banyak menimbulkan limbah baik yang disebabkan oleh pembangunan, renovasi maupun pembongkaran. Berbagai literatur di seluruh dunia mengevaluasi berbagai dampak yang ditimbulkan oleh proses konstruksi. Ada beberapa alat evaluasi kinerja lingkungan yang populer antara lain adalah *Building Waste Assessment Score* (BWAS), *Waste Management Performance Evaluation Tool* (WMPET), *Environmental Performance Score* (EPS), *Environmental Performance Assessment* (EPA) (Shen et al, 2005;. Tam dan Le, 2007; Ekanayake dan Ofori 2004, Gangolells et al, 2009.).

Berbagai piranti pengukur indikator dikembangkan tidak lain adalah untuk meminimasi dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan konsep *green construction* yang merupakan konsep membangun dengan mempertimbangkan dampak-dampak lingkungan yang timbul mulai dari pemilihan perencanaan sampai pengolahan konstruksi bangunan tersebut. Dalam pembangunan proyek konstruksi tentu perlu adanya standar *green rating tool* juga untuk mengurangi dan meminimalisasi dampak lingkungan bagi manusia. Salah satunya dengan menggunakan Green Construction Index (GCI) yang akan memandu dan memberikan informasi yang sederhana dalam proses konstruksi untuk menuju *green construction*.

## 3. Worker's Attitude (perilaku pekerja proyek)

Salah satu faktor penting yang dapat menimbulkan dampak negatif berupa limbah konstruksi adalah perilaku pekerja proyek yang tidak ramah lingkungan. Hal ini menjadi penting untuk diperhatikan dalam proses pembangunan perumahan dan kawasan pemukiman yang ramah lingkungan, agar tidak hanya patuh pada desain dan pelaksanaan konstruksi yang ramah lingkungan, namun juga pada perilaku dan sistematika kerja para pelaksana proyek. Berbagai perilaku pekerja proyek yang berkaitan dengan upaya meminimalisir construction waste (limbah konstruksi) – menuju konsep *green site*, diantaranya yaitu ruang tim kerja proyek yang menerapkan konsep *green* dengan mengutamakan penghematan pemakaian lampu dan AC, kebutuhan makan bagi para karyawan di proyek, sudah tidak lagi memakai box yang cenderung menimbulkan sampah namun diterapkan sistem katering untuk prasmanan. Demikian juga untuk air minum, sudah mulai memakai gelas bukan lagi botol-botol yang berdampak pada barang



terbuang yang cenderung menjadi sampah dan mengganti tissue dengan kain pembersih. Untuk para perokok juga disediakan shelter khusus bagi mereka yang ingin merokok. Dan para pihak terkait menerapkan pola kerja sesuai tuntutan *green* yaitu tetap peduli memonitor tingkat kebisingan dan polutan yang mungkin ditimbulkan proyek. Demikian halnya untuk alat-alat berat yang masuk ke proyek kemudian menjadi kotor maka wajib dibersihkan lebih dahulu sebelum keluar proyek dengan memanfaatkan kolam genangan air hujan yang sudah disediakan.

## **Kesimpulan**

Industri konstruksi memberikan keuntungan bagi kebutuhan manusia, aktifitas ekonomi dan kemajuan sosial. Disisi lain, Industri konstruksi juga menghasilkan dampak keparahan terhadap lingkungan (Bossink dan Brouwers, 1996). Adanya kecenderungan peningkatan nilai konstruksi maka berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan yang berakibat pada penurunan kualitas lingkungan. Salah satu dampak negatif yang disebabkan oleh limbah konstruksi yaitu pencemaran air tanah yang banyak disebabkan oleh proses pembangunan, renovasi dan pembongkaran. Terjadinya pencemaran tersebut akibat terkontaminasinya air dengan zat-zat kimia baik yang beracun maupun tidak sehingga dapat menurunkan kualitas air.

