

# MAKALAH

JAGA DAN PERGUNAKANLAH KOLEKSI  
INI DENGAN BAIK

SUATU SAAT ANAK DAN CUCU ANDA  
SANGAT MEMBUTUKANNYA

## MATERIAL DAUR ULANG UNTUK BANGUNAN BERKELANJUTAN

Tinjauan Terhadap Potensi dan Kondisi di Indonesia

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG	
DITERIMA TGL.	: 8-3-2002
SUMBER/HARGA	: HODIAH
KOLEKSI	: KI
NO. INVENTARIS	: 97/K/2002-141/2J
KLASIFIKASI	: 620.11 APD-10

oleh:  
**Risma Apdeni**  
Jurusan Teknik Sipil

Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Padang  
Padang  
2002

## DAFTAR ISI

<b>Bab I Pendahuluan</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penulisan.....	2
D. Kegunaan Makalah.....	2
<b>Bab II Tinjauan Pustaka</b>	
A. Bangunan Berkelanjutan.....	3
B. Konsep Daur Ulang.....	4
C. Material Daur Ulang untuk Bangunan Berkelanjutan.....	5
D. Peraturan dan Kelembagaan.....	8
E. Peran Industri dan Swasta.....	12
F. Persyaratan Disain.....	13
<b>Bab III Pembahasan</b>	
A. Potensi Material Daur Ulang di Indonesia.....	16
B. Kondisi Peraturan dan Kelembagaan.....	23
C. Persyaratan Disain.....	24
<b>Bab IV Kesimpulan dan Saran</b>	
A. Kesimpulan.....	26
B. Saran.....	26
<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>27</b>

# BAB I PENDAHULUAN

## A. LATAR BELAKANG

Sepanjang tahun, jutaan bangunan didirikan oleh manusia di seluruh penjuru dunia untuk menampung berbagai aktivitasnya. Pembangunannya memerlukan bermacam material yang diambil dari alam, baik kayu, baja, batu, pasir, dan sebagainya.

Kesadaran lingkungan yang semakin besar membuat masyarakat dunia semakin menyadari bahwa salah satu permasalahan lingkungan global masa kini adalah kerusakan lingkungan yang semakin besar dan menipisnya sumberdaya alam global. Makin menipisnya hutan tropis juga dipercaya sebagai salah satu penyebab naiknya suhu global. Hal ini tidak terlepas dari semakin banyaknya hutan yang dieksplorasi untuk diambil kayunya sebagai material bangunan. Hal ini mendorong semakin seriusnya pemikiran mengenai bangunan berkelanjutan (*sustainable building*).

Bangunan berkelanjutan menjadi penting dalam konteks lingkungan keseluruhan karena industri bangunan merupakan aktivitas manufaktur yang besar. Di Amerika Serikat, industri bangunan mencakup 13% dari *Gross Domestic Product* (GDP)-nya (CSESD, 2000). Disain, konstruksi, struktur, dan pemeliharaan bangunan memiliki dampak yang sangat besar terhadap manusia dan alam. Menurut CSESD (2000), bangunan secara umum bertanggung jawab terhadap 40% total konsumsi energi dunia, 25% konsumsi hasil kayu hutan dunia, 16% konsumsi air tanah, 50% proses penipisan lapisan ozon karena CFC, 30% konsumsi *raw material*, dan 35% emisi CO<sub>2</sub> dunia.

Disain bangunan berkelanjutan meliputi topik yang sangat luas, termasuk di dalamnya manajemen sumberdaya dan limbah material bangunan (CSESD, 2000). Karena itu penggunaan material juga harus menerapkan konsep berkelanjutan. Salah satu upaya penerapan konsep ini adalah penggunaan material daur ulang (*recycled materials*). Material daur ulang bisa berarti material bekas dari bangunan tua yang diruntuhkan atau material yang terbuat dari sampah atau bahan buangan (*solid waste*).

