

PENGELOLAAN BANGUNAN HABIS PAKAI DALAM ASPEK *SUSTAINABILITY*

Wulfram I. Ervianto¹, Biemo W. Soemardi², Muhamad Abduh³, dan Suryamanto⁴

¹*Kandidat Doktor Teknik Sipil, KK Manajemen dan Rekayasa Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, email: wulframervianto@yahoo.com*

²*Staf Pengajar KK Manajemen dan Rekayasa Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, email: b_soemardi@si.itb.ac.id*

³*Staf Pengajar KK Manajemen dan Rekayasa Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, email: abduh@si.itb.ac.id*

⁴*Staf Pengajar Program Studi Arsitektur, Sekolah Arsitektur, Institut Teknologi Bandung, email: titus@ar.itb.ac.id*

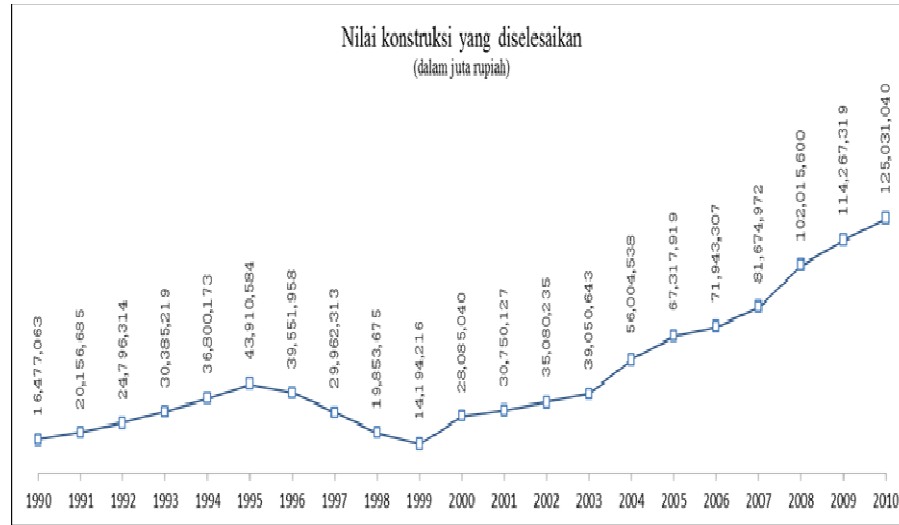
ABSTRAK

Meningkatnya nilai konstruksi yang diselesaikan dapat diartikan bahwa semakin tinggi aktivitas pembangunan proyek konstruksi di Indonesia. Lebih jauh lagi dapat diinterpretasikan bahwa semakin tinggi pemanfaatan sumberdaya alam maka akan semakin besar beban lingkungan yang diakibatkan oleh limbah konstruksi. Berdasarkan Keputusan Gubernur Nomor 1227 Tahun 1989, luas wilayah Provinsi DKI Jakarta adalah 7.659,02 km², terdiri dari daratan seluas 661,52 km², termasuk 110 pulau di Kepulauan Seribu, dan lautan seluas 6.997,50 km². Menurut catatan *Collier International Research*, luas bangunan kantor baru di Jakarta adalah 551.670 m², luas total eksisting bangunan kantor adalah 5.948.590 m² sehingga luas total bangunan kantor adalah 6.500.260 m². Struktur utama bangunan gedung yang umum digunakan adalah beton bertulang dengan perkiraan masa pakai ± 50 tahun. Jika setiap 1m² bangunan menimbulkan limbah ± 0,3542 m³ material komponen struktur, maka dalam 50 tahun mendatang limbah struktur bangunan yang akan ditimbulkan sebesar ± 2.302.392 m³ (≈3.483 m³/m²). Jumlah limbah yang tidak sedikit ini perlu dikelola agar tidak menimbulkan bencana lingkungan bagi generasi mendatang. Hal ini tentu berseberangan dengan konsep *sustainability* yang mengedepankan keberadaan berbagai jenis material bagi masa datang dan kelestarian Bumi. Dalam kajian ini data primer diperoleh di Bandung dan Jogjakarta. Hasil yang diperoleh adalah (a) perlunya memasukkan aspek dekonstruksi dalam daur hidup proyek konstruksi, (b) pentingnya bagi perencanaan bangunan mempertimbangkan kemudahan dalam pembongkaran bangunan agar material/komponen bangunan dapat digunakan kembali. (c) menerapkan 3R dalam daur hidup proyek konstruksi.

