

***RECYCLE DALAM APLIKASI MATERIAL PADA BANGUNAN***  
***RECYCLE IN THE APPLICATION OF BUILDING MATERIAL***

Skripsi ini diajukan untuk melengkapi sebagian persyaratan untuk menjadi  
Sarjana Arsitektur di Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Dosen Pembimbing  
Ir. Sukisno, M. Si.

**INGKONDO DAMAIYANTO**  
**0403050307**



**DEPARTEMEN ARSITEKTUR**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**  
**DEPOK**  
**2007**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

### ***Recycle* dalam Aplikasi Material pada Bangunan**

yang disusun untuk melengkapi persyaratan menjadi Sarjana Teknik Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Indonesia, bukan tiruan ataupun duplikasi dari skripsi yang telah dipublikasikan di lingkungan Universitas Indonesia maupun Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

**Depok, 9 Januari 2008**

**Ingkondo Damaiyanto**

**NPM. 0403050307**

# LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul :

***RECYCLE* DALAM APLIKASI MATERIAL PADA BANGUNAN**

dan nama mahasiswa :

**Ingkondo Damaiyanto**

Telah dievaluasi dan diperbaiki sesuai dengan pertimbangan dan komentar-komentar para penguji dalam sidang skripsi yang berlangsung pada hari Senin, tanggal 17 Desember 2007.

**Depok, 09 Januari 2008**

**Dosen Pembimbing,**

**Ir. Sukisno, M. Si.**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa – “*The Great Recycler*” - karena atas berkat dan rahmat-Nya , akhirnya penulisan skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu prasyarat untuk melengkapi keseluruhan persyaratan untuk mencapai kelulusan sebagai Sarjana Arsitektur dari Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Dalam proses penulisan skripsi ini penulis mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang beberapa diantaranya adalah:

- Ir. Sukisno, M.Si., selaku dosen pembimbing skripsi. Terima kasih atas ilmu, waktu dan kesabaran yang diberikan dalam membimbing, memberi masukan dan atas seluruh dukungan moral serta semangat yang selalu diberikan.
- Ir. Hendrajaya Isnaeni, M.Sc., Ph.D., selaku dosen penanggung jawab mata kuliah penulisan karya ilmiah. Terima kasih atas pengarahan dan bimbingannya pada masa awal penulisan.
- Keluarga tercinta yang jauh di mata, kuping, hidung, lidah dan kulit, namun selalu dekat di hati. Bapak, Mamak, Kak Ia, Bang Jep, Dosta dan adik kecilku Lenny “*si mule*”. Terima kasih yang tak terhingga atas inspirasi, cinta, kasih sayang, dukungan, dorongan, dan doa yang tiada henti-hentinya. Semoga aku tak mengecewakan kalian semua. *God bless you all.*
- Arsitektur UI angkatan 2003. Teman-temanku, keluarga besarku, sebagian dari duniaku.. Atas kebersamaan, bantuan, dukungan, kritik, saran, cacian, makian, ke-MT-an, dll. Semoga kalian semua mencapai cita-cita hidup masing-masing.
- Teman-teman seperjuangan skripsi: Boris (**bongkahan garis**)???, Dian ‘bentar lagi mau nikah’, Eve ‘*miss* koordinator wiradha *aka. miss hangout*’, Icha ‘*I chape de..*’, Meiliana ‘*the hygienist*’, Pria ‘Jambi cerdas’, Tiara ‘*the traveller*’, Ei ‘*si boss, aka ‘the cow*’ dan yang lainnya (kemana

aja??). Terima kasih atas diskusi mulai dari topik yang penting hingga yang tak penting, dari yang normal hingga yang tidak normal.

- Teman-teman kost-an: di Bunnaya ada Yosua, Fajar, Mario; di Rumput ada Yosua lagi, Hardy dan Andre, serta seluruh PGT. yang tak bisa disebutkan satu persatu karena jumlahnya yang tak terhingga; di Pondok Ananda ada Andre kucrit lagi, Yubax batossai, Wiwidyanto wito, Pria, Dadang dan teman-temannya, Aji Sentot, Dilih, Bibi dan banyak lagi termasuk tante 106. Terimakasih atas segala hal.
- Tumband; Hardy pada vokal, Gatot pada gitar, Yosua pada bas, Bima pada drum, serta band-band lainnya dan tak lupa juga kepada seluruh fans kami. Terimakasih atas kegembiraan bermusik yang selalu menjadi pencerahan dalam hari-hari perkuliahan.
- Seluruh karyawan Departemen Arsitektur FTUI; Dedi, Sofyan, Firman, Endang, Pak Minta, Mba Uci, dan Mba Ira. Terimakasih atas bantuannya selama di kampus.
- Mahasiswa dan Mahasiswi Arsitektur FTUI yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih atas bantuan yang pernah diberikan.
- *The Independiente*; Anes Loebiz, Joe, Donny Tukik, Rico, Ferry, Evan, Guntur dan banyak lagi. Sudah luluskah kalian? Terima kasih atas dukungan, semangat, dan doa yang selalu membangkitkan semangat.
- Christa Indah Siregar beserta keluarga. Sebagai orang terdekat selama penulisan skripsi ini. Terima kasih atas dukungan bantuan, pinjaman laptop, dorongan semangat dan doa yang telah diberikan yang sangat berarti dalam keberhasilan penulisan skripsi ini. *God bless you all.*

Penulis menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis memohon maaf atas segala kesalahan yang terdapat dalam tulisan ini. Saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di kesempatan lainnya. Semoga karya tulis ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca, khususnya mahasiswa arsitektur.

Depok, Desember 2007

Ingkondo Damaiyanto Pakpahan

## **ABSTRAK**

Dunia konstruksi mengkonsumsi sumber daya alam dalam jumlah yang sangat besar. Sebuah bangunan disusun atas berbagai materi yang diperoleh dari alam. Dalam daur hidupnya materi dari alam diolah dengan berbagai proses sampai kepada bentuk akhir yang dapat diaplikasikan dalam konstruksi. Proses tersebut membutuhkan energi dan tentunya kebanyakan sumber energi yang digunakan manusia pada saat ini adalah berasal dari materi alam juga. Pada akhirnya dapat diketahui bahwa dunia konstruksi mengkonsumsi sumber daya alam lebih dari apa yang terlihat dan yang biasa terbayangkan.

Jumlah konsumsi sumber daya alam yang sangat besar akan membawa dampak yang besar terhadap lingkungan, dan perubahan pada lingkungan akan membawa dampak pula pada kualitas kehidupan manusia. Pemahaman tentang hubungan keterkaitan ini sangat penting untuk disadari dalam upaya mempertahankan kualitas lingkungan hidup yang baik.

Dalam upaya mempertahankan keberlanjutan kualitas lingkungan hidup tersebut, daur ulang menjadi salah satu strategi yang relevan. Dengan daur ulang diharapkan sumber daya materi yang diambil dari alam dapat dikonsumsi dan dimanfaatkan secara optimal, sehingga dengan jumlah sumber daya alam yang kecil dapat diperoleh manfaat yang sebesar-besarnya.

## ***ABSTRACT***

*The world of construction consume a very large amount of natural resources. A building consist of various matter which taken from the living environment. Matter, in its life cycle, processed through various way in order to create construction applicable materials. The process need energy and most of energy sources we have nowadays come from processed matter. In the end the world of construction consume the natural resources even more, more than it seems to be and far away beyond the imaginable.*

*The large amount of natural resources consumption will cause a great effect on the environment, changing the environment which will also affect the quality of human life. The understanding of this interdependent relationship needs critical awareness in order to sustain the quality of living environment.*

*In the effort to sustain the quality of living environment, recycle become one of strategy which highly relevant. By recycling, exploited natural resources could be consume and applied in its optimal potential, therefore minimum amount of natural resources would produce maximum use.*

# DAFTAR ISI

	halaman
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	ii
<b>KATA PENGANTAR</b>	iii
<b>DAFTAR ISI</b>	v
<b>ABSTRAK</b>	vii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	1
<b>I. 1. Latar Belakang</b>	1
<b>I. 2. Permasalahan</b>	2
<b>I. 3. Ruang Lingkup Penulisan</b>	2
<b>I. 4. Metode Pembahasan</b>	3
<b>I. 5. Urutan Penulisan</b>	3
<b>BAB II. KAJIAN TEORI</b>	5
<b>II. 1. Ekologi Bahan</b>	5
<b>II. 1. 1. <i>Sustainable Development</i></b>	5
<b>II. 1. 2. Daur Hidup Bahan</b>	8
<b>II. 1. 3. Klasifikasi Bangunan secara Ekologis</b>	14
<b>II. 2. Daur Ulang</b>	16
<b>II. 2. 1. Pengertian Daur Ulang</b>	17
<b>II. 2. 2. Termodinamika dan Ekologi Daur Ulang</b>	18
<b>II. 2. 3. Daur Ulang pada Lingkung Bangun</b>	21

<b>BAB III.</b>	<b>STUDI KASUS</b>	26
<b>III. 1.</b>	Mason's Bend <i>Community Center</i>	26
<b>III. 2.</b>	Yancey <i>Chapel</i>	36
<b>BAB IV.</b>	<b>KESIMPULAN</b>	46



# BAB I

## Pendahuluan

### I. 1. Latar Belakang

*"The reality is that society cannot continue to consume natural asset at current rate"*

<sup>1</sup>. Pernyataan tersebut menggambarkan suatu kenyataan tentang dunia yang semakin tidak cukup untuk memenuhi berbagai kebutuhan hidup manusia. Bumi dan berbagai sumber daya materi yang ada di dalamnya sampai saat ini merupakan satu-satunya sumber pemenuhan kebutuhan kehidupan kita. Pola konsumsi yang dilakukan manusia terhadap sumber daya bumi selama ini tidak seimbang dengan daya dukung yang dimiliki oleh lingkungannya. Manusia terus menguras sumber daya lingkungan alam tanpa menyadari kenyataan bahwa lingkungan memiliki keterbatasan. Menipisnya jumlah sumberdaya alam yang tersedia merupakan salah satu isu lingkungan yang sangat mengkhawatirkan saat ini

Kebutuhan akan suatu lingkungan bangun merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia. Wujud fisik lingkungan bangun manusia juga membutuhkan sumber daya yang diambil dari lingkungan hidup. Jumlah sumber daya yang dibutuhkan pun tidak sedikit. *" Building and construction activities worldwide consume 3 billion tons of raw materials each year or 40 percent of total global use"* <sup>2</sup>. Sebanyak kurang lebih tiga milyar ton bahan mentah dari alam yang dikonsumsi untuk kegiatan konstruksi bangunan di dunia tiap tahunnya. Jumlah tersebut merupakan 40% dari jumlah total konsumsi bahan mentah alam dunia tiap tahunnya.

Jumlah yang sangat besar tersebut tentu saja mengkhawatirkan. Kondisi lingkungan menuntut adanya pengurangan dalam konsumsi sumber daya alam namun kebutuhan manusia akan lingkungan bangun tentu saja harus terus dipenuhi. Dalam dua isu yang kontradiktif ini arsitek selaku perancang suatu lingkungan bangun memiliki peranan yang sangat penting untuk menciptakan suatu keseimbangan antara penggunaan material sumber daya alam dengan keberlanjutan lingkungan. Kebijakan dalam menggunakan material menjadi tuntutan dalam kondisi ini.

---

<sup>1</sup> Peter Smith. *Eco-Refurbishment*. (Amsterdam: Architectural Press, 2004). hal. 102.

<sup>2</sup> [www.ciwmb.ca.gov/greenbuilding/](http://www.ciwmb.ca.gov/greenbuilding/)

Dengan kondisi permasalahan yang disebutkan di atas kegiatan daur ulang menjadi salah satu kebijakan yang sangat relevan untuk dilakukan. Daur ulang dapat menjadi salah satu strategi yang paling logis dalam menghadapi permasalahan tersebut. Dengan jumlah pemakaian sumber daya yang begitu besar pada bangunan, penerapan daur ulang semestinya memiliki potensi yang sangat besar pada dunia arsitektur.

Isu yang telah dijelaskan di atas menimbulkan ketertarikan penulis untuk menelaah lebih jauh mengenai kebijakan dalam pemakaian material dan daur ulang, dalam penerapannya. Selain itu bagaimana pula penerapan daur ulang tersebut dapat berkontribusi pada upaya mempertahankan keberlanjutan lingkungan hidup.