Konsep lain material bangunan berkelanjutan adalah penggunaan material lokal, terutama yang dapat didaur ulang. Tujuannya adalah untuk memanfaatkan sumberdaya di satu daerah yang selama ini mungkin belum dimanfaatkan secara maksimal. Material yang digunakan terutama yang bersifat dapat diperbaharui (*renewable*) namun tidak

menutup kemungkinan untuk menggunakan sumberdaya yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable*) yang tersedia melimpah dan belum dimanfaatkan untuk kegunaan lain.

Di Indonesia, kesadaran mengenai permasalahan lingkungan juga semakin meluas, termasuk di bidang arsitektur. Namun konsep penggunaan material daur ulang dalam disain berbagai bangunan belum mendapat perhatian. Padahal setiap tahun untuk perumahan saja Indonesia membutuhkan lebih kurang 1,75 juta unit, belum termasuk bangunan untuk kegiatan lain. Betapa banyak material yang dibutuhkan untuk seluruh bangunan tersebut, sementara persediaan sumberdaya alam nasional semakin menipis, seiring dengan yang terjadi secara global. Untuk itulah, makalah ini mengangkat masalah material daur ulang untuk disain bangunan berkelanjutan di Indonesia.

## **B. PERUMUSAN MASALAH**

Dari latar belakang tersebut, muncul beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Elemen bangunan apa saja yang dapat menggunakan material daur ulang?
2. Apa saja jenis material daur ulang yang dapat digunakan di Indonesia?
3. Apa saja persyaratan disain (*design requirements*) untuk rancangan bangunannya?

## **C. TUJUAN PENULISAN**

Makalah ini disusun dengan tujuan untuk menggali lebih dalam upaya yang dapat dilakukan untuk menghemat sumberdaya alam dengan cara menggunakan material daur ulang. Dari tinjauan ini diharapkan dapat diketahui jenis material daur ulang dan lokal yang dapat diterapkan di Indonesia serta elemen bangunan yang dapat dibangun dengan menggunakan jenis material tersebut. Pada akhirnya diharapkan akan dapat dihasilkan sejumlah *design requirements* untuk penggunaan material daur ulang pada bangunan berkelanjutan di Indonesia.

## **D. KEGUNAAN MAKALAH**

Bagi mahasiswa jurusan teknik sipil dan arsitektur, makalah ini dapat digunakan sebagai sumber pustaka dalam mempelajari lebih dalam mengenai pembangunan berkelanjutan, material ramah lingkungan dan eko-arsitektur. *Design requirements* yang dihasilkan diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu pedoman awal dalam perancangan bangunan berkelanjutan. Makalah ini juga dapat menjadi referensi awal dalam penelitian lebih lanjut mengenai material bangunan berkelanjutan di Indonesia.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. BANGUNAN BERKELANJUTAN

Tahun 1987 Komisi Dunia untuk Lingkungan dan Pembangunan (*World Commission on Environmental and Development*) mendefinisikan 'Berkelanjutan' (*sustainability*) sebagai "pemenuhan kebutuhan pada saat ini tanpa membahayakan (*compromising*) kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya sendiri" (DCLU, 2001).

Membangun dengan berkelanjutan (*building sustainably*) berarti menggunakan metode dan material bangunan yang dapat meningkatkan kualitas lingkungan, vitalitas ekonomi, dan keuntungan sosial melalui disain, konstruksi, operasional, pemeliharaan, dan dekonstruksi suatu lingkungan binaan. Bangunan yang berkelanjutan berusaha untuk mempertimbangkan dampak lingkungan, ekonomis, dan sosial dari suatu proyek konstruksi sebagai suatu kesatuan yang saling mempengaruhi (DCLU, 2001).

Ada beberapa ciri tipikal bangunan berkelanjutan yang dapat dilihat oleh pengguna bangunan (kalangan awam), antara lain pengintegrasian pencahayaan alami untuk kegunaan pencahayaan dalam bangunan, kualitas udara lingkungan ruang dalam yang tinggi, dan berkurangnya biaya utilitas bangunan. Namun sebenarnya ada pula ciri-ciri bangunan berkelanjutan yang mungkin tidak dicermati oleh pengguna awam. Termasuk di dalam ciri ini adalah digunakannya material dan bahan *finishing* bangunan yang aman bagi kesehatan dan lingkungan; meningkatnya produktivitas pengguna bangunan karena lingkungan kerja yang lebih baik; menurunnya dampak konstruksi bangunan terhadap lingkungan melalui perencanaan konstruksi yang berhati-hati; penggunaan material bangunan yang diproduksi secara lokal untuk mendukung ekonomi lokal; dan meningkatnya interaksi sosial melalui keterlibatan komunitas dalam perencanaan dan pengoperasian bangunan tersebut (DCLU, 2001).