Kata kunci: dekonstruksi; bangunan gedung; *sustainability*

PENDAHULUAN

Berdasarkan data runtun Statistik Konstruksi tahun 1990-2010, nilai konstruksi cenderung mengalami peningkatan, kecuali pada tahun 1995 sampai dengan 1999 (gambar 1). Hal ini berarti bahwa dengan meningkatnya jumlah infrastruktur maka cadangan sumberdaya alam akan berkurang dan berakibat pada meningkatnya limbah sebagai hasil proses konstruksi maupun setelah bangunan tersebut habis masa pakainya.



(<http://dds.bps.go.id/diunduh> 14 Mei 2012)

Gambar 1. Nilai konstruksi yang diselesaikan

Besarnya biaya dalam membuang limbah menjadi pemicu bagi industri konstruksi untuk mulai menaruh perhatian terhadap pengelolaan bangunan. Sebagai contoh biaya di Amerika Serikat, biaya untuk membuang limbah/sampah sangat bervariasi tergantung wilayahnya, misal di California dan Vermont biaya yang dibutuhkan ± \$10/ton sampai dengan ± \$100/ton. Berbeda dengan di Indonesia, saat ini belum ada regulasi yang mengatur tentang biaya pembuangan limbah ke lingkungan alam, sehingga para pelaku industri konstruksi belum terbangun semangat untuk melakukan aksi dalam mereduksi limbah baik dalam proses perencanaan, konstruksi maupun setelah bangunan habis masa pakainya.

Para pelaku industri konstruksi di negara yang lebih maju telah merubah pola pengelolaan proyek dan berusaha melakukan efisiensi agar limbah yang terbentuk sesedikit mungkin. Tidak hanya limbah dari proses konstruksi saja yang perlu diperhatikan namun bangunan yang sudah habis masa pakainya berpotensi menimbulkan limbah dalam jumlah yang sangat besar. Beberapa alternatif yang dapat dilakukan untuk mengelola bangunan yang telah habis masa pakainya adalah: (a) melakukan konservasi dengan memperkuat struktur bangunan sehingga bangunan aman untuk digunakan kembali, (b) merubuhkan bangunan (dekonstruksi) dan mengganti dengan bangunan baru. Dalam hal dekonstruksi bangunan, proses ini tentu akan menghasilkan limbah yang lebih besar. Pokok persoalannya adalah bagaimana mekanisme membuang limbah ke lingkungan agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan bagaimana cara memanfaatkan limbah hasil dekonstruksi terkait dengan isu menipisnya cadangan sumberdaya alam di Bumi. Tujuan dalam makalah ini adalah melakukan kajian terhadap pengelolaan bangunan yang telah habis masa pakainya terkait dengan isu keberlanjutan (*sustainability*).

KAJIAN PUSTAKA

Di negara-negara seperti United Kingdom, Switzerland, Austria, dan Netherlands telah memiliki peraturan di tingkat nasional maupun regional yang terkait dengan konstruksi berkelanjutan dalam hal komitmen untuk meminimalkan limbah yang dihasilkan oleh konstruksi dan demolisi (Addis, 2006). Sedangkan negara-negara yang belum mempunyai regulasi adalah China, India, Sri Lanka, Thailand, dan Vietnam (Nitivattananon, 2007). Definisi limbah konstruksi dan demolisi adalah limbah yang dihasilkan selama proses konstruksi, renovasi, dan demolisi dari sebuah bangunan. Jumlah limbah yang dihasilkan di Amerika oleh ketiga proses ini sulit dihitung secara pasti namun *Environmental Protection Agency* (EPA) memperkirakan pada tahun 1996 jumlahnya mencapai 136 juta ton (USEPA, 1998). Besarnya jumlah limbah tersebut tentunya harus dimanfaatkan secara maksimal salah satunya melalui proses dekonstruksi.