## **I. 2. Permasalahan**

Daur ulang merupakan salah satu strategi yang dapat diterapkan dalam menghadapi permasalahan penyusutan jumlah sumber daya alam. Bangunan pada faktanya mengkonsumsi bahan dari sumber daya alam dalam jumlah yang sangat besar. Hal ini dapat dipandang sebagai suatu potensi dimana strategi daur ulang tersebut dapat diterapkan secara maksimal dalam kegiatan penciptaan suatu lingkungan bangun (bangunan). Tiga hal yang menjadi pertanyaan adalah:

1. Bagaimana pemakaian material pada bangunan dapat mempengaruhi lingkungan?
2. Bagaimana daur ulang dapat mendukung pembangunan yang berkelanjutan?
3. Seperti apa penerapan daur ulang pada bahan bangunan?

## **I. 3. Ruang Lingkup Penulisan**

Tulisan ini membahas mengenai pengertian daur ulang pada umumnya beserta kaitannya dengan upaya mempertahankan keberlanjutan lingkungan. Pembahasan penerapan daur ulang tersebut dibatasi pada lingkup lingkungan bangun.

Unsur lingkungan bangun yang dibahas adalah material fisik bangunan. Pembahasan yang dilakukan lebih kepada prinsip-prinsip praktikal daur ulang tersebut pada pemakaian dan pengolahan material pada bangunan serta bagaimana strategi tersebut dapat berdampak pada lingkungan. Hal ini dirasa sangat penting untuk

diketahui sebagai suatu upaya nyata dalam mempertahankan keberlanjutan lingkungan hidup.

#### **I. 4. Metode Pembahasan**

Metode penulisan yang dilakukan untuk menyusun kajian dan teori pada karya tulis ini adalah dengan melakukan studi literatur baik melalui buku-buku, artikel majalah, artikel pada situs-situs internet. Begitu pula untuk studi kasus, dilakukan metode yang sama. Dari studi literatur yang dilakukan dikumpulkan berbagai data dan teori yang dianggap mampu mewakili dan mendukung ruang lingkup penulisan. Data-data tersebut nantinya dijadikan acuan dalam melakukan analisis pada studi kasus yang pada akhirnya diharapkan mampu mencapai suatu kesimpulan sebagai jawaban terhadap permasalahan yang ditemukan.

#### **I. 5. Urutan Penulisan**

Dalam penulisan skripsi ini penulis mempergunakan urutan penulisan sebagai berikut:

##### **BAB I. PENDAHULUAN**

Pada bab pertama ini akan dijelaskan mengenai latar belakang masalah, pertanyaan penulisan ilmiah, tujuan, lingkup penulisan, dan sistematika penulisan.

##### **BAB II. EKOLOGI BAHAN**

Pada bab ini akan dipaparkan berbagai teori yang menjelaskan hubungan antara aplikasi material pada bangunan dan dampaknya terhadap lingkungan dan keberlanjutannya.

##### **BAB III. DAUR ULANG**

Pada bab ini dijelaskan potensi penerapan daur ulang sebagai salah satu strategi dalam permasalahan penggunaan material dalam upaya mencapai keberlanjutan lingkungan.

#### BAB IV. STUDI KASUS

Pada bab ini akan dipaparkan dua buah contoh kasus yang dianggap dapat mewakili penerapan aplikasi material yang baik secara ekologis, dan juga mencakup penerapan daur ulang di dalamnya.

#### BAB V. KESIMPULAN

Bab ini merupakan pernyataan kesimpulan dari keseluruhan penulisan.



## **BAB II**

### **Kajian Teori**

#### **II. 1. Ekologi Bahan**

##### **II. 1. 1. *Sustainable Development.***

Istilah *sustainable development* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1980 yang mendeskripsikan suatu usaha pembangunan untuk memenuhi kebutuhan sosial dan di saat bersamaan juga berusaha meminimalkan dampak negative yang ditimbulkan pembangunan pada lingkungan<sup>3</sup>. Namun definisi yang paling banyak dipakai adalah yang dirumuskan oleh Gro Harlem Brundlant pada tahun 1986 dalam bukunya “*Our Common Future*”. Ia menyatakan bahwa, “*Sustainable development is development which meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*”<sup>4</sup>. *Sustainable development* yang dalam bahasa Indonesia berarti pembangunan yang berkelanjutan dapat dikatakan sebagai suatu konsep pembangunan yang menekankan pada keberlanjutan hidup manusia. Dari kedua konsep yang telah disebutkan sebelumnya dapat diidentifikasi adanya tiga unsur utama yang menjadi sangat penting dalam pembangunan yang berkelanjutan, yakni pemenuhan kebutuhan manusia, kelestarian lingkungan hidup dan masa yang akan datang.

Populasi dunia bertambah dari 1,5 milyar pada tahun 1900, menjadi 6 milyar pada tahun 2000<sup>5</sup>. Bertambahnya populasi manusia berarti juga bertambahnya jumlah kebutuhan manusia yang harus dipenuhi. Manusia memenuhi kebutuhannya terutama kebutuhan fisiknya, dengan mengolah dan mengkonsumsi sumber daya yang ada di alam. Namun pola konsumsi yang tidak seimbang telah diterapkan oleh manusia selama beberapa decade. Dalam perjalanan waktu yang sama bumi, lingkungan dan sumber dayanya tidak mengalami pertambahan baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Sementara itu tidak ada batas waktu untuk keberlangsungan kehidupan manusia yang harus dipertahankan dimuka bumi ini.

---

<sup>3</sup> Peter Graham. *Building Ecology* (Oxford: Blackwell Science, 2003), hal. 175.

<sup>4</sup> Ibid. hal. 177.

<sup>5</sup> Dominique Gauzin-Muller. *Sustainable Architecture and Urbanism* (Lombarda: Birkhauser, 2002) hal.12.

Tidak seimbangnya antara konsumsi sumber daya dengan kemampuan lingkungan untuk memenuhinya, menimbulkan kerusakan pada lingkungan dan ancaman krisis sumber daya alam bagi generasi manusia di masa yang akan datang.

Lingkung bangun merupakan salah satu kebutuhan primer manusia. Pertumbuhan jumlah penduduk yang begitu besar juga akan mempengaruhi jumlah permintaan terhadap lingkung bangun. Tiap- tiap lingkung bangun akan mengkonsumsi jumlah sumber daya alam yang sangat banyak dalam konstruksinya. Sekitar tiga milyar ton bahan mentah dari alam yang dikonsumsi oleh lingkung bangun tiap tahunnya. Jumlah tersebut merupakan 40 persen dari total konsumsi sumber daya alam oleh manusia tiap tahunnya<sup>6</sup>. Jumlah yang sangat besar tersebut mengindikasikan betapa pentingnya pertimbangan akan faktor lingkungan dalam pengembangan suatu lingkung bangun.

Lingkung bangun bersentuhan langsung dengan lingkungan alam. Keberadaan lingkung bangun itu sendiri secara langsung akan memberi dampak pada lingkungan alam yang ada di sekitarnya. Dampak ini seringkali diabaikan karena memang tidak langsung jelas terlihat. Namun pada kenyataannya ada banyak sekali dampak yang ada. " *There are more impacts than we could possibly know. Building projects may impact on natural environments that are far removed from the site and may be accumulative and long-term*<sup>7</sup>". Terdapat lebih banyak dampak dari yang mungkin kita bayangkan. Suatu proyek lingkung bangun dapat memberi dampak pada lingkungan hidup yang berada jauh dari tapak dan dampak tersebut bersifat akumulatif dan dalam jangka panjang.

Sebagaimana telah disebutkan pada penjelasan sebelumnya, salah satu isu penting lainnya dalam pembangunan yang berkelanjutan adalah penambahan volume sampah / limbah lingkungan. Pertambahan sampah sangat erat hubungannya dengan pola konsumsi. Pola konsumsi yang baik adalah konsumsi yang memanfaatkan sumber daya alam secara efisien. " *Resources efficiency is the process of doing more with less – using fewer resources (or less scarce resources) to accomplish the same goals*<sup>8</sup>". Dengan pola konsumsi yang efisien maka akan

---

<sup>6</sup> [www.ciwmb.ca.gov/greenbuilding/](http://www.ciwmb.ca.gov/greenbuilding/)

<sup>7</sup> Peter Graham, op. cit. hal. 83

<sup>8</sup> Ibid. hal. 208.

terdapat lebih sedikit sampah / limbah yang dihasilkan pada skala kerja dan konsumsi sumber daya yang sama.

Konsumtifisme merupakan pola konsumsi yang tidak baik. Konsumtifisme telah menjadi budaya hidup manusia modern selama beberapa dekade, dan hal ini terjadi di berbagai aspek kehidupan masyarakat termasuk lingkungan bangun. Dalam konsumtifisme, konsumsi yang dilakukan bukan lagi atas dasar kebutuhan fisik semata melainkan untuk memenuhi kebutuhan gaya hidup yang seringkali mengacu pada trend yang dapat berubah-ubah dengan cepat. Perubahan trend berarti konsumsi. Oleh karena itu jumlah konsumsi yang dilakukan untuk kebutuhan fisik yang sama dalam kurun waktu yang sama akan berkali-kali lebih banyak. Dengan demikian konsumsi dalam jumlah yang sangat besar dapat terjadi dalam kurun waktu yang singkat dan tentunya akan diiringi oleh jumlah limbah yang besar pula. Hal ini terjadi dengan sangat signifikan pada negara-negara industri dan membawa beberapa dampak, yaitu<sup>9</sup>:

1. penyusutan jumlah sumber daya alam;
2. sampah yang masih mengandung banyak energi (masih berpotensi);
3. Bertambahnya beban lahan untuk menampung sampah / limbah;
4. polusi tanah akibat sampah / limbah.

Berdasarkan Rio Earth Summit, suatu konferensi para pemimpin dunia yang membicarakan tentang keberlanjutan lingkungan, pada tahun 1992 dijelaskan bahwa konsep pembangunan yang berkelanjutan didasarkan pada tiga prinsip: 1. pertimbangan akan "daur hidup secara menyeluruh" dari suatu material; 2. pengembangan sistem dalam penggunaan bahan mentah dari alam dan sumber energi yang terbarukan; 3. mengurangi pemakaian bahan dan energi dalam pengolahan bahan mentah, penggunaan produk, dan proses daur ulang limbah<sup>10</sup>. Dari prinsip-prinsip tersebut terlihat bahwa perhatian terhadap kebijakan penggunaan material sangat erat hubungannya dengan keberlanjutan lingkungan hidup.

Menjadi bijak dalam menggunakan material - dalam kaitannya dengan keberlanjutan lingkungan hidup - berarti memahami adanya hubungan keterkaitan antara manusia dengan alam. Dalam setiap tindakan konsumsi yang dilakukan akan berdampak

---

<sup>9</sup> Peter Smith. Op. cit. hal. 102

<sup>10</sup> Dominique Gauzin-Muller. op. cit. hal. 13.

bagi perubahan pada kualitas lingkungan. Untuk memahami hubungan ini secara baik dibutuhkan pengetahuan yang lebih dari sekedar kegiatan mengambil material, menggunakan, dan membuangnya, namun harus memahami segala proses dan daur yang terjadi pada sumber daya alam yang dikonsumsi sehingga prediksi terhadap dampak yang dihasilkan dapat diketahui secara lebih terperinci. Karena dampak yang ditimbulkan adalah cerminan dari hubungan yang dimiliki manusia dengan lingkungannya. Hubungan yang baik tidak akan menyebabkan kerusakan pada lingkungan melainkan keberlanjutan lingkungan yang mampu mendukung kualitas kehidupan yang baik bagi manusia hingga ke masa yang akan datang.

### **II. 1. 2. Daur Hidup Bahan**

Lingkung bangun memiliki hubungan keterkaitan dengan lingkungan hidup. *"From the day it is opened until well after those responsible for its creation are dead a building's design, materials, energy requirements, and its waste stream provides a built environment that people will construct their lives within and around <sup>11</sup>".* Lingkung bangun dengan berbagai aktivitasnya mulai dari konstruksi, operasional hingga pada penghancurannya senantiasa memberi dampak bagi lingkungan hidup di sekitarnya dan hal ini dapat berlangsung dalam rentang waktu yang lama karena lingkung bangun dapat bertahan dalam jangka waktu yang sangat lama. Lingkungan yang menerima dampak akan memberikan reaksi yang tentunya akan dirasakan oleh manusia yang hidup pada lingkung bangun tersebut. Hubungan keterkaitan ini dapat dilihat dari penggunaan material pada bangunan.