Beberapa waktu ini masalah yang terkait dengan permasalahan limbah konstruksi telah menjadi topik diskusi yang menarik dalam mengatasi dampak negatif terhadap lingkungan agar limbah yang dihasilkan seminimal mungkin. Ini menjadi sangat penting untuk menciptakan lingkungan yang *friendly*. Oleh karena itu, seyogyanya manajemen pengolahan limbah harus dikembangkan (KK Lau & A.Whyte 2007). Dalam manajemen pengolahan limbah tidak lepas dari bagaimana mengukur limbah tersebut. Setidaknya ada dua metode yang bisa dilakukan yaitu menggunakan metode klasik analisis limbah langsung dan kedua *Economic Input / Output* (EIO) analisis (N.J.G.J Bandara, dkk 2007).

Dengan menerapkan tiga faktor tersebut dalam penerapan kebijakan pembangunan konstruksi yang ramah lingkungan (*green building policy*) yaitu dengan memperhatikan tiga prinsip: *Design, Build, Worker's Attitude*, maka diharapkan upaya meminimalisir limbah konstruksi dapat terwujud. Untuk mendukung penggunaan dan perilaku berbagai pihak yang berkaitan juga harus mempunyai pengetahuan yang cukup tentang bangunan yang ramah

lingkungan. Hal itu dapat dilakukan oleh pihak perusahaan dan kontraktor melalui program-program selama proses proyek konstruksi berlangsung.

## References

- Alarcon, L.F. (1993), "Modelling waste and performance in construction", in Alarcon, L. (Ed.) *Lean Construction*, A.A. Balkema, Rotterdam..
- Begum, RA, Siwar, C, Pereira, JJ & Jaafar, AH (2006), "A benefit cost analysis on the economic feasibility of construction waste minimization: The case of Malaysia", media release, Institute for Environment and Development (LESTARI), Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia, 23 May.
- Bossink, B.A.G. and Brouwers, H.J.H. (1996), "Construction waste: quantification and source evaluation", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 122 No. 1, pp. 55-60.
- Chiemchaisri, C., Juangga, J. P., Visvanathan, C. (2006), "Municipal Solid Waste Management in Thailand and disposal emission inventory", *Environmental Monitoring and Assesment*. DOI: 10.1007/s10661-007-9707-1.
- Craven, D.J., Okraglik, H.M. and Eilenberg, M. (1994), "Construction waste and a new design methodology", *Sustainable Construction: Proceedings of the 1st Conference of CIB TG16*, Tampa, FL, November 6-9, pp. 89-98
- Chun-Li, P., Grosskopf, K.R., Kibert, C.J., (1994), "Construction Waste Management and Recycling Strategies in the United States in Proceedings of the First Conference of CIB TG 16 on Sustainable Construction". In: Kibert, C.J. (Ed.), *Proceedings of the First Conference of CIB TG 16 on Sustainable Construction*. Tampa, FL, pp. 689–696.
- Fatta, D., Papadopoulos, A., Avramikos, E., Sgourou, E., Moustakas, K., Kaurmaussis, F., Mentzis, A. and Loizidou, M. (2003), "Generation and management of construction and demolition waste in Greece – an existing challenge", *Journal of Resource, Conservation and Recycling*, Vol. 40, pp. 81-91.
- Ferguson, J., Kermode, N., Nash, C.L., Sketch, W.A.J., Huxford, R.P., (1995) "Managing and Minimizing Construction Waste: A Practical Guide". Institute of Civil Engineers, London.
- Firmawan, F. (2006). Analisis Berbagai Variabel Penyebab Terjadinya Penyimpangan Biaya Material Terhadap *Indicator Material Cost Overrun* Paling Berpengaruh. *Jurnal Pondasi Vol. 12 No. 2 Desember 2006*, hal.112-126.
- Gangoellis, M., Casals, A., Gasso, S., Forcada, N., Roca, X., Fuertes, A. (2009). A Methodology For Predicting The Severity Of Environmental Impacts Related To The Construction Process Of Residential Buildings. *Building and Environment 44 (2009) 558– 571*
- Gavilan, R.M. and Bernold, L.E. (1994), "Source of evaluation of solid waste in building construction", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 120 No. 3, pp. 536-52.
- H.H. Lau and A.Whyte (2007), "A Construction Waste Study for Residential Projects in Miri, Sarawak", *Proceeding of the Conference on Sustainable Building South East Asia*, 5-7 November 2007, Malaysia
- Ishiwata, J. (1997), "IE for the Shop Floor: Productivity through Process Analysis", Productivity Press, Cambridge, MA.
- Jang, Y. and Townsend, T. (2001), "Sulfate leaching from recovered construction and demolition debris", *Advances in Environment Research*, Vol. 5, pp. 203-17.