Dekonstruksi adalah pembongkaran bangunan yang bertujuan untuk mendapatkan material atau komponen bangunan yang masih dapat digunakan kembali dan untuk mendapatkan material baru melalui proses daur ulang. Salah satu strategi dalam membongkar sebuah bangunan adalah memilih material yang masih mempunyai nilai dan membuang yang benar-benar tidak dapat digunakan lagi (Guy, 2001). Dekonstruksi juga dapat didefinisikan sebagai pembongkaran bangunan secara hati-hati yang bertujuan untuk memaksimalkan penggunaan kembali komponen bangunan dan meminimalkan jumlah bahan yang dibuang

ke lingkungan/alam. Salah satu manfaat nyata dekonstruksi adalah mendapatkan komponen bangunan yang masih dapat digunakan dan mereduksi jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan/alam sehingga terbentuk siklus tertutup dalam penggunaan material. Pada umumnya pekerjaan dekonstruksi dilakukan secara manual oleh tukang atau menggunakan peralatan berat yang dilakukan secara hati-hati. Jika dibandingkan dengan demolisi, dekonstruksi membutuhkan waktu yang lebih lama dikarenakan tujuan proses ini adalah melepas komponen bangunan untuk digunakan kembali dalam pembangunan lainnya. Pertimbangan yang digunakan dalam memilih dekonstruksi atau demolisi didasarkan pada: (a) kualitas dan jumlah material yang masih berpotensi untuk digunakan, (b) pertimbangan pasar terhadap material/komponen yang masih dapat digunakan, (c) adanya material yang berbahaya, (d) waktu yang tersedia untuk membongkar bangunan (tabel 1).

Tabel 1. Komparasi antara dekonstruksi dan demolisi bangunan gedung

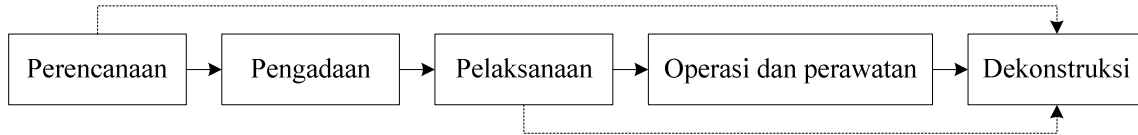
No.	Deskripsi	Dekonstruksi	Demolisi
1	Kualitas material yang masih berpotensi untuk digunakan	Material struktur, jika material bekas pakainya masih dapat memenuhi standar untuk bangunan	Jika material struktur bekas pakainya tidak memungkinkan untuk memenuhi standar bangunan
		Material arsitektural, jika material bekas pakainya masih dapat digunakan	Material arsitektural, jika material bekas pakainya tidak dapat digunakan
2	Volume material yang masih berpotensi untuk digunakan	Aspek ekonomi, jika nilai uang dari total volume material yang masih dapat digunakan lebih besar biaya dekonstruksi.	Aspek ekonomi, jika nilai uang dari total volume material yang masih dapat digunakan lebih kecil dari biaya dekonstruksi.
		Aspek lingkungan, jika terdapat material tak terbarukan dalam jumlah relatif besar.	Aspek lingkungan, jika terdapat material tak terbarukan dalam jumlah relatif kecil.
3	Pasar terhadap material/komponen yang masih dapat digunakan	Jika aspek pasar positif maka berpotensi dilakukan	Jika aspek pasar negatif maka tidak berpotensi dilakukan
4	Kandungan material yang berbahaya	Tidak berpotensi	Berpotensi
5	Waktu yang tersedia untuk menghancurkan bangunan	Tidak berpotensi	Berpotensi

Catatan: hasil wawancara terhadap pelaku dekonstruksi.

Pada umumnya para perencana bangunan (arsitek, konstruktor) dan pelaksana bangunan (kontraktor) mempertimbangkan bagaimana sebuah bangunan dapat dilaksanakan dan dapat digunakan secara aman dan nyaman sampai umur bangunan yang direncanakan. Pendapat ini benar, namun untuk selanjutnya pendapat tersebut sudah harus disesuaikan dengan kondisi saat ini terutama dalam aspek keberlanjutan, dimana fakta memperlihatkan bahwa sumber-sumber material mulai menipis terutama material tak terbarukan. Oleh sebab itu, konsep daur hidup proyek yang selama ini diyakini hanya berhenti pada tahap operasi dan pemeliharaan harus disesuaikan dengan memasukkan aspek dekonstruksi (gambar 2). Konsekuensi logis bagi perencana adalah lingkup pemikiran dan pertimbangan dalam perencanaannya harus lebih luas dibandingkan sebelumnya, antara lain: perencanaan untuk mengurai komponen bangunan, menggunakan kembali (*reuse*), mendaur ulang (*recycling*), memperbaiki (*repairability*), mengembalikan produk dalam bentuk semula sehingga mampu memperpanjang umur manfaat bangunan. Demikian juga dalam pelaksanaan pekerjaan dituntut dalam hal posibilitasnya untuk melepas komponen bangunan secara mudah, aman namun tetap mempertimbangkan keutuhan strukturnya (gambar 3).