*"The flow of resources from nature to building and from the building to nature cause environmental impacts" <sup>12</sup>.*

Lingkung bangun akan senantiasa membutuhkan input material berupa sumber daya alam. Namun lingkung bangun yang dibangun saat ini dengan material dari alam akan menjadi sampah / limbah di akhir masanya dan dampak yang dihasilkan oleh lingkung bangun dalam hubungannya dengan lingkungan tidak berhenti sampai disitu namun dapat terus berlanjut. Oleh karena itu sangat penting untuk mengetahui bagaimana hubungan keterkaitan yang terjadi antara lingkung bangun

---

<sup>11</sup> Peter Graham. op. cit. hal. 25.

<sup>12</sup> Ibid. hal. 26.

dengan lingkungan alam. Hubungan ini dapat diidentifikasi dengan mengetahui daur hidup bangunan.

Dalam tiap proses daur hidup lingkungan bangun dibutuhkan adanya pemenuhan kebutuhan material dari sumber daya alam, dan dalam tiap proses itu juga lingkungan bangun akan menghasilkan buangan bagi lingkungannya. Lingkungan hidup akan selalu menjadi penyedia sumber daya material dan juga penerima buangan dalam daur hidup lingkungan bangun.

Berdasarkan uraian di atas terlihat bahwa hubungan antara lingkungan bangun dan lingkungan hidup dapat tergambar melalui aplikasi material. Lingkungan bangun secara fisik disusun oleh material yang diperoleh dari alam. Material telah melalui berbagai proses seperti: penambangan, pabrikasi, aplikasi pada bangunan, perawatan, daur ulang dan pembuangan. “ *The mining, manufacturing, use, maintenance, recycling, and disposal of every building material have important environmental ramifications*”<sup>13</sup>. Dalam setiap proses / fase yang terjadi dalam daur hidup terjadi konsumsi sumber daya alam dan pembuangan zat sisa / limbah. Tiap fase tentunya akan memberikan dampak yang berbeda-beda pada lingkungan. Pandangan secara holistik sangat diperlukan untuk menganalisa dampak lingkungan secara objektif. Oleh karena itu keseluruhan beban lingkungan yang dihasilkan dalam daur hidup material inilah yang penting untuk diketahui.



Gambar 1. Daur material vernis  
 Contoh daur material  
 Sumber: *Dasar-dasar Eko-Arsitektur*.

*“Non-life-cycle thinking considers only how to take, use and then dispose of material, treating nature as merely the source of materials and, after they are used,*

<sup>13</sup> Peter Graham. op. cit. hal. 26.

*a sink of our waste*<sup>14</sup>”. Pengetahuan tentang daur hidup bahan merupakan pengetahuan yang sangat penting dan diperlukan dalam konsep pembangunan yang berkelanjutan. Tanpa pengetahuan ini seringkali lingkungan hidup hanya dianggap sebagai sumber bahan baku. Seringkali pemikiran hanya terbatas pada bagaimana untuk mengambil, menggunakan dan membuang material, tanpa adanya kesadaran untuk melestarikan sumber daya atau

*Life Cycle Assesment* (nilai daur hidup) atau yang sering disingkat dengan LCA merupakan suatu pendekatan evaluasi yang bertujuan untuk memahami daur hidup lingkungan bangun dan dampaknya terhadap lingkungan melalui aplikasi material pada bangunan. *”Life cycle assessment (LCA) is a technique used to collect information about the environmental implications of the extraction, processing, manufacture, use, and disposal of building materials*<sup>15</sup>”. Yang menjadi perhitungan dalam LCA diantaranya:

1. pengambilan, pemrosesan, dan transportasi material mentah;
2. produksi, transportasi, dan distribusi dari produk yang dihasilkan;
3. penggunaan, penggunaan kembali dan perawatan;
4. daur ulang dan pembuangan akhir.

Tujuan dari penerapan LCA adalah<sup>16</sup>:

1. mengevaluasi beban lingkungan berkaitan dengan produk, proses, atau aktivitas, mengidentifikasi dan memperhitungkan penggunaan energi, material, dan jumlah sampah / limbah yang dilepaskan ke lingkungan;
2. mengetahui dampak penggunaan sumber daya dan pembuangan limbah serta dampak terhadap lingkungan
3. melakukan evaluasi dan menerapkannya memberikan kemungkinan untuk perbaikan.

---

<sup>14</sup> Peter Graham. op. cit. hal. 29.

<sup>15</sup> Ibid. hal. 26.

<sup>16</sup> Ibid. hal. 28.

Environmental parameter	Unit	Amount/m <sup>2</sup> Villaboard™ Sheet
Embodied energy <sup>(a)</sup>	MJ	45.9
CO <sub>2</sub> air emissions <sup>(b)</sup>	kg	11.9
NO <sub>x</sub> air emissions <sup>(b)</sup>	g	80.9
SO <sub>x</sub> air emissions <sup>(b)</sup>	g	65.1
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> air emissions <sup>(b)</sup>	g	26.9
CH <sub>4</sub> air emissions <sup>(b)</sup>	g	2.4
Dust air emissions <sup>(b)</sup>	g	28.9
Solid waste emissions <sup>(c)</sup>	kg	6.8
Water resource depletion <sup>(d)</sup>	L	101.7
Wastewater discharge <sup>(e)</sup>	L	81.7

Tabel 2. Contoh hasil studi LCA pada lembaran *fibre-cement*, 6mm, bermerk Villaboard.

Sumber: *Building Ecology*.

Dari tabel studi LCA diatas terlihat bahwa terdapat empat parameter yang digunakan dalam mengukur dampak penggunaan suatu material, yaitu:

- *Embodied Energy* (energi kandungan); yaitu energi yang dikandung suatu material dari setiap proses pengambilan, pengolahan material termasuk energi yang digunakan dalam transportasi material.
- *Emissions* (emisi); zat sisa yang dilepas ke lingkungan
- *Resource Depletion* (penyusutan sumber daya); yaitu penggunaan sumber daya alam mentah dalam material, dan dalam berbagai proses pembuatan material.
- *Waste Discharge* (sampah yang dilepas); yaitu materi sisa yang dilepaskan langsung ke lingkungan.

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa pada dasarnya daur material melibatkan dua hal utama, yaitu: materi dan energi.

### Materi

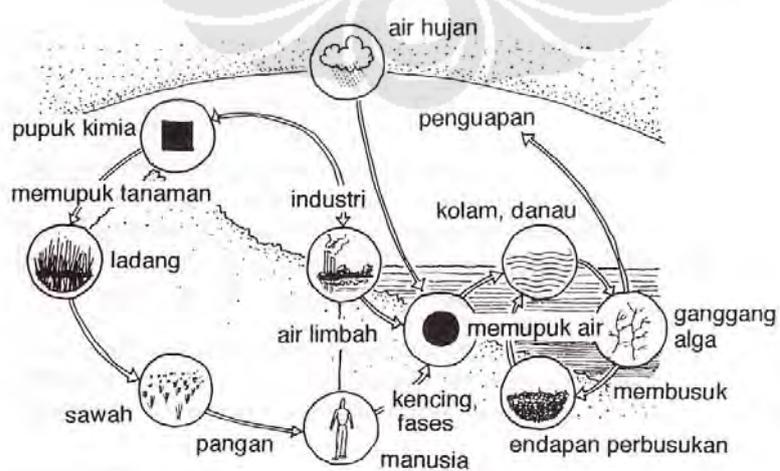
Materi adalah bahan mentah yang digunakan untuk menjadi bahan bangunan<sup>17</sup>. Dalam daur material terdapat dua jenis materi, yaitu materi yang menjadi bahan mentah material dan materi yang menjadi sisa / buangan dari daur suatu material. Materi sebagai bahan mentah didapatkan dari alam. Penggunaan secara berlebihan (melebihi daya regenerasi lingkungan) akan menimbulkan dampak penyusutan bahkan krisis sumber daya. Oleh karena itu secara ekologis konsumsi materi sebagai bahan mentah perlu ditekan seminimal mungkin sehingga setidaknya-tidaknya berada pada tingkat yang sama dengan kemampuan regenerasi alam.

<sup>17</sup> Heinz Frick. *Dasar-dasar Eko-Arsitektur* (Yogyakarta: Kanisius. 1998) hal. 113.

Secara alami daur materi di alam bersifat tertutup. Dengan daur yang bersifat tertutup maka daur ini tidak akan menimbulkan materi sisa atau buangan. Daur yang tertutup ini memiliki tingkat efisiensi yang sangat tinggi. Namun karena adanya berbagai kegiatan manusia yang mengganggu, daur tersebut menjadi terputus. Terputusnya daur menyebabkan daur tidak lagi efisien. Materi sisa / buangan akan menjadi beban bagi lingkungan yang tentunya dalam jumlah yang besar akan dapat merusak kualitas lingkungan. Daur yang tidak efisien akan menyebabkan turunnya kualitas lingkungan.



Gambar 2. Daur materi secara alami (sedikit gangguan dari manusia)  
 Sumber: *Dasar-dasar Eko-Arsitektur*.



Gambar 3. Daur materi yang telah terganggu aktivitas manusia  
 Sumber: *Dasar-dasar Eko-Arsitektur*.

## Energi

"Energi dibutuhkan untuk mengubah bahan mentah menjadi bahan bangunan"<sup>18</sup>. Setiap proses pengolahan dalam daur materi membutuhkan energi. Banyaknya proses yang dialami oleh materi berarti banyak pula energi yang dibutuhkan. Dalam hubungan penggunaan energi dengan daur material dikenal adanya istilah *embodied energy* (energi kandungan).

"The embodied energy of a material is the energy require to extract, process, manufacture and transport building materials and products and to deliver them to site"<sup>19</sup>. Namun energi kandungan dalam suatu material masih dapat bertambah dalam masa penggunaannya pada bangunan. Proses perawatan dan perbaikan material yang tentunya menggunakan energi, juga turut diperhitungkan dalam *embodied energy*.

Jumlah keseluruhan energi dalam proses yang dialami suatu bahan penting untuk diketahui. Jumlah tersebut (*embodied energy*) dapat dijadikan indikator dampak yang dihasilkan suatu material terhadap lingkungan, mengingat dalam setiap penggunaan energi tersebut akan dihasilkan emisi dan limbah<sup>20</sup>.

Material	Embodied energy (MJ/kg)
Air dried sawn hardwood	0.5
Stabilised earth	0.7
Concrete blocks	1.5
Insitu concrete	1.9
Kiln-dried sawn hardwood	2.0
Clay bricks	2.5
Plasterboard	4.4
Cement	5.6
Plywood	10.4
Medium density fibreboard (MDF)	11.3
Glass	12.7
Mild steel	34.0
PVC	80.0
Aluminium	170.0

Tabel 2. *Embodied energy* pada material

Sumber: *Building Ecology*.

<sup>18</sup> Heinz Frick. op. cit. hal. 113

<sup>19</sup> Peter Graham. op. cit. hal. 57.

<sup>20</sup> Ibid.

Dari tabel terlihat bahwa material yang membutuhkan proses pembuatan yang lebih rumit (dengan teknologi tinggi) dan material yang pembuatannya membutuhkan lebih banyak bahan mentah akan memiliki nilai *embodied energy* yang lebih besar.

Energi diperoleh dari alam. Sebagian besar sumber energi yang ada saat ini berasal dari transformasi materi alam yang tidak terbarukan. Dengan demikian penggunaan energi berarti juga penggunaan materi alam. Oleh karena itu secara ekologis penggunaan energi juga harus ditekan seminimal dan seefisien mungkin.

Dalam isu efisiensi penggunaan materi dan energi kegiatan daur ulang menjadi sangat relevan. Dengan kegiatan daur ulang konsumsi terhadap materi alam dapat dikurangi. Selain itu jumlah materi sisa yang harus menjadi beban lingkungan juga dapat ditekan karena pada prinsipnya kegiatan daur ulang adalah kegiatan yang melihat potensi yang terdapat dalam suatu materi sisa. Dengan bantuan pemikiran yang kritis dan teknologi, materi yang dianggap sisa dapat dikembalikan kepada daurnya sehingga materi tersebut dapat dipergunakan kembali.