Dengan demikian dapat dilihat bahwa sebenarnya konsep bangunan berkelanjutan ini memiliki aspek yang sangat luas di dalamnya, termasuk aspek ekonomi, teknologi, kesehatan, dan sosial.

Disain bangunan berkelanjutan meliputi topik yang sangat luas, di antaranya manajemen sumberdaya energi dan air yang efisien, manajemen sumberdaya dan limbah material bangunan, perlindungan kualitas lingkungan, perlindungan kualitas

kesehatan dan lingkungan ruang dalam, penggunaan sistem-sistem alami pada bangunan, dan pengintegrasian pendekatan disain (CSESD, 2000).

Jadi penggunaan material merupakan salah satu aspek dalam bangunan berkelanjutan, yang dengan sendirinya juga harus menerapkan konsep berkelanjutan. Salah satu upaya untuk menerapkan konsep ini adalah dengan penggunaan material daur ulang (*recycled materials*).

## **B. KONSEP DAUR ULANG**

Konsep daur ulang sebenarnya merupakan bagian dari konsep pengelolaan sampah secara umum. Setiap hari, dalam hampir setiap kegiatannya, manusia selalu menghasilkan sampah. Secara luas sampah diartikan sebagai benda yang dibuang, baik yang berasal dari alam ataupun yang berasal dari proses teknologi. Ada sampah yang dapat mengalami perubahan secara alami (*degradable waste*), yaitu sampah yang dapat mengalami dekomposisi oleh bakteri, seperti daun-daun, sisa makanan, kotoran, dan lain-lain; ada pula sampah yang tidak/sangat lambat mengalami perubahan secara alami (*non-degradable waste*) seperti plastik, kaca, dan kaleng.

Selain dengan mengelola sampah, sebenarnya ada upaya lain yang dapat dilakukan untuk mengurangi produksi sampah sehari-hari, yaitu dengan memakai ulang (*reuse*), mengurangi jumlah pemakaian (*reduce*), menggantikan dengan bahan lain (*replace*), mengisi ulang (*refill*), dan mendaur ulang atau *recycle* (P3M, 1998).

Seiring dengan makin tingginya kesadaran lingkungan dan kemampuan teknologi, makin disadari pula bahwa pengelolaan sampah, terutama proses mendaur ulang (*recycle*) bisa memberi keuntungan ganda bagi kehidupan manusia. Selain mengurangi dampak buruk sampah itu sendiri, manusia bisa pula mendapatkan keuntungan ekonomi dari hasil daur ulang. Dan yang lebih penting lagi adalah bahwa dari penggunaan barang-barang hasil daur ulang tersebut manusia dapat menghemat penggunaan sumberdaya alam untuk berbagai keperluannya, termasuk untuk bahan bangunan dalam proses konstruksi.

Dalam konteks luas, tindakan mengumpulkan botol, kaleng, dan koran bekas untuk kemudian dijual atau dikumpulkan dalam suatu fasilitas pendaur ulang barulah merupakan langkah pertama dalam mendaur ulang. Sesungguhnya ada tiga langkah utama dalam proses daur ulang. Langkah kedua berlangsung saat perusahaan-perusahaan mau menggunakan benda-benda yang dapat di daur ulang ini untuk

memproduksi barang-barang baru. Dan langkah ketiga adalah bila masyarakat konsumen mau membeli barang-barang yang dibuat dari material daur ulang tersebut. Ketiga tindakan inilah yang dilambangkan dengan tiga panah melingkar sempurna yang selama ini kita kenal dengan simbol daur ulang (EPA, 2000).