Gambar 2. Daur hidup proyek konstruksi



Gambar 3. Kontribusi tahap perencanaan dan pelaksanaan dalam dekonstruksi

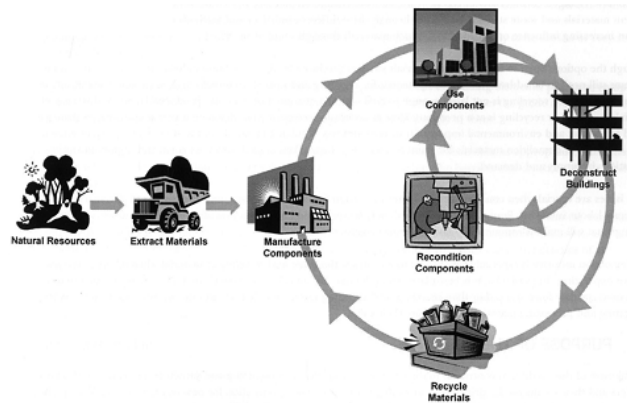
Beberapa hal yang perlu pertimbangan agar dekonstruksi bangunan dapat berjalan dengan baik adalah: (a) mengutamakan kesederhanaan, (b) meminimalkan kompleksitas bangunan, (c) meminimalkan pemakaian jenis material, (d) meminimalkan jumlah komponen, (e) mengoptimalkan alat sambung antar komponen bangunan, (f) memprioritaskan penggunaan alat sambung mekanik sebagai pengganti perekat/lem, (g) menyederhanakan sambungan antar komponen bangunan, (h) Menempatkan sambungan antar komponen agar mudah dijangkau, (i) memisahkan antar sistem bangunan, (j) menggunakan material yang dapat dikembalikan dalam bentuk asalnya, (k) meminimalkan penggunaan bahan berbahaya, (l) menghindari penggunaan material komposit, (m) mengutamakan penggunaan sistem modular, (n) menyiapkan akses untuk komponen bangunan/jendela, (o) kemudahan informasi (gambar konstruksi, identifikasi material dan komponen, ukuran komponen struktur bangunan).

Disain Untuk Dekonstruksi

Konsep disain untuk dekonstruksi diadopsi dari sektor manufaktur yang mengenalkan tentang *reuse*, *remanufacturing*, *recycling* pada tahun 1990. Tujuan utamanya adalah untuk mengurangi dampak lingkungan serta memperpanjang umur bahan bangunan melalui proses daur ulang (Fleming, D., 2009).

Konsep ini diawali dengan menerapkan praktik disain dalam sebuah bangunan dengan cara memfasilitasi sebagian atau seluruh bahan bangunan untuk didaur ulang pada akhir masa pakainya. Dalam tahap disain, perencana bangunan harus telah mengidentifikasi umur pakai dan merencanakan setiap komponen bangunan untuk digunakan kembali atau didaur ulang. Sebagai hasilnya adalah pencapaian dalam melestarikan lingkungan seperti: (a) membuat siklus tertutup dalam pemanfaatan material bangunan; (b) mengurangi energi yang dibutuhkan dalam pemanfaatannya; (c) mengurangi emisi CO₂; (d) meminimalkan jejak ekologis dalam sebuah bangunan.

Disain untuk dekonstruksi memaksa perencana bangunan untuk memilih material yang berpotensi untuk digunakan kembali, didaur ulang atau diproses untuk menghasilkan material baru yang akan dipakai dalam industri konstruksi maupun sektor lainnya. Selain itu, jenis material yang akan digunakan harus memenuhi aspek ramah lingkungan yang diukur oleh besarnya energi yang dibutuhkan dan merupakan bagian dari siklus yang tertutup (gambar 4). Dalam konsep ini, perencana bangunan diarahkan untuk berpikir secara sistematis bagaimana sebuah bangunan akan dibongkar jika masa pakainya telah habis (Grammenous, F. & Russel, P, 1997).