### **II. 1. 3. Klasifikasi Bahan Bangunan Secara Ekologis**

Dalam hubungannya dengan daur bahan, material yang digunakan pada lingkungan bangun dapat diklasifikasikan berdasarkan penggunaan bahan mentah dan tingkat transformasi (perubahan wujud fisik) yang terjadi dalam daurnya. Aspek penggunaan bahan mentah berkaitan dengan konsumsi materi, sedangkan aspek tingkat transformasi berkaitan dengan konsumsi energi (makin tinggi tingkat transformasi maka makin besar konsumsi energinya). Klasifikasi ini dianggap perlu untuk mempermudah mengenali tingkatan dampak yang dihasilkan penggunaan suatu bahan terhadap lingkungannya<sup>21</sup>. Berikut adalah klasifikasi tersebut:

- Bahan bangunan yang dapat dibudidayakan kembali (regeneratif)  
Yang termasuk ke dalam bahan bangunan ini adalah bahan bangunan organik nabati dan hewani yang dapat diaplikasikan langsung, tanpa transformasi. Contoh: kayu, rotan, rumbia, alang-alang, kulit binatang, dll. Bahan bangunan ini memiliki daur hidup alami (kemampuan budidaya), oleh karena itu daurnya bersifat tertutup. Dengan daur yang tertutup

---

<sup>21</sup> Heinz Frick. *Ilmu Bahan Bangunan* (Yogyakarta: Kanisius. 1998) hal. 11

material ini relatif tidak memiliki dampak negatif secara ekologis. Dalam penggunaannya juga hanya membutuhkan energi yang sangat kecil. Walaupun sifatnya regeneratif namun penggunaannya tetap harus dijaga agar tidak melebihi kemampuannya beregenerasi secara alami. *"The sustainable use of resources requires using renewable resources at a rate at which they can be replenished"*<sup>22</sup>.

- Bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali  
Yang termasuk ke dalam klasifikasi ini adalah bahan organik bukan nabati atau hewani yang dapat langsung diaplikasikan pada bangunan, seperti: tanah liat, pasir, batu alam, dll.  
Bahan bangunan ini sifatnya tidak terbarukan, namun dapat dipergunakan berulang kali dengan proses sederhana.
- Bahan bangunan alam yang mengalami perubahan transformasi sederhana.  
Yang termasuk ke dalam klasifikasi bahan bangunan ini adalah material yang bahan mentahnya berasal dari alam, kemudian mengalami pengolahan yang mengakibatkan perubahan pada wujud (transformasi) bahan. Contoh: batu bata dari tanah liat, genting dari tanah liat, logam dari bijih logam, kaca dari pasir kuarsa, dll.  
Bahan mentah yang digunakan sifatnya tidak terbarukan, namun bahan bangunan dapat digunakan kembali dengan perlakuan tertentu.  
Beberapa dari bahan ini dalam pengolahannya melibatkan proses dengan teknologi yang cukup tinggi. Proses tersebut juga melibatkan
- Bahan bangunan yang mengalami beberapa tingkat perubahan transformasi  
Yang termasuk ke dalam klasifikasi bahan bangunan ini adalah material yang menggunakan bahan mentah fosil (minyak bumi, arang atau gas). Material yang dihasilkan berupa material sintetis seperti: plastik, epoksi, polikarbonat, pvc, dll.  
Bahan sintetis merupakan bahan yang dinilai tidak baik secara ekologis, karena; 1. sulit didaur ulang, membutuhkan energi dan biaya yang besar;

---

<sup>22</sup> Peter Graham. op. cit. hal. 139.

2. Pengolahan harus melalui beberapa proses yang tidak dapat dibalik (irreversible);
3. Menggunakan bahan baku yang tidak dapat diperbaharui (bahan mentah fosil).

Pengetahuan bahan bangunan ditinjau dari sisi ekologis sangat penting. Penggunaan material pada bangunan harus disadari memiliki dampak yang begitu jauh terhadap lingkungan. Oleh karena itu penggunaan material harus dilakukan secara optimal. Artinya material tersebut harus dapat dimanfaatkan terus menerus dengan semaksimal mungkin. Dengan demikian permintaan terhadap material baru dapat dikurangi. Karena penggunaan material baru berarti konsumsi terhadap sumber daya alam dalam jumlah yang besar dan juga dampak negatif terhadap lingkungan yang begitu besar pula. Dalam upaya optimalisasi penggunaan bahan ini, daur ulang dapat menjadi solusi yang sangat baik.

## II. 2. Daur Ulang

*"Earth is already living beyond its means. This provides the context for considering the problem of waste"*<sup>23</sup>. Bumi telah dihidupi oleh manusia melebihi kapasitasnya. Hal ini merupakan cukup alasan untuk mempertimbangkan tentang isu sampah. Pernyataan tersebut mencakup dua isu utama yakni *'means'* dan *'the problem of waste'*.

*Means* dapat diartikan sebagai kapasitas atau kemampuan. Berbicara tentang kapasitas berarti berbicara tentang pemenuhan kebutuhan. Dengan demikian isu *means* dapat diartikan sebagai isu sumber daya alam sebagai alat pemenuhan kebutuhan manusia. Sumber daya alam telah mengalami penyusutan jumlah yang sangat besar oleh karena pola konsumsi manusia yang tidak baik, yang melebihi kemampuan regenerasi alam. Penyusutan ini mengancam generasi di masa mendatang dalam pemenuhan kebutuhan hidupnya.

*The problem of waste* atau isu tentang sampah dapat dilihat dari dua sudut pandang yang berbeda khususnya dalam konteks lingkungan bangun. *The problem of waste* dapat diartikan sebagai permasalahan jumlah sampah yang semakin banyak sehingga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, atau *the problem of waste* juga dapat diartikan sebagai suatu isu dimana *waste* atau sampah harus

---

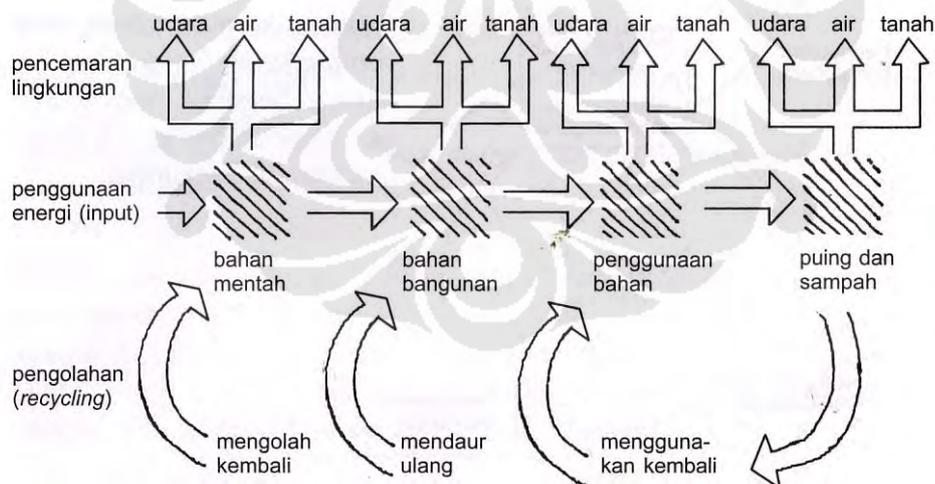
<sup>23</sup> Peter Smith. op. cit. hal. 102.

dilihat kembali secara kritis sebagai suatu potensi dalam pemenuhan kebutuhan manusia.

Daur ulang merupakan salah satu strategi yang dapat diterapkan dalam upaya mencapai *sustainable development*. Strategi ini sangat erat hubungannya dengan penggunaan material dan pengelolaan sampah.

### II. 2. 1 Pengertian Daur Ulang

Daur ulang dalam bahasa Inggris berarti *recycle*. Menurut runutan katanya kata *recycle* terdiri dari dua kata *re-* dan *cycle*. Kata *re-* dalam kamus *Oxford Learner's Dictionary* berarti; *again* Sedangkan kata *cycle* memiliki arti; *series of events in a regularly repeated order*. Kata *recycle* sebagai sebuah kata berarti; *treat (something already used) so that it can be used again* <sup>24</sup>. Dari beberapa pengertian kata tersebut dapat disimpulkan bahwa kata daur ulang, yang dapat diwakilkan dengan kata *recycle* dalam bahasa Inggris, berarti tindakan mengembalikan sesuatu yang telah digunakan kepada suatu siklus atau daurnya sehingga pada akhirnya sesuatu itu dapat digunakan kembali.



Gambar 4. *Recycle* dalam daur bahan

Sumber: *Ilmu Bahan Bangunan*.

*Recycle* juga dapat diartikan sebagai suatu rangkaian proses. "A more precise definition of recycling could include any process where waste materials are collected, manufactured into new material, and used or sold again in the form of new

<sup>24</sup> *Oxford Learner's Pocket Dictionary*. (Oxford: Oxford University Press, 1995)

*products or raw materials*”<sup>25</sup>. Menurut pengertian tersebut suatu kegiatan dapat didefinisikan sebagai kegiatan *recycle* jika mencakup tiga jenis proses, yaitu:

- *Collection*; yakni kegiatan mengumpulkan material-material yang tidak digunakan lagi (sampah)
- *Manufacturing*; yakni kegiatan produksi dengan menggunakan material bekas (sampah) sebagai bahan mentah untuk menghasilkan produk baru
- *Consumption*; yakni kegiatan memakai produk baru yang diolah dari material bekas (sampah).

Dari beberapa pengertian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa inti dari *recycle* adalah pemanfaatan material bekas atau sampah dengan pengolahan sedemikian rupa sehingga dapat dikonsumsi kembali untuk memenuhi kebutuhan hidup. Dalam hal ini sampah tidak lagi dianggap sebagai sesuatu yang harus dibuang atau dimusnahkan begitu saja, melainkan sebagai suatu potensi sebagai bahan mentah untuk memenuhi kebutuhan.

Dengan demikian pemenuhan kebutuhan tidak lagi hanya bisa dilakukan dengan mengeksploitasi material mentah dari alam. Sumber daya alam sedikit banyak dapat diminimalkan penggunaannya. Selain itu pemanfaatan sampah pada daur ulang juga dapat mereduksi jumlah penumpukan sampah yang dapat menimbulkan polusi pada lingkungan. Penerapan daur ulang ini sejalan dengan upaya konservasi sumber daya alam.

*“We are slowly moving to a position where there will be no such thing as waste, merely transformation. This is what recycling is mainly about”*<sup>26</sup>.

## **II. 2. 2. Termodinamika dan Ekologi Daur Ulang**

Termodinamika merupakan hukum fisika yang menjelaskan kondisi dasar sistem energi dan materi yang ada di dunia. Dengan memahami termodinamika kita dapat menciptakan suatu sistem hidup yang sesuai, dan mampu mendukung keberlanjutan.

---

<sup>25</sup> David, Melinda Powelson. *The Recycler's Manual for Business, Government, and the Environmental Community*. (New York: Van Nostrand Reinhold, 1992) hal. 9

<sup>26</sup> Peter Smith. op. cit. hal. 103.

*"Under normal circumstances matter can't be destroyed either. The first law implies that energy and matter can't really be consumed, but are instead processed and transformed. The amount of energy and matter existing before the transformation will be equal to the amount existing after the transformation, although in different forms"<sup>27</sup>.*

Kutipan di atas merupakan penjelasan singkat mengenai hukum termodinamika yang pertama. Menurut hukum termodinamika materi dan energi tidak dapat musnah, hanya mengalami perubahan wujud. Namun yang menjadi masalah adalah jika wujud yang tercipta akibat pengolahan materi itu adalah wujud yang tidak dapat dimanfaatkan kembali oleh manusia, atau wujud yang dapat membahayakan lingkungan kehidupan manusia.

Sampah / limbah adalah salah satu wujud materi. Namun banyak dari sampah yang ada pada saat ini sebenarnya masih dapat dimanfaatkan kembali. Gaya hidup konsumerisme mengakibatkan banyaknya materi yang dibuang masih memiliki kandungan energi yang besar. Kandungan energi yang besar berarti materi masih memiliki kemampuan regenerasi, masih dapat ditransformasi ke dalam bentuk yang bisa dimanfaatkan kembali. Hal ini menunjukkan penggunaan materi secara tidak optimal.

*"The first law of thermodynamics therefore reminds BEEs (Building professionals Ecologically literate and Environmentally aware) to be resource efficient, to minimise consumption (dematerialise), and to use resources wherever possible which don't cause pollution and that are easy to regenerate"<sup>28</sup>.*

Berbeda dengan energy materi bergerak pada suatu sistem yang tertutup, sebuah siklus. *"... as energy flows through a closed system the energy available to that system for work decreases"<sup>29</sup>*. Kutipan tersebut merupakan definisi dari hukum termodinamika yang kedua. Dalam suatu sistem yang tertutup seperti pada sistem materi, semakin sering materi itu mengalami transformasi (kerja), maka semakin berkurang pula energi yang dimiliki materi untuk melakukan kerja (energi berkualitas tinggi) dan semakin bertambah jumlah energi yang tidak dapat dipakai untuk

---

<sup>27</sup> Peter Graham. op. cit. hal. 138.