### C. MATERIAL DAUR ULANG UNTUK BANGUNAN BERKELANJUTAN

Secara umum ada 2 jenis material bangunan yang dapat digolongkan ke dalam apa yang disebut dengan material daur ulang untuk bangunan berkelanjutan, yaitu:

1. *Recyclable Local Materials* (material lokal yang dapat didaur ulang)

Yaitu material bangunan yang menggunakan bahan-bahan yang tersedia dalam jumlah yang banyak di suatu tempat namun selama ini belum dimanfaatkan dan bila digunakan, dapat dengan mudah didaur ulang kembali (*recyclable*).

2. *Recycled Materials* (material daur ulang)

Yaitu material bangunan yang dibuat dari bahan-bahan lain yang sudah tidak digunakan lagi atau merupakan hasil sampingan dari suatu proses pembuatan produk lainnya (EPA, 2000). Bahan asal yang digunakan untuk material daur ulang ini terdiri dari beberapa jenis, yaitu ([www.epa.gov/cpg/glossary.htm](http://www.epa.gov/cpg/glossary.htm)):

a. *Postconsumer Materials*: suatu material atau produk jadi yang telah digunakan sesuai dengan tujuan pembuatannya, telah habis usia pakainya sebagai barang konsumsi dan dimaksudkan untuk dibuang, namun kemudian dialihkan (*diverted*) atau difungsikan kembali (*recovered*). Material *postconsumer* ini merupakan bagian dari kategori *recovered materials*.

b. *Recovered Materials*: material buangan dan hasil sampingan/ikutan yang telah difungsikan kembali atau dialihfungsikan dari bentuk sampah padat, namun tidak termasuk material dan hasil sampingan yang timbul dari – dan biasanya digunakan kembali dalam – suatu proses manufaktur awal.

c. *Preconsumer Materials*: material sampingan yang dihasilkan dalam suatu proses manufaktur dan pengolahan bahan, seperti sisa potongan dan guntingan.

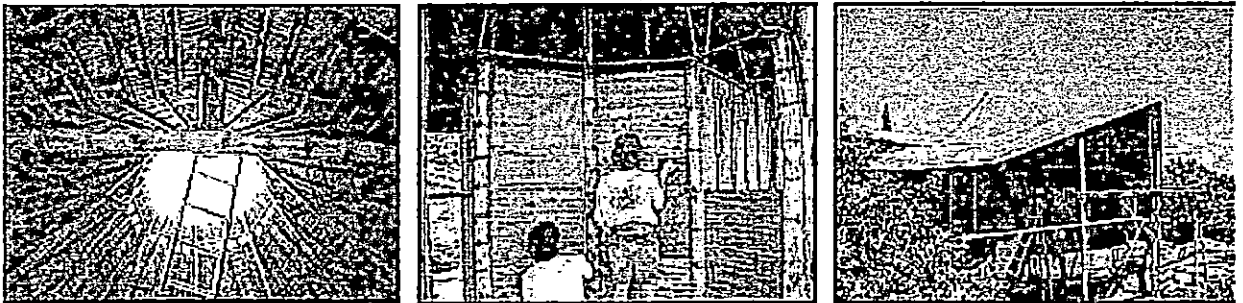
Ketiga bahan ini dapat digabungkan dalam proses daur ulang untuk membentuk material daur ulang yang baru dengan persentase kandungan yang berbeda-beda.

Kedua golongan besar material untuk bangunan berkelanjutan ini masing-masing terdiri atas:



1. Material Lokal *Recyclable*:

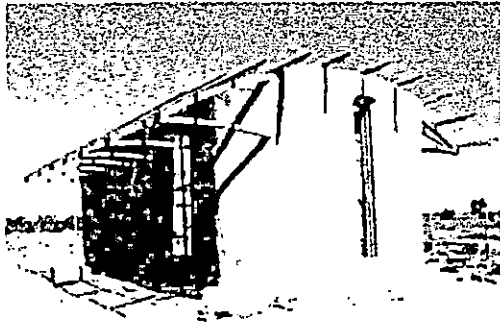
- a. **Material lokal yang dapat diperbaharui**, umumnya yang berasal dari tumbuh-tumbuhan. Contoh paling banyak untuk jenis ini adalah penggunaan bambu sebagai bahan konstruksi. Bambu dianggap sebagai material yang ramah lingkungan dan tingkat perbaharuannya (*renewability*) pun cepat karena usia siap tebangnya jauh lebih pendek apabila dibandingkan dengan kayu. Harganya pun jauh lebih murah daripada kayu. Sejauh ini produk dari bambu dimanfaatkan sebagai bagian dari rangka bangunan, panel, lantai, dinding, hingga atap, umumnya untuk menggantikan fungsi kayu atau baja. Namun dalam proses penggunaannya material ini masih harus dipadukan dengan jenis material lain seperti beton dan semen.



Gambar 1. Bambu untuk kasau, kerangka dinding plesteran, dan kerangka rumah  
(Sumber: [www.strawbalecentral.com/](http://www.strawbalecentral.com/))

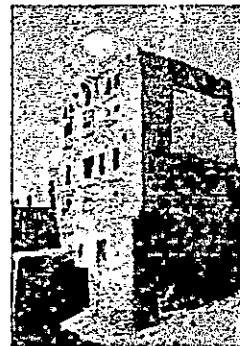
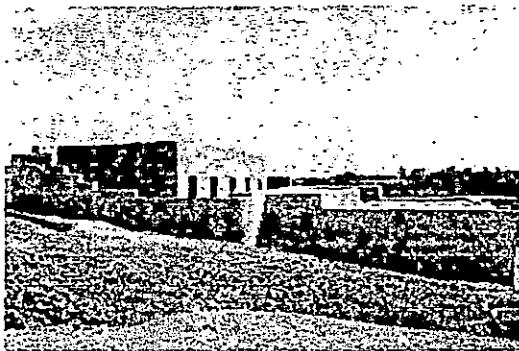
Jenis bahan lain yang cukup populer di Amerika Serikat adalah *strawbale* atau bantalan jerami yang merupakan material samping dari produk pertanian. Material ini banyak terdapat dan umum digunakan di negara-negara bagian utara dan tengah Amerika Serikat, yang kebanyakan penduduknya merupakan petani. Penggunaan *strawbale* ini biasanya dipadukan dengan tanah liat atau jenis plesteran alami lainnya untuk membentuk dinding bangunan yang tebal sehingga memiliki insulasi dan kualitas penyerapan suara (akustik) yang baik namun tetap bisa ‘bernafas’ untuk menciptakan lingkungan ruang dalam yang sehat. Material ini mudah pengerjaannya, ringan, dan hanya memerlukan peralatan pembangunan minimum. Dapat digunakan sebagai struktur pengisi dinding maupun sebagai pendukung beban. Juga dapat dikombinasikan dengan sistem bangunan alami lainnya. Tes struktural, daya tahan terhadap api dan kelembaban sudah dilakukan terhadap jenis material ini dengan hasil yang memuaskan.





Gambar 2. Rumah tinggal dari *strawbale*  
(Sumber: <http://strawbale.archinet.com.au/pubs.htm>)

- b. **Material lokal yang tidak dapat diperbaharui**, yaitu material lokal yang terdapat dalam jumlah yang sangat besar namun tidak atau belum dimanfaatkan untuk kegunaan lain. Sedangkan penggunaannya dalam jumlah tertentu melalui kajian lingkungan dinilai tidak akan menimbulkan dampak yang besar terhadap lingkungan dan dapat didaur ulang. Contoh material jenis ini adalah *Adobe*, yaitu sejenis tanah liat yang baik untuk digunakan sebagai material bangunan.