Sumber: Fleming, D., 2009

Gambar 4. Siklus tertutup dalam pemanfaatan sumberdaya alam

Hirarki Pemanfaatan Bangunan

Sejalan dengan konsep disain untuk dekonstruksi dimana sebuah bangunan harus terencana sejak tahap disain hingga akhir masa pakainya, maka perencana dianjurkan telah mempunyai *blue print* tentang pengelolaan bangunan sebagai bagian dari dokumen perencanaan. Beberapa alternatif pemanfaatan bangunan setelah habis masa pakainya adalah: (a) *building reuse*, (b) *component reuse*, (c) *material reuse*, (d) *material recycling*.

Building reuse adalah memanfaatkan kembali sebuah bangunan dan menghindari pembongkaran secara total melalui relokasi, renovasi, dan menggunakan kembali komponen bangunan lama. Aspek positif yang diperoleh adalah manfaat lingkungan berupa: (a) penghematan bahan baku, (b) hemat energi, (c) hemat air, (d) mencegah timbulnya polusi sebagai hasil dari proses manufaktur dan transportasi bahan baku, (e) menghindari timbulnya limbah. Selain manfaat lingkungan akan diperoleh manfaat ekonomi.

Component reuse adalah menggunakan kembali komponen interior non struktural bangunan seperti: dinding interior, penutup lantai, pintu, plafon dan lain sebagainya. Hal yang perlu mendapatkan perhatian adalah cara membongkar serta memasang kembali komponen yang akan digunakan.

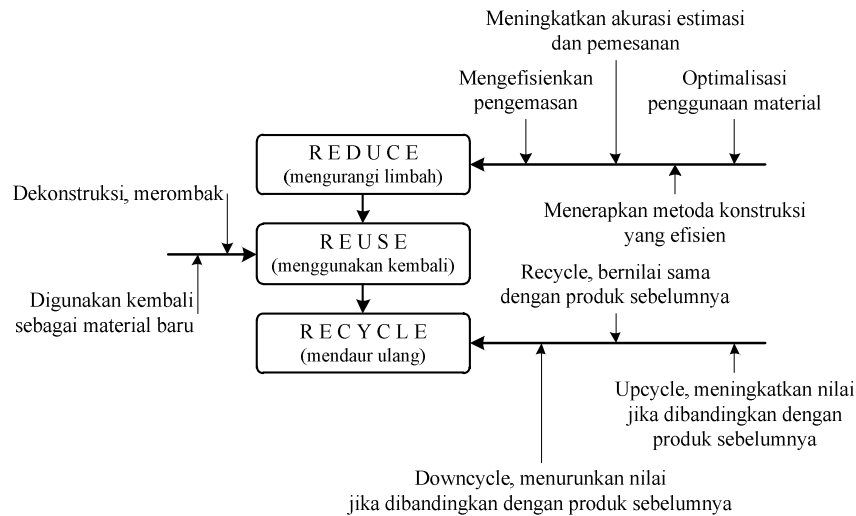
Material reuse adalah menggunakan material hasil dekonstruksi struktur bangunan untuk memenuhi aspek keberlanjutan, nilai ekonomis, efisiensi energi dalam proses daur ulang, reduksi proses ekstraksi bahan baku, cetakan, dan karbon *footprint* (Chini, A.R., 2007).

Material recycling, dengan meningkatkan kandungan daur ulang bahan bangunan dapat mengurangi jumlah limbah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir, memberikan dampak positif bagi lingkungan, tercipta pasar baru untuk material daur ulang yang berpotensi mengurangi pasar penggunaan material baru. Dalam hal ini sudah seharusnya perencana bangunan memperhitungkan kandungan material daur ulang setelah habis umur pakai sebuah bangunan. *Recycling* dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu: *down-cycling*, *recycling*, *up-cycling*.

TEMUAN

Berdasarkan Keputusan Gubernur Nomor 1227 Tahun 1989, luas wilayah Provinsi DKI Jakarta adalah 7.659,02 km², terdiri dari daratan seluas 661,52 km², termasuk 110 pulau di Kepulauan Seribu, dan lautan seluas 6.997,50 km². Menurut catatan *Collier International Research*, luas bangunan kantor baru di Jakarta adalah 551.670 m², luas total eksisting bangunan kantor adalah 5.948.590 m² sehingga luas total bangunan kantor adalah 6.500.260 m². Struktur utama bangunan gedung yang umum digunakan adalah beton bertulang dengan perkiraan masa pakai ± 50 tahun. Jika setiap 1m² bangunan menimbulkan limbah ± 0,3542 m³ material komponen struktur bangunan, maka dalam 50 tahun mendatang limbah struktur

bangunan yang akan ditimbulkan sebesar $\pm 2.302.392 \text{ m}^3$ ($\approx 3.483 \text{ m}^3/\text{m}^2$). Tentu saja volume yang sangat besar ini akan menjadi beban bagi lingkungan apabila tidak ada rencana sejak awal dan tindakan untuk mengelola secara baik. Konsep 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) telah diperkenalkan dalam industri manufaktur dan berpotensi diimplementasikan dalam industri konstruksi (gambar 5).