<sup>28</sup> Ibid. hal. 139.

<sup>29</sup> Ibid.

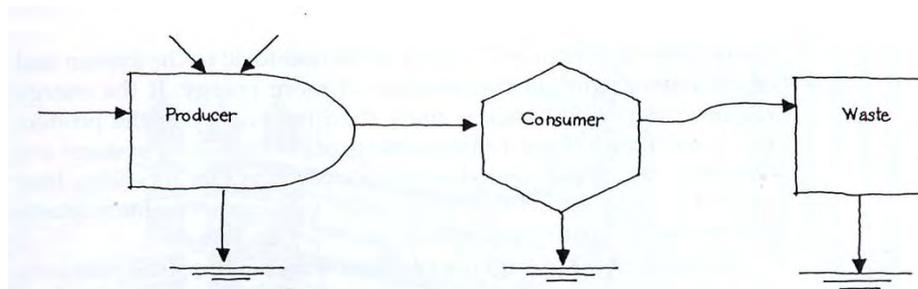
melakukan kerja (energi berkualitas rendah). Energi berkualitas rendah ini dikenal dengan istilah entropi. Suatu sistem yang memiliki jumlah energi berkualitas rendah dalam jumlah yang besar, dapat dikatakan sebagai sistem dengan entropi tinggi. Entropi yang tinggi dalam suatu sistem cenderung menciptakan suatu keadaan yang tidak terorganisir (*less organized*) atau kacau.

Hukum termodinamika yang kedua ini berhubungan dengan daur hidup bahan. Sesuai dengan hukum termodinamika ini dapat disimpulkan bahwa semakin panjang proses suatu bahan dalam daur hidupnya maka semakin sedikit kandungan energi berkualitas tinggi dalam bahan dan semakin tinggi entropinya.

*"To survive, a system must be designed to use energy it receives in the most optimum way. Given that energy-quality is constantly lost from a system as it performs its function, keeping as much energy in the system for as long as possible is very important"*<sup>30</sup>.

Daur ulang merupakan upaya untuk mempertahankan energi dalam suatu sistem materi sebanyak dan selama mungkin. *"Sustainable systems are those that recycle the outputs of consumption as resources for production. Sustainable systems therefore don't waste resources they feed production and thereby keep the energy in their systems for as long as possible"*<sup>31</sup>. Daur ulang merupakan pengejawantahan dari suatu sistem yang berkelanjutan, yang mampu mempertahankan kelangsungan energi.

Daur ulang dapat memaksimalkan efektifitas dan efisiensi penggunaan energi. Dalam daur ulang sendiri tentunya dibutuhkan adanya energi. Namun energi yang digunakan dalam daur ulang akan menghasilkan lebih banyak energi lagi.

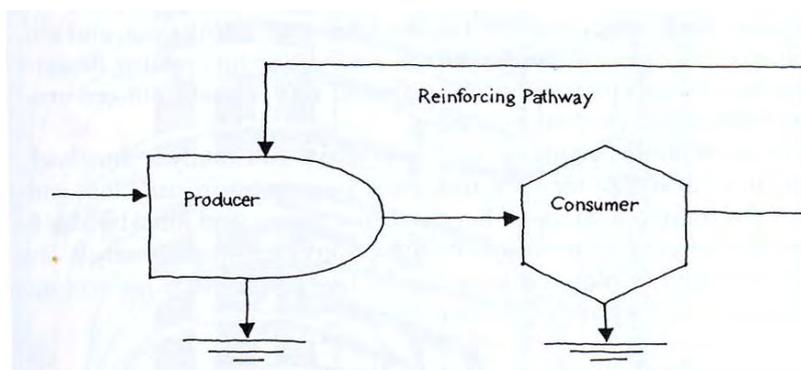


Gambar 5. Diagram sistem yang tidak berkelanjutan

Sumber: *Building Ecology*.

<sup>30</sup> Ibid. hal. 144.

<sup>31</sup> Peter Graham. op. cit. hal. 145.



Gambar 6. Diagram sistem yang berkelanjutan

Sumber: *Building Ecology*.

### II. 2. 3. Daur Ulang pada Lingkungan Bangun

Lingkungan bangun mengkonsumsi sumber daya alam dalam jumlah yang sangat besar, tercatat 40% dari total konsumsi sumber daya alam secara global per tahun. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa dalam sebuah bangunan terkandung sumber daya alam yang sangat besar jumlahnya. Sumber daya yang terkandung dalam bangunan tersebut tentunya dapat dipergunakan kembali baik untuk fungsi yang sama maupun berbeda." *It is in the sphere of building that recycling has considerable potential*"<sup>32</sup>.

Namun pada kenyataannya potensi tersebut seringkali tidak disadari dan disia-siakan begitu saja. Bangunan yang sudah tidak dipakai lagi seringkali dihancurkan begitu saja dan digantikan dengan membangun bangunan baru. Maka sisa dan puing-puing konstruksi gedung menjadi sampah dalam seketika. Dengan demikian sampah yang dihasilkannya pun berjumlah sangat besar dan biasanya berakhir sebagai tumpukan sampah di tempat penampungan sampah. Tumpukan sampah padat dalam jumlah yang sangat besar ini tentunya akan memberikan dampak bagi lingkungannya, misalnya pencemaran tanah.

Jumlah sampah yang dihasilkan oleh industri konstruksi mencapai angka yang sangat tinggi setiap tahunnya. Hal ini terjadi hampir di semua negara di dunia. "*In Australia it has been estimated to constitute up to 40% of the urban solid waste stream disposed at landfill site. In Singapore it comprises between 10% and 20%*

<sup>32</sup> Peter Smith. op. cit. hal. 103.

*while figures for the US are around 33%. The building industry can therefore play a major role in trying to reduce solid waste and reduce the need to take up space for landfills”*<sup>33</sup>. Jumlah yang besar ini mengindikasikan bahwa upaya untuk melakukan pengurangan jumlah sampah adalah tepat jika dimulai dari industri konstruksi.

Kondisi ini harus dipandang sebagai potensi yang sangat besar untuk menerapkan daur ulang pada lingkungan bangun. Penerapan daur ulang pada lingkungan bangun bukan saja hanya berupa kegiatan mendaur ulang material-material yang ada pada bangunan tetapi juga pemakaian material-material bekas atau material hasil daur ulang pada bangunan.

Dalam hal *recycling* perlu diperhatikan, bahwa dalam hubungannya dengan bahan bangunan istilah '*recycling*' agak umum dan mengandung istilah 3 di- sebagai berikut:<sup>34</sup>

- diolah kembali, berarti bahan bangunan yang sudah dipakai dapat diolah (digiling, dilebur, diproses, dsb.) sehingga menjadi bahan yang asli kembali, atau bahan lain yang dapat dimanfaatkan
- didaur ulang, berarti bahan bangunan, yang sudah dipakai dapat didaur ulang (konstruksi atap kayu bekas menjadi kosen, pecahan kaca menjadi kaca patri, dsb.)
- digunakan kembali, berarti bahan bangunan, yang sudah dipakai, langsung dapat dipakai lagi (genting, kaca, batu alam yang ditarah, dan sebagainya).

Pernyataan di atas juga didukung oleh pernyataan Peter White yang menyatakan cakupan *recycle* dalam lingkungan bangun. "*There are at least three aspects to this; 1. re-used items for the same or an alternative purpose; 2. refurbished materials; 3. reconstituted materials.*"<sup>35</sup>.

- *re-used items*, berarti penggunaan kembali bahan bangunan secara langsung, baik untuk penggunaan yang sama atau pun berbeda dengan penggunaan sebelumnya. Aspek ini sama dengan istilah 'digunakan kembali'

---

<sup>33</sup> Peter Graham. op. cit. hal. 69.

<sup>34</sup> Heinz Frick. op. cit. hal. 119.

<sup>35</sup> Peter Smith. op. cit. hal. 103-104.

- *Refurbished materials*, berarti material bekas mengalami perbaikan nilai. Aspek ini sama dengan istilah 'didaur ulang'.
- *Reconstituted materials*, berarti material bekas mengalami proses pengolahan kembali. Aspek ini sama dengan istilah 'diolah kembali'.

Pengkategorian di atas dapat disimpulkan pula sebagai pengkategorian *recycle* berdasarkan proses manufakturnya.

#### Diolah Kembali / *reconstituted*

Proses *recycle* dengan diolah kembali biasanya memiliki karakteristik, sebagai berikut:

- dalam proses *recycle* bahan mengalami perubahan wujud fisik
- proses *recycle* membutuhkan teknologi yang relatif tinggi
- membutuhkan energi yang relatif besar
- biasanya dilakukan secara massal / bersifat pabrikasi
- membutuhkan modal yang besar
- proses melibatkan proses fisika dan atau kimia.

Salah satu kekurangan dari proses ini adalah besarnya jumlah energi yang dibutuhkan dalam proses *recycle*. Selain energi yang dipakai dalam proses *recycle* energi kandungan bahan (*embodied energy*) juga relatif tinggi. Hal ini disebabkan proses pengolahan kembali ini memiliki output berupa bahan yang belum siap pakai, masih harus melalui beberapa proses lagi di dalam daur bahannya sebelum benar-benar bisa diaplikasikan pada bangunan (lihat gambar 4). Proses ini paling tidak efisien dalam pemanfaatan energi.

Oleh karena itu proses ini dapat dikatakan baik secara ekologis apabila total energi yang digunakan dalam proses *recycling* tidak lebih besar apabila dibandingkan dengan total energi yang digunakan dalam ekstraksi sumber daya alam mentah menjadi material bangunan tersebut. Namun proses ini tetap akan lebih baik secara ekologis apabila dilihat dari sudut pandang konservasi sumber daya alam terutama sumber daya yang tak terbarukan. Hal ini disebabkan bahan mentah dalam *recycling* tidak lagi diambil dari alam melainkan dengan memanfaatkan sampah.

Proses ini biasanya diterapkan pada material-material bekas yang secara fisik tidak memadai lagi, namun secara materi material-material ini masih memiliki nilai.

Misalnya baja yang sudah berkarat, kayu yang sudah lapuk, kaca yang telah pecah, dll. Dalam daur bahan proses ini dapat mengembalikan material (dalam bentuk produk) kepada bentuk dasarnya.

Salah satu contoh penerapan pengolahan kembali adalah pada proses *recycle* bahan kaca jendela. Dalam proses pengolahan kembali kaca mengalami perubahan wujud dari padat menjadi cair dalam proses peleburan. Peleburan ini dilakukan dengan melakukan pemanasan pada kaca dengan suhu yang sangat tinggi. Energi yang besar dibutuhkan dalam proses peleburan ini. Proses *recycle* ini sendiri membutuhkan teknik-teknik tertentu yang menyebabkan proses ini tidak dapat dilakukan secara mudah.

#### Didaur ulang / *refurbished*

Proses *recycle* dengan daur ulang memiliki karakteristik sebagai berikut:

- tidak terjadi perubahan wujud fisik bahan
- proses dapat dilakukan dengan teknologi yang sederhana
- membutuhkan energi yang relatif lebih kecil
- biasa dilakukan dalam skala besar /pabrikasi ataupun dalam skala kecil
- membutuhkan modal yang relatif kecil
- proses hanya melibatkan proses fisika

Salah satu kelebihan proses ini adalah dapat dilakukan dengan teknologi yang sederhana, ditambah lagi modal yang dibutuhkan relatif kecil, dengan demikian proses ini dapat dilakukan sampai kepada tingkat rumah tangga. Energi yang dibutuhkan dalam proses ini juga lebih kecil bila dibandingkan dengan *recycle* dengan pengolahan kembali. Begitu juga dengan *embodied energy* material yang dihasilkan dengan proses ini juga lebih kecil dibandingkan dengan proses sebelumnya (lihat gambar 4). Proses ini tergolong baik secara ekologis.

Contoh penerapan *recycle* dengan mendaur ulang, misalnya pada kaca jendela. Kaca jendela bekas dapat diolah menjadi kaca patri. Pengolahannya dapat dilakukan dengan teknologi sederhana yang tidak membutuhkan banyak energi.