- Kibert, C.J., (2000) "Deconstruction as an essential component of sustainable construction". In: Proceedings of the Second Southern African Conference on Sustainable Development in the Built Environment, Pretoria, pp.1–5. Available from: <http://www.sustainablesettlement.co.za/event/SSBE/Proceedings/kibert.pdf>.
- Koskela, L. (1992), "Application of the new production philosophy to construction", Technical Report No. 72, CIFE, Stanford University, Stanford, CA.
- Oyeshola Femi Kofoworola, Shabbir H. Gheewala (2008), "Estimation of construction waste generation and management in Thailand", *Journal of Waste Management* Vol. 29, pp.731–738
- Pinto, T.P. and Agopayan, V. (1994), "Construction waste as raw materials for low-cost construction products", Proceedings of the 1st Conference of CIB TG16, Tampa, FL, November 6-9, pp. 335-42.
- Rakos, C., (2004) "Process heat from pellets. Austrian Energy Agency". Available from: <http://www.sei.ie/uploadedfiles/Energyandbusiness/CRakosPellets.pdf> (accessed, August 2007).
- Rogoff, M.J., Williams, J.F., (1994) "Approaches to Implementing Solid Waste Recycling Facilities". Noyes Publications, Park Ridge, NJ.
- Serpell, A., Venturi, A. and Contreras, J. (1995), "Characterization of waste in building construction projects", in Alarcon, L. (Ed.), *Lean Construction*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Stokoe, M.J., Kwong, P.Y., Lau, M.M., (1999) "Waste reduction: a tool for sustainable waste management for Hong Kong". In: Barrage, A., Edelman, Y., (Eds.), *Proceedings of R'99 World Congress*, vol. 5. Geneva, Switzerland, pp. 165–170.
- Tang, HH, Soon, HY & Larsen, IB (2003), "Solid Waste Management in Kuching, Sarawak", DANIDA / Sarawak Government UEMS Project, Natural Resources and Environmental Board (NREB), Sarawak & Danish International Development Agency (DANIDA).
- Tang, HH & Larsen, IB (2004), "Managing Construction Waste – A Sarawak Experience", DANIDA / Sarawak Government UEMS Project, Natural Resources and Environmental Board (NREB), Sarawak & Danish International Development Agency (DANIDA).
- United States Environmental Protection Agency (US EPA) (1998), "Characterization of building-related construction and demolition debris in the United States", report no. EPA530-R-98-010, U.S. Environmental Protection Agency Municipal and Industrial Solid Waste Division Office of Solid Waste.
- Yahya, K. and Boussabaine, A.H. (2004), "Eco-costs of sustainable construction waste management", Proceedings of the 4th International Postgraduate Research Conference, Salford, pp. 142-50.
- Nabil Kartam et al (2004) Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait, Department of Civil Engineering Kuwait.
- Shen, L.Y., Lu, W.S., Yao, H., Wu, D.H (2005). A computer-based scoring method for measuring the environmental performance of construction activities. *Automation in Construction* 14 (2005) 297– 309
- Tam, V.W.Y. and Le, K.N. (2007). Assessing Environmental Performance in the Construction Industry. *Surveying and Built Environment Vol 18 (2)*, 59-72.
- Townsend and Kibert (1998) *The Management and Environmental Impacts of Construction and Demolition Waste in Florida*. University Florida.
- [www.greenbuildingindex.org](http://www.greenbuildingindex.org) | [info@greenbuildingindex.org](mailto:info@greenbuildingindex.org)