Sumber: Ervianto, W.I., 2012

Gambar 5. Konsep 3R dalam konstruksi

Penerapan konsep *reduce* secara langsung terjadi dalam tahap konstruksi, meskipun secara tidak langsung tahap perencanaan berkontribusi terhadap banyak sedikitnya limbah yang dihasilkan. Konsep *reuse* dalam implementasinya terjadi setelah masa pakai/operasional bangunan habis. Pemanfaatannya dapat melalui dua cara yaitu: pertama, dekonstruksi dan kedua, demolisi yang dilanjutkan dengan daur ulang.

Berdasarkan survei terhadap pihak yang sedang melaksanakan pekerjaan pembongkaran bangunan di Bandung dan Yogyakarta mengatakan bahwa komponen bangunan yang dapat dimanfaatkan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: komponen struktur dan komponen arsitektural.

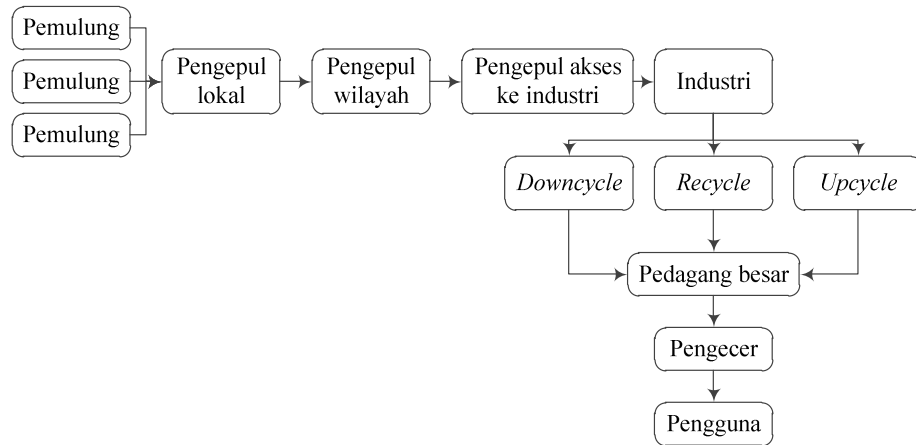
Secara umum komponen struktur bangunan dapat dibedakan sedikitnya menjadi dua, yaitu struktur baja, struktur beton bertulang. Proses pembongkaran bangunan yang telah habis masa pakainya untuk struktur baja relatif lebih mudah dilakukan. Selain mudah, sebagian besar hasil bongkarannya dapat dimanfaatkan kembali melalui cara-cara sebagai berikut: (a) *Stripping*, yaitu melepas seluruh komponen baja dan memasang kembali seluruh komponennya di lokasi yang sama. (b) *Dismantling*, yaitu melepas seluruh komponen baja dan memasang kembali seluruh komponennya di lokasi baru. (c) *Reuse*, yaitu menggunakan kembali komponen baja seperti balok, kolom, *cladding*, tangga dalam bangunan baru namun diperlukan perbaikan, (d) Mengirimkan baja ke pabrik untuk di daur ulang. Proses pembongkaran bangunan yang menggunakan struktur beton bertulang tidak semua material pembentuknya dapat dimanfaatkan kembali. Hasil bongkarannya berupa puing pembentuk beton dan baja tulangan. Sampai dengan saat ini puing beton belum dimanfaatkan secara maksimal dan hanya digunakan sebagai urugan saja, sedangkan baja tulangan masih mempunyai nilai untuk dijual kembali setelah dilakukan pelurusan melalui cara sederhana dengan dipukul menggunakan palu besi. Dalam prakteknya, menggunakan kembali (*reuse*) komponen bangunan yang bersifat arsitektural lebih berpotensi dibandingkan komponen struktur bangunan. Penyebabnya adalah kemudahan memisahkan komponen arsitektural dari bagian bangunan lain, dalam hal ini peran perencana bangunan ikut berkontribusi. Bagian bangunan yang termasuk dalam kelompok arsitektural antara lain: kusen pintu dan jendela beserta daunnya, rangka plafon dan penutupnya, *sanitary fixtures*, penutup atap, dll. Secara keseluruhan hasil penelusuran keberadaan komponen bangunan yang bersifat struktural maupun arsitektural yang tersedia di pasar barang bekas dapat dilihat dalam gambar 6.