### Digunakan Kembali / reused

Proses *recycle* dengan penggunaan kembali memiliki karakteristik sebagai berikut:

- tidak mengalami perubahan bentuk produk
- proses tidak membutuhkan teknologi
- relatif tidak membutuhkan energi
- dapat dilakukan dalam skala kecil ataupun besar, namun tidak membutuhkan pabrikasi.
- Membutuhkan modal yang sangat kecil
- Proses tidak melibatkan proses fisika maupun kimia

Proses ini dapat dianggap sebagai proses yang paling baik secara ekologis. Proses relatif tidak membutuhkan energi, dapat dengan mudah dilakukan. Bila dilihat pada daur bahan, produk dari proses ini langsung dapat digunakan (lihat gambar 4). Dengan demikian efisiensi *embodied energy* sangat tinggi. Karena proses yang dialami pada daur bahan sangat singkat, maka dampak yang dihasilkan terhadap lingkungan pun sangat kecil atau dapat dikatakan relatif tidak ada.

Proses ini hanya dapat dilakukan pada material yang masih memiliki kualitas yang layak pakai baik secara fisik maupun materi. Selain itu proses ini tidak memberikan fleksibilitas dalam desain karena keterbatasan bentuk yang diberikan oleh material lama. Proses ini sering diterapkan dalam kegiatan konservasi dan rehabilitasi bangunan.

Dalam melakukan *recycle* pada lingkungan bangun dibutuhkan kejelian dalam melihat potensi yang terdapat pada material-material bekas / sisa dan juga kejelian dalam memutuskan jenis tindakan *recycle* yang akan dilakukan pada material. Ada begitu banyak material bekas yang dapat di-*recycle* sehingga dapat diaplikasikan kembali pada lingkungan bangun. Berbagai karakteristik yang ada pada cakupan *recycle* perlu dipahami untuk menghindari kegiatan *recycle* yang tidak tepat guna pada material. Tindakan *recycle* yang tidak tepat dapat mengakibatkan pemanfaatan materi yang tidak optimal dan efisien. Akibatnya dapat memberi dampak buruk bagi lingkungan.

## **BAB III**

### **STUDI KASUS**

Bab ini bertujuan untuk memaparkan suatu contoh kasus dimana strategi daur ulang yang berdasarkan pada pengetahuan terhadap ekologi bahan dapat diterapkan dalam upaya mencapai keberlanjutan dalam pembangunan. Analisa dilakukan pada kasus yang dipaparkan berdasarkan pengetahuan teori ekologi bahan dan daur ulang. Tinjauan ini dilakukan terhadap dua karya dari Rural Studio, yaitu: *Mason's Bend community center* dan *Yance's chapel*.

Rural Studio merupakan sebuah studio arsitektur yang dibentuk oleh Samuel Mockbee pada awal tahun 90-an. Studio ini dipimpin langsung oleh Mockbee dan beranggotakan mahasiswa yang melakukan kerja magang dari berbagai universitas, terutama dari *Auburn University* tempat dimana Mockbee bekerja sebagai dosen. Kegiatan studio ini berorientasi pada proyek-proyek sosial yang berfokus pada pelayanan masyarakat yang kurang mampu. Tujuan utama studio ini adalah untuk memberikan kelayakan arsitektur bagi orang-orang yang tidak mampu. Proyek-proyek yang dikerjakannya terdapat pada daerah *Hale county*, Alabama, salah satu daerah pedesaan paling miskin yang ada di Amerika.

Bekerja dengan motif pelayanan masyarakat miskin memaksa Rural Studio bekerja dengan anggaran dana yang sangat terbatas. Namun keterbatasan ini bukan suatu halangan bagi Rural Studio untuk menghasilkan suatu lingkungan bangun yang layak bagi masyarakat. Penggunaan material sisa /bekas menjadi solusi bagi permasalahan ini. Dengan penggunaan material bekas tentunya dapat menekan biaya konstruksi bangunan, dan di sisi lain hal tersebut juga sangat mendukung prinsip-prinsip ekologis pembangunan yang berkelanjutan.

#### **III. 1. Mason's Bend Community Center (Rural Studio, 2000)**

##### Deskripsi Umum

Bangunan ini merupakan suatu fasilitas sosial yang berada pada suatu kota kecil bernama *Mason's Bend* yang termasuk dalam *Hale county*, Alabama, Amerika

Serikat. *Community center* ini dibangun berdasarkan kebutuhan masyarakat akan fasilitas serbaguna yang dapat digunakan untuk kegiatan-kegiatan pertemuan warga baik secara formal maupun informal dan kegiatan pelayanan keagamaan.



Gambar 7: Mason's Bend *Community Center*

Sumber: *Rural Studio*

### Analisa

Analisa dilakukan dengan memperhatikan penggunaan material pada tiap-tiap elemen bangunan dalam kaitannya dengan ekologi dan penerapan daur ulang, yaitu:

- Dinding  
“The rammed-earth walls are thirty percent clay and seventy percent sand”<sup>36</sup>. Kandungan material utama dalam dinding adalah **tanah liat dan pasir**. Material ini diambil langsung dari tapak.

### **Tinjauan Ekologis**

- Energi:
- bahan mentah diolah menjadi material secara sederhana, menggunakan energi yang relatif sangat kecil (diklasifikasikan sebagai bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali).
  - Bahan mentah material diambil langsung dari site, tidak membutuhkan energi untuk transportasi.

---

<sup>36</sup>Andrea Oppenheimer Dean. *Rural Studio*. (New York: Princeton Architectural Press. 2002) hal.50

Energi yang digunakan dalam aplikasi material ini (embodied energy) adalah sangat kecil. Maka dampak yang dihasilkan terhadap lingkungan dilihat dari sudut pandang energi adalah sangat kecil.

- Materi:
- materi termasuk dalam klasifikasi bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali, artinya material ini memiliki potensi yang besar untuk dapat dimanfaatkan kembali. Hal ini memperkecil kemungkinan material menjadi sampah bagi lingkungan.
  - Material diambil dan diolah dengan teknologi yang sangat sederhana yang relatif tidak menghasilkan emisi bagi lingkungan.
  - Material terdiri dari bahan yang tidak terbarukan. Namun bahan ini masih sangat jarang dan sedikit dimanfaatkan, oleh karena itu sangat berpotensi digunakan sebagai material alternatif.

Dilihat dari sudut pandang materi, material ini tergolong sangat baik secara ekologis.



Gambar 8: Elemen dinding pada *community center*

Sumber: *Rural Studio*

- Lantai  
Lantai pada bangunan ini sebagian besar ditutupi dengan perkerasan berupa **batu-batu / agregat halus** dan sisanya berupa

lantai **beton** yang campurannya juga menggunakan agregat yang sama. Agregat ini dipakai dengan mendaur ulang dinding beton dari sebuah bangunan yang tidak terpakai, yang berada tak jauh dari tapak.

### **Tinjauan ekologis**

- Energi:
- Material diperoleh dengan mendaur ulang. Kegiatan *recycle* ini dilakukan dengan cara yang sangat sederhana dan tidak mengkonsumsi banyak energi. Begitu pula dengan aplikasinya.
  - Kegiatan *recycle* dilakukan tidak jauh dari tapak, sehingga tidak membutuhkan energi transportasi yang besar.

Penggunaan energi sangat kecil, dengan demikian aplikasi material ini memberikan dampak yang relative kecil pada lingkungan.

- Materi:
- materi termasuk dalam klasifikasi bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali, artinya material memiliki potensi yang besar untuk dapat dimanfaatkan kembali. Hal ini memperkecil kemungkinan material menjadi sampah bagi lingkungan.
  - Material diambil dan diaplikasikan dengan teknologi yang sangat sederhana yang relatif tidak menghasilkan emisi bagi lingkungan.
  - Penerapan *recycle* dalam aplikasi ini meniadakan konsumsi bahan agregat baru yang diambil dari alam.

Dilihat dari segi materi, penggunaan material ini adalah baik secara ekologis.

### **Tinjauan Daur Ulang**

Penerapan *recycle* pada aplikasi material ini dilakukan dengan mendaur ulang (*refurbish*). Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya kegiatan *recycle* ini dapat dilakukan secara sederhana dan tidak melibatkan energy yang besar. Dengan demikian efisiensi dan optimalisasi penggunaan bahan cukup tinggi. Dengan *recycle* ini

Rural Studio telah mengurangi pemakaian bahan mentah dari alam (konservasi alam), sekaligus mengurangi jumlah sampah pada lingkungan.



Gambar 9: Lantai agregat dan beton

Sumber : *Rural Studio*

- **Struktur Baja**

*“Columns and secondary structural members were made from scrap metal donated by a local company, which the students had to hand-sand to remove rust and then also paint themselves”*<sup>37</sup>. Kolom dan struktur sekunder pada bangunan terbuat dari **baja** bekas yang tidak terpakai lagi. Kemudian material tersebut di ampelas dan di cat kembali.

### **Tinjauan Ekologis**

- Energi:
- Material diperoleh dengan mendaur ulang. Kegiatan *recycle* ini dilakukan dengan cara yang sangat sederhana dan tidak mengonsumsi banyak energi. Begitu pula dengan aplikasi material.
  - Material didapatkan di sekitar tapak dan di-*recycle* langsung di tapak. Dengan demikian tidak membutuhkan energi transportasi.

---

<sup>37</sup> James Steele. *Ecological Architecture*. (London: Thames & Hudson) hal. 233.

Penggunaan energi sangat kecil, dengan demikian aplikasi material ini memberikan dampak yang relatif kecil pada lingkungan.

- Materi:
- Material diperoleh dengan *recycle* yang sangat sederhana dan tidak menimbulkan emisi pada lingkungan.
  - Penggunaan material tidak dengan mengkonsumsi materi mentah dari alam
  - Aplikasi material dengan proses *recycle*-nya tidak menghasilkan sampah (*waste*) bagi lingkungannya.

Dari segi materi, aplikasi material ini sangat baik secara ekologis.

### **Tinjauan daur ulang**

*Recycle* pada aplikasi material ini dilakukan dengan mendaur ulang (*refurbish*). Proses mendaur ulang dilakukan dengan sangat sederhana dan tidak membutuhkan energi yang besar. Sementara dalam proses pembuatan material ini, dari penambangan bijih besi sampai pengolahannya menjadi baja / material bangunan membutuhkan energi yang besar. Dengan mendaur ulang, materi ini telah dipergunakan dengan sangat efisien dan optimal serta minimal dalam menghasilkan dampak terhadap lingkungan. Konsumsi material dengan *recycle* ini telah mengurangi konsumsi bahan mentah dari alam dan juga telah mengurangi jumlah sampah (*waste*) pada lingkungan.



Gambar 10: Kolom dan struktur sekunder dari baja

Sumber : *Rural Studio*

- Struktur Kayu

*“The site also provided the timber for the roof: the students cut down cypress trees on the property, milled them into planks and then glue-laminated these into beams that provide the main structural support”*<sup>38</sup>. Material **kayu** didapatkan dengan menebang pohon yang ada pada site. Kayu dari pohon tersebut diolah sedemikian rupa sehingga dapat digunakan sebagai struktur utama pada atap bangunan.

*“They sent the lumber off to be cured and laminated and used left-over timbers to handcraft benches”*<sup>39</sup>. Rural Studio berusaha mengoptimalkan penggunaan material ini dengan memanfaatkan sisa pengolahan kayu untuk struktur sebagai material dalam pembuatan perabot (bangku).

---

<sup>38</sup> James Steele. Op. cit. hal. 233

<sup>39</sup> Andrea Oppenheimer Dean. Op. cit. hal. 50

### Tinjauan Ekologis

- Energi:
- Dalam aplikasi material dipergunakan energy yang cukup besar dalam pengolahannya. Namun hal ini dilakukan dalam skala yang sangat kecil.
  - Bahan diperoleh langsung dari tapak. Begitu pula dengan pengolahannya dilakukan tak jauh dari tapak. Dengan demikian membutuhkan energi transportasi relatif sangat kecil.

Penggunaan energy cukup besar dalam pengolahan bahan. Namun material dipergunakan dengan sangat optimal.

- Materi:
- Materi dipergunakan dengan proses pengolahan yang sederhana, dan menghasilkan emisi dalam jumlah kecil.
  - Material diperoleh dengan mengkonsumsi bahan mentah dari alam.
  - Material dipergunakan secara efisien dan optimal sehingga hanya menghasilkan sampah yang sangat sedikit.

Upaya penggunaan materi dengan optimal dan efisien terlihat dari upaya menggunakan material kayu sisa struktur sebagai material untuk pembuatan bangku. Dengan upaya ini dapat menekan konsumsi material dari alam sekaligus mengurangi sampah pada lingkungan.



Gambar 11: Struktur atap dan bangku

Sumber: *Rural Studio*

- Dinding Kaca

“A large glass wall, which has become the symbol of the studio’s intentions and inventiveness, is made from the side windows of 1989 General Motors automobiles, retrieved from a salvage yard in Chicago”<sup>40</sup>. Dinding dan atap kaca pada bangunan ini merupakan 80 buah **kaca jendela mobil bekas** yang dibeli dari tempat pembuangan di Chicago.