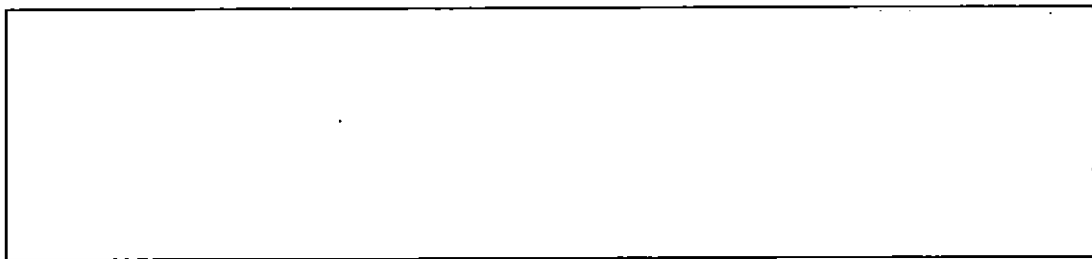
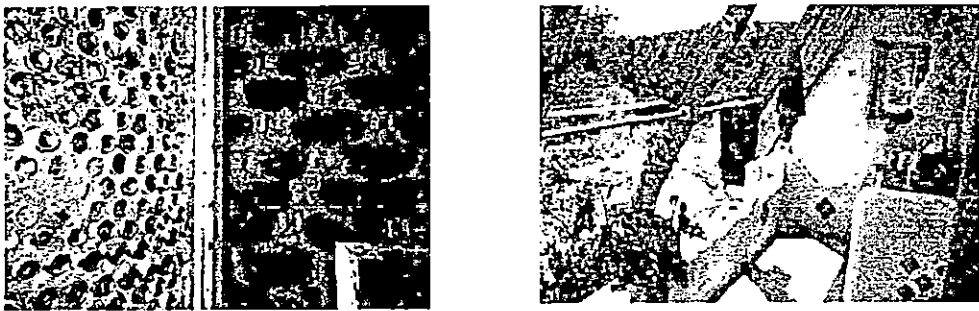
Gambar 3. Rumah tinggal dan bangunan dari *adobe*  
(Sumber: Schijns, 2000)

Penggunaan *adobe* banyak ditemukan di Afrika Utara, Timur Tengah, Amerika Selatan, dan bagian barat daya Amerika Serikat karena banyak tersedia dan mudah mendapatkannya, dan dalam proses pembuatannya tidak banyak menggunakan bahan kimiawi atau material lain yang dapat merusak lingkungan. Usia bangunan *adobe* di berbagai tempat tersebut yang mencapai ratusan tahun telah membuktikan kekuatan struktur dan keindahan material bangunan ini.

## 2. Material Daur Ulang:

- a. **Material daur ulang tanpa pengolahan**, yaitu material dari hasil buangan padat (*solid waste*) yang langsung digunakan sebagai material bangunan dalam

bentuk aslinya. Contoh penerapan seperti ini adalah konsep bangunan berkelanjutan yang disebut dengan *Earthship*, yang umumnya menggunakan ban dan kaleng minuman ringan bekas. Caranya dengan menyusun ban dan kaleng menjadi dinding, lalu diisi dengan tanah hasil galian konstruksinya sendiri dan dipadatkan sehingga menjadi kuat seperti bata. Dalam proses ini dapat ditambahkan beton blok dan beton pelapis. Kasus-kasus bangunan *earthship* masih sangat sedikit dijumpai, mungkin karena sistem dan disain bangunannya yang dipandang eksentrik. Beberapa bangunan dapat ditemukan di Amerika Serikat dan Kanada. Contohnya adalah *The Potter's Construction*, sebuah rumah tinggal di Bancroft, Ontario yang didisain dan dibangun oleh pemiliknya.



Gambar 4. *The Potter's Construction*, bangunan dengan sistem *earthship*  
(Sumber: [www.alternative-way.com](http://www.alternative-way.com))

- b. **Material daur ulang dengan pengolahan**, yaitu material dari hasil buangan padat yang kemudian diolah lagi menjadi material bangunan. Dalam golongan ini termasuk material bekas bangunan (beton yang didaur ulang sebagai bahan beton baru) maupun sampah padat (*solid waste*) yang bukan berasal dari bangunan. Jenis material ini biasanya diolah pada industri khusus dan dijual di pasaran sebagaimana produk-produk material bangunan biasa (non-daur ulang).

#### D. PERATURAN DAN KELEMBAGAAN

Pembangunan berkelanjutan melibatkan persyaratan guna lahan dan persyaratan konstruksi teknis. Karena itulah, di Amerika