		Reuse	Recycle	
Jenis barang bekas bangunan di pasaran	PVC	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Penutup atap	Asbes gelombang	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Genteng	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Seng	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Sanitary fixtures	Floor drain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		Washtafel	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Urinal	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Kran air	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		Kloset	Reproduksi	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cacat produk		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Kayu	Kusen bekas	Reproduksi	<input checked="" type="checkbox"/>
			Kolektor	<input checked="" type="checkbox"/>
		Kusen antik	Makelar	<input checked="" type="checkbox"/>
			Penjual	<input checked="" type="checkbox"/>
		Balok kayu berbagai ukuran	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Multipleks	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Besi	Tulangan	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		Pipa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Penutup lantai	Ubin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Keramik	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Lain-lain	Handel pintu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		Engsel pintu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		Gypsum	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kaca		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tandon air		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Stop kontak		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Saklar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Kabel listrik	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Sumber: Ervianto, W.I., 2012

Gambar 6. Jenis-jenis komponen bekas bangunan gedung

Komponen bangunan lain yang tidak dapat dimanfaatkan secara langsung perlu dilakukan daur ulang untuk menghasilkan komponen bangunan baru. Dalam industri daur ulang, komponen penting yang harus ada adalah bahan baku berupa barang-barang bekas, apabila bahan baku ini tidak tersedia maka aktivitas produksinya secara otomatis akan terhenti. Bahan baku ini dapat diperoleh melalui mekanisme yang terbentuk secara alamiah di masyarakat dimana pemulung merupakan pihak utama dalam siklus daur ulang. Adapun mekanisme untuk mendapatkan bahan baku berupa barang bekas sampai pada level industri dapat dilihat dalam gambar 7.



Sumber: Ervianto, W.I., 2012

Gambar 7. Mekanisme pasokan bahan baku daur ulang

KESIMPULAN

Beberapa hal penting yang dapat diambil dari kajian ini adalah sebagai berikut: (1) Perlunya memasukkan aspek dekonstruksi dalam daur hidup proyek konstruksi; (2) Perlunya perencanaan pembongkaraan bangunan setelah habis masa pakainya dengan mengedepankan beberapa aspek diantaranya adalah mengutamakan kesederhanaan, meminimalkan kompleksitas bangunan, mengoptimalkan alat sambung antar komponen bangunan, memprioritaskan penggunaan alat sambung mekanik sebagai pengganti perekat/lem, menyederhanakan sambungan antar komponen bangunan, menempatkan sambungan antar komponen agar mudah dijangkau, menggunakan material yang dapat dikembalikan dalam bentuk asalnya, menghindari penggunaan material komposit, mengutamakan penggunaan sistem modular, (3) Menerapkan konsep 3R dalam tahap perencanaan dan tahap konstruksi yang diterjemahkan dalam tingkat praktis.

DAFTAR PUSTAKA

- Addis, B., (2006), "*Building with Reclaimed Components and Materials: Design Handbook for Reuse and Recycling*", Earthscan Publications. London, UK.
- Chini, A. R., (2007), "*General Issues of Construction Materials Recycling in the USA*".
- Ervianto, W.I., (2012), "*Selamatkan Bumi Melalui Konstruksi Hijau*", Penerbit Andi Yogyakarta
- Fleming, D., (2009) "*Design For Deconstruction, Architecture and Interior Design*", University of Cincinnati.
- Grammenous F. & Russel P. (1997), "*CMHC Building Adaptability: A View from the Future*".
- Guy, B., (2001), "*Building Deconstruction Assessment Tool*", CIB World Building Congress - Deconstruction Meeting, Wellington, New Zealand, p.125-138.
- US EPA (1998), "*Characterization of Building-Related Construction and Demolition Debris in the United States*", Office of Solid Waste, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C. 530-R-98-010.
- Vilas Nitivattananon and Guilberto Borongan, (2007), "*Proceedings of the International Conference on Sustainable Solid Waste Management*", 5 - 7 September, Chennai, India. pp.97-104.