### Tinjauan Ekologis

Energi: - Material merupakan material bekas yang digunakan kembali (*reused*). Proses *recycle* ini dapat dikatakan tidak mengonsumsi energi.  
- Material didatangkan dari tempat yang cukup jauh dari tapak, sehingga mengonsumsi energi untuk transportasi dalam jumlah yang cukup besar.

Penggunaan energi transportasi yang cukup besar dapat dinilai kurang baik secara ekologis.

Materi: - Penerapan *recycle* dengan penggunaan kembali (*reuse*) dapat dikatakan tidak menghasilkan emisi pada lingkungan.  
- Penggunaan material kaca bekas mampu meniadakan konsumsi terhadap sumber daya alam.  
- Proses *recycle* tidak menghasilkan sampah (*waste*) bagi lingkungan

Dari segi materi, aplikasi material ini sangat baik secara ekologis.

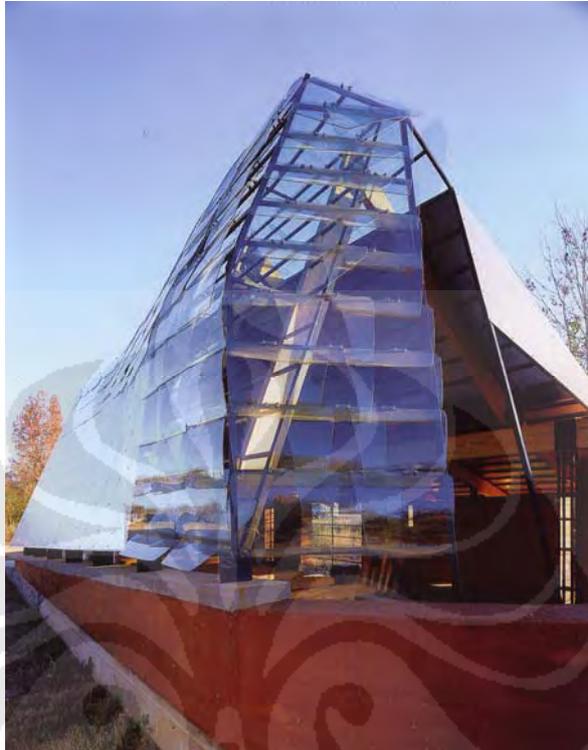
### Tinjauan Daur Ulang

*Recycle* dilakukan dengan penggunaan kembali material (*reuse*). Proses ini relative tidak membutuhkan energi. Namun dalam proses *collection*-nya membutuhkan energi yang cukup besar. Sementara dalam proses pembuatannya, kaca, membutuhkan energi yang jauh lebih besar. Dengan demikian aplikasi material ini masih sangat efisien dan optimal. Dengan penerapan *recycle* ini konsumsi terhadap

---

<sup>40</sup> James Steele. Op. cit. hal. 233

sumber daya alam dapat dikurangi dan jumlah sampah yang membebani lingkungan pun dapat dikurangi.



Gambar 12: Dinding kaca  
Sumber: *Rural Studio*

## Kesimpulan

“..., *the community center is a lesson in resourcefulness*”<sup>41</sup>. Pembangunan *community center* ini merupakan suatu pembelajaran kearifan dalam penggunaan sumber daya. Rural Studio sangat jeli dalam memanfaatkan potensi-potensi material-material lokal. Hal ini memberikan keuntungan secara ekologis, yakni dengan mengurangi beban lingkungan akibat transportasi bahan. Material yang digunakan juga merupakan material yang dapat diolah dengan teknologi sederhana, artinya tidak melibatkan proses dengan konsumsi energi yang besar.

*Recycle* juga dilakukan secara intens dalam pembangunan *community center*. Dari penjabaran dalam analisa, dapat disimpulkan bahwa 95% material yang digunakan merupakan material bekas. Kegiatan konstruksi sekaligus menjadi

---

<sup>41</sup> Andrea Oppenheimer Dean. Op. cit. hal. 50

kegiatan *manufacturing* dalam *recycle*. Hal ini dapat terjadi dalam proses *recycle* dengan mendaur ulang (*refurbish*) atau menggunakan kembali (*reuse*). Proses *recycle* tersebut juga tidak melibatkan banyak penggunaan energy dan teknologi. Satu hal lagi yang menjadi keuntungan dalam penerapan daur ulang adalah konsumsi biaya yang lebih murah.

## **IV. 2. Yancey Chapel (Rural Studio, 1995)**

### Deskripsi Umum

Bangunan ini merupakan sebuah Gereja kecil yang dibangun di sebuah desa bernama Sawyerville, masih di kawasan *Hale county*, Alabama, Amerika Serikat. Bangunan ini dibangun atas permintaan masyarakat, dalam memenuhi kebutuhan akan tempat peribadatan yang baik untuk melakukan upacara-upacara keagamaan khusus.



Gambar 13: Yancey Chapel

Sumber: *Rural Studio*

### Analisa

Sama seperti kasus sebelumnya analisa dilakukan dengan memperhatikan penggunaan material pada elemen-elemen bangunan, yaitu:

- Dinding

*“To form the chapel’s walls the students fill the tire with soil until they became rock hard”*<sup>42</sup>. Dinding Gereja terbuat dari kurang lebih 1000 **ban kendaraan** bermotor bekas yang diambil dari sebuah perusahaan ban yang berada pada sebuah kota tak jauh dari desa Sawyerville ini. Ban bekas ini diisi dengan campuran **tanah** yang berasal dari tapak dan ditunggu hingga mengeras. setelah mengeras material ini ditumpuk menjadi dinding kemudian sisi luar dinding dilapisi lagi dengan tanah liat yang juga diambil langsung dari tapak.

### Tinjauan Ekologis

- Energi:
- Penggunaan material dengan mendaur ulang (*refurbish*) ini hanya membutuhkan energy dalam jumlah kecil.
  - Material ban bekas didapatkan dari tempat yang tak jauh dari site. Sementara bahan tanah liat diambil langsung pada tapak dengan cara yang sangat sederhana. Dengan demikian energi yang digunakan untuk transportasi bahan sangat kecil.

Penggunaan energi sangat hemat dan dapat dikatakan baik secara ekologis

- Materi:
- Aplikasi material ini dengan mendaur ulang (*refurbish*) tidak menghasilkan emisi.
  - Dengan mendaur ulang, material mentah dari alam yang diambil hanya material tanah liat. Oleh karena itu dengan *recycle* dapat mengurangi konsumsi sumber daya alam.
  - Sampah material yang dihasilkan dapat dikatakan tidak ada. Sebaliknya penerapan *recycle* dapat mengurangi jumlah sampah pada lingkungan. Selain itu material tanah liat tergolong dalam bahan alam yang dapat digunakan kembali, artinya material ini masih berpotensi untuk digunakan kembali di masa yang

---

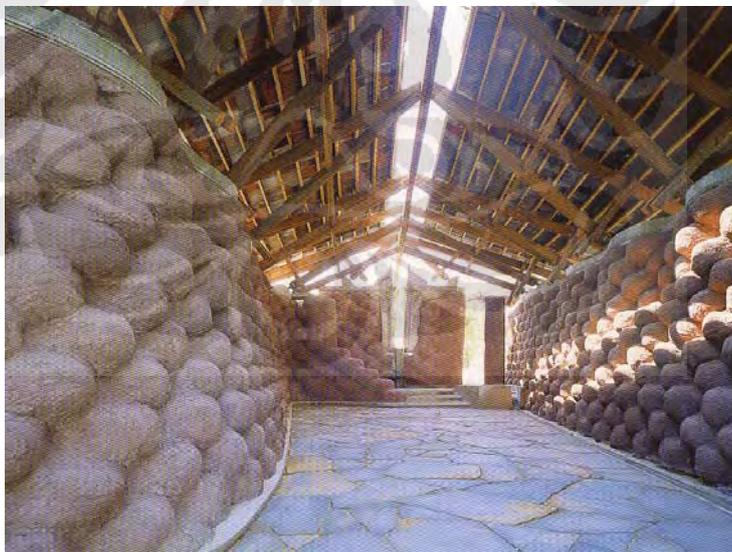
<sup>42</sup>Andrea Oppenheimer Dean. op. cit. hal. 97

akan datang sehingga memperkecil kemungkinannya menjadi sampah.

Dari segi penggunaan materi aplikasi material ini adalah baik secara ekologis.

### **Tinjauan *recycle***

Penerapan *recycle* dilakukan dengan mendaur ulang (*refurbish*). Dalam mendaur ulang hanya dibutuhkan sedikit energy. Sementara secara ekologis material ban ini diklasifikasikan dalam bahan bangunan yang mengalami transformasi beberapa kali (material sintetis). Dengan demikian dapat diidentifikasi bahwa pada proses pembuatannya material ini membutuhkan energi yang sangat besar dan memberikan dampak yang besar pula terhadap lingkungan. Belum lagi material ini tidak dapat diuraiakan secara alami. Dengan *recycle* material ini tidak menjadi beban lingkungan, namun dapat berguna kembali. Penerapan *recycle* dapat mengaplikasikan material dengan optimal dan efisien.



Gambar 14: Dinding dan lantai Yancey Chapel  
Sumber: Rural Studio

- Lantai  
Lantai menggunakan bahan **batu alam** yang ditambang langsung di suatu lembah yang berada tak jauh dari tapak.

## Tinjauan Ekologis

- Energi:
- Penambangan batu alam ini dilakukan secara sederhana dan dalam skala jumlah yang kecil sehingga membutuhkan energi dalam jumlah kecil.
  - Lokasi penambangan yang tidak jauh dari tapak berarti energi yang dibutuhkan untuk transportasi material sangat kecil.
  - Pengolahan dan pemasangan material juga dilakukan secara sederhana sehingga hanya mengonsumsi energi dalam jumlah kecil.

Aplikasi material menggunakan energi dengan hemat, sangat baik secara ekologis.

- Materi:
- Pengolahan material dilakukan secara sederhana dan dalam skala kecil, dengan demikian menghasilkan emisi yang sangat kecil pula.
  - Pengambilan material dari alam dilakukan dalam skala kecil.
  - Aplikasi material tidak menimbulkan sampah (*waste*). Material termasuk dalam klasifikasi bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali. Dengan demikian material berpotensi untuk dapat digunakan kembali di masa yang akan datang dan mengurangi kemungkinan menjadi sampah.

Dilihat dari sudut pandang materi aplikasi material ini cukup baik dinilai secara ekologis.

- Struktur atap

Struktur penopang atap terbuat dari bahan **kayu** bekas. Bahan kayu ini diambil dari sebuah bangunan yang sudah tidak terpakai lagi. "..., *harvested heavy pine timbers from an abandoned building,...*"<sup>43</sup>.

---

<sup>43</sup> Andrea Oppenheimer Dean. op. cit. hal. 97

### **Tinjauan Ekologis**

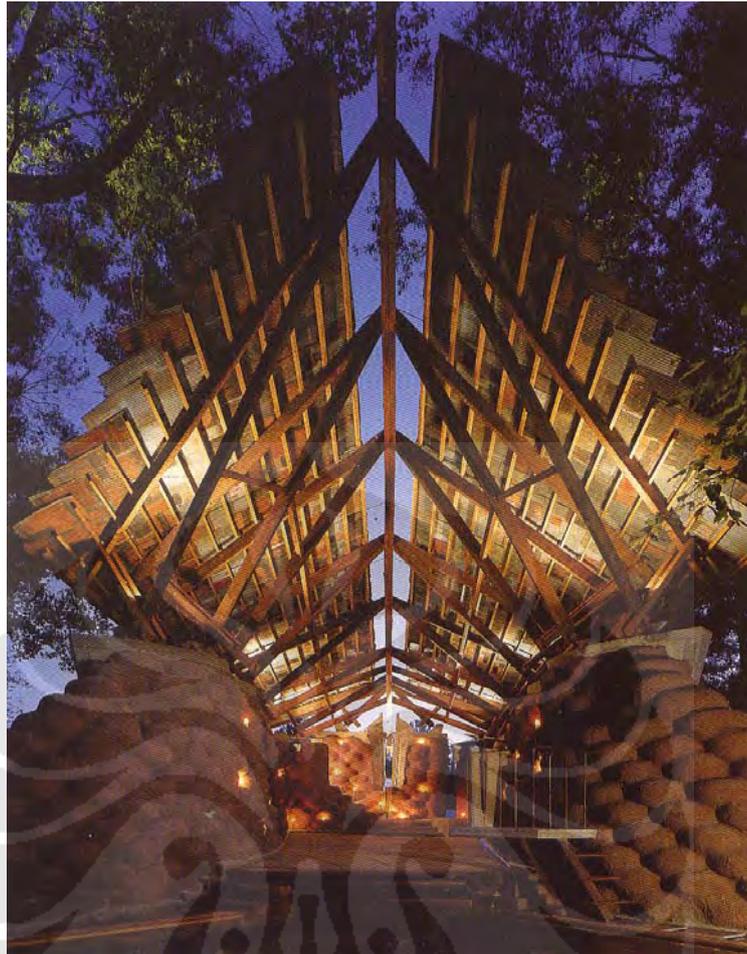
Energi: - *Recycle* dilakukan dengan mendaur ulang material (*refurbish*) yang menggunakan energy dalam jumlah kecil

Materi: - Material diperoleh dengan *recycle* dengan proses yang sangat sederhana dan tidak menimbulkan emisi pada lingkungan.

- Penggunaan material tidak dengan mengkonsumsi materi mentah dari alam
- Aplikasi material dengan proses *recycle*-nya tidak menghasilkan sampah (*waste*) bagi lingkungannya. Bahkan sebaliknya, aplikasi material dapat mengurangi jumlah sampah pada lingkungan

### **Tinjauan Daur Ulang**

Penerapan *recycle* dengan mendaur ulang membutuhkan energy dalam jumlah kecil. Kayu bekas diolah secara sederhana sehingga dapat digunakan sebagai kuda-kuda (struktur). Dengan penerapan *recycle* ini konsumsi terhadap sumber daya alam dapat dikurangi dan kandungan energy yang terdapat dalam bahan dapat dimanfaatkan secara optimal.



Gambar 15: Struktur atap dan penutup atap  
Sumber: *Rural Studio*

- Bahan penutup atap  
Bahan penutup atap pada bangunan ini adalah bahan **metal** dalam bentuk lembaran, yang juga merupakan material bekas. “..., and used *rusted tin shingles cut into eighteen inch squares as roofing material.*”<sup>44</sup>.

### Tinjauan Ekologis

Energi: - Material diperoleh dengan mendaur ulang. Kegiatan *recycle* ini dilakukan dengan cara yang sangat sederhana dan tidak mengonsumsi banyak energi. Begitu pula dengan aplikasi material

---

<sup>44</sup> Andrea Oppenheimer Dean. op. cit. hal. 97

- Materi:
- Material diperoleh dengan *recycle* yang sangat sederhana dan tidak menimbulkan emisi pada lingkungan.
  - Penggunaan material tidak dengan mengonsumsi materi mentah dari alam
  - Aplikasi material dengan proses *recycle*-nya tidak menghasilkan sampah (*waste*) bagi lingkungannya.

Dari segi materi, aplikasi material ini sangat baik secara ekologis.

### Tinjauan Daur Ulang

*Recycle* yang dilakukan pada bahan ini adalah dengan mendaur ulang (*refurbish*). Proses mendaur ulang dalam penggunaan bahan ini hanya dilakukan dengan memotong lembaran metal untuk mendapatkan ukuran yang dibutuhkan. Kondisi bahan sebenarnya sudah kurang baik secara materi, lembaran-lembaran metal ini sudah berkarat. Namun hal tersebut diatasi dengan solusi pada perancangannya. Dalam penggunaannya bahan lembaran metal ini ditumpuk satu sama lain sehingga dapat berfungsi dengan lebih baik sebagai bahan penutup atap.

Material dalam pembuatannya membutuhkan energy dalam jumlah yang besar, namun dengan *recycle* material dapat diaplikasikan kembali dengan sederhana. Dengan demikian aplikasi material ini sangat optimal dan efisien dengan didaur ulang.

- Perabotan

*“ The font and pulpit are made of used scrap steel...”*<sup>45</sup> Perabotan seperti mimbar dan tempat penampungan air (untuk upacara agama) terbuat dari bahan **baja** bekas.

---

<sup>45</sup> Andrea Oppenheimer Dean. op. cit. hal. 97

### **Tinjauan Ekologis**

Energi: - Material diperoleh dengan mendaur ulang. Kegiatan *recycle* ini dilakukan dengan cara yang sangat sederhana dan tidak mengkonsumsi banyak energi. Begitu pula dengan aplikasi material.

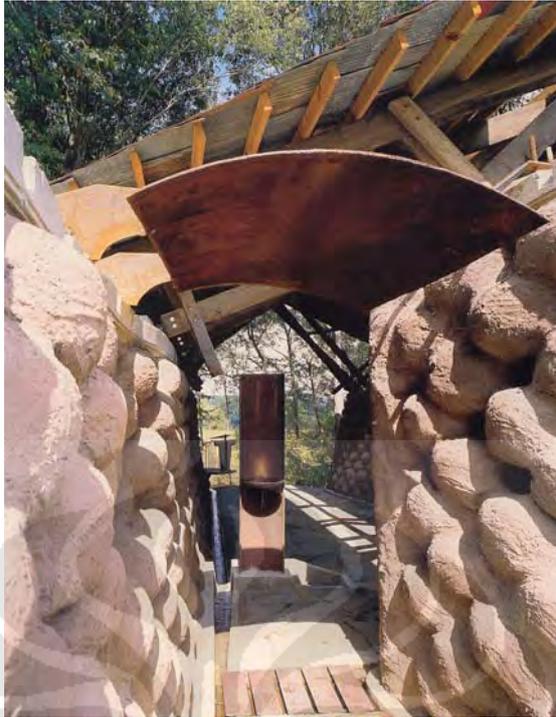
Penggunaan energi dalam jumlah kecil, memberikan dampak yang relatif kecil pada lingkungan.

- Materi: - Material diperoleh dengan *recycle* yang sangat sederhana dan tidak menimbulkan emisi pada lingkungan.
- Penggunaan material tidak dengan mengkonsumsi materi mentah dari alam
  - Aplikasi material dengan proses *recycle*-nya tidak menghasilkan sampah (*waste*) bagi lingkungannya.

Dari segi materi, aplikasi material ini sangat baik secara ekologis.

### **Tinjauan Daur Ulang**

*Recycle* pada aplikasi material ini dilakukan dengan mendaur ulang (*refurbish*). Proses mendaur ulang dilakukan dengan sederhana dan tidak membutuhkan energi yang besar. Sementara dalam proses pembuatan material ini, dari penambangan bijih besi sampai pengolahannya menjadi baja / material bangunan membutuhkan energi yang besar. Dengan mendaur ulang, materi ini telah dipergunakan dengan sangat efisien dan optimal serta minimal dalam menghasilkan dampak terhadap lingkungan. Konsumsi material dengan *recycle* ini telah mengurangi konsumsi bahan mentah dari alam dan juga telah mengurangi jumlah sampah (*waste*) pada lingkungan.



Gambar 16: Perabot dalam *chapel*

Sumber: *Rural Studio*

### **Kesimpulan**

Tidak jauh berbeda dengan contoh kasus sebelumnya, penggunaan material pada kasus ini juga sangat baik dilihat dari sisi ekologis. Material yang digunakan 95% merupakan material bekas. *Recycle* dilakukan dengan teknologi sederhana yang tidak menggunakan energi dalam jumlah besar dan memberikan dampak yang lebih kecil terhadap lingkungan (*refurbish & reuse*).

Material baru yang digunakan merupakan material lokal (tanah liat dan batu alam). Pengambilan material dapat dilakukan dengan teknologi sederhana yang mengkonsumsi energy dalam jumlah kecil. Dengan demikian daur hidup yang dialami bahan mulai dari pengambilan hingga aplikasinya pada bangunan sangat singkat. Hal ini mengindikasikan dampak yang diberikan terhadap lingkungan sangat kecil.

Secara ekologis material ini diklasifikasikan dalam bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali dengan pengolahan sederhana.

Dengan demikian material-material baru ini memiliki potensi yang besar untuk dapat di-*recycle*.



## **BAB IV**

### **KESIMPULAN**

Lingkung bangun merupakan salah satu kebutuhan primer manusia. Dalam pemenuhan kebutuhan tersebut dikonsumsi sumber daya alam dalam jumlah yang sangat besar. Jumlah yang besar ini semakin mengkhawatirkan mengingat jumlah permintaan terhadap kebutuhan tersebut terus meningkat seiring pertumbuhan populasi manusia yang sangat pesat. Sementara itu alam sebagai penyedia sumber daya mengalami penyusutan baik secara kuantitas maupun kualitas. Hal tersebut menimbulkan kekhawatiran akan pemenuhan kebutuhan di masa yang akan datang.

Kekhawatiran akan masa yang akan datang tersebut merupakan dasar dari pemikiran *sustainable development*. *Sustainable development* merupakan upaya untuk menyeimbangkan antara pemenuhan kebutuhan manusia (di masa sekarang dan masa yang akan datang) dengan kelestarian lingkungan hidup.

Pada lingkung bangun sumber daya alam diaplikasikan dalam bentuk material bangunan. Pemakaian material memberikan dampak yang lebih jauh dari yang terbayangkan. Tidak hanya ketika material tersebut diaplikasikan pada bangunan namun dampak yang dihasilkannya sudah ada sejak bahan mentah material tersebut diambil dari alam. Segala proses dan kerja yang dilakukan untuk material tersebut membutuhkan energi dan materi dari alam dan akan memberi dampak yang berbeda-beda pada lingkungan untuk setiap prosesnya. Oleh karena itu setiap material yang dihasilkan harus dapat dimanfaatkan secara optimal dan efisien. Penggunaan material secara tidak optimal akan menghasilkan sampah. Sampah merupakan beban bagi lingkungan. Konsumsi dalam jumlah besar dalam dunia konstruksi tentunya sangat berpotensi untuk menghasilkan sampah dalam jumlah yang besar pula apabila tidak memiliki pola konsumsi yang optimal dan efisien.

Daur ulang merupakan salah satu strategi yang dapat diterapkan dalam upaya menciptakan pola konsumsi yang optimal dan efisien. Dalam konteks daur ulang sampah dipandang sebagai suatu potensi bagi pemenuhan kebutuhan. Sampah

sebagai *output* suatu kegiatan konsumsi menjadi bahan baku bagi kegiatan produksi berikutnya. Dengan demikian material akan terkonservasi, dapat digunakan seoptimal mungkin. Pada akhirnya jumlah sumber daya yang harus diambil dari alam untuk memenuhi kebutuhan akan dapat ditekan, dengan kata lain alam akan ikut terkonservasi.

Pentingnya pola konsumsi yang optimal dan efisien pada lingkungan bangun menjadikan kegiatan daur ulang sangat tepat untuk diterapkan. Dalam lingkup lingkungan bangun kegiatan daur ulang mencakup pengolahan material kembali (*reconstituted*), mendaur ulang material (*refurbish*), dan penggunaan material kembali (*reuse*). Dengan menerapkan *recycle* pada lingkungan bangun; penggunaan bahan mentah dari alam dapat dikurangi, jumlah sampah dapat dikurangi, penggunaan energi untuk pembuatan material dapat dikurangi, dampak negative penggunaan material terhadap lingkungan dapat dikurangi, bahkan dapat menghemat biaya pembangunan. Dengan demikian *recycle* merupakan salah satu strategi yang tepat dalam mewujudkan tujuan *sustainable development*.

## DAFTAR PUSTAKA

Dean, Andrea Oppenheimer

2002, *Rural Studio*, New York: Princeton Architectural Press.

Frick, Heinz.

1998, *Dasar-dasar Eko-Arsitektur*, Yogyakarta: Kanisius.

Frick, Heinz

1998, *Ilmu Bahan Bangunan*, Yogyakarta: Kanisius.

Gauzin, Dominique and Muller.

2002, *Sustainable Architecture and Urbanism*, Lombarda: Birkhauser.

Graham, Peter.

2003, *Building Ecology*, Oxford: Blackwell Science.

.Oxford University.

1995, *Oxford Learner's Dictionary*. Oxford: Oxford University Press.

Powelson, David dan Melinda Powelson

1992, *The Recycler's Manual for Business, Government, and the Environmental Community*, New York: Van Nostrand Reinhold.

Smith, Peter.

2004, *Eco-Refurbishment: A Guide to Saving and Producing Energy in Home*, Amsterdam: Architectural Press

Steele, James.

2005, *Ecological Architecture*, London: Thames & Hudson Ltd

[www.ciwmb.ca.gov/greenbuilding/](http://www.ciwmb.ca.gov/greenbuilding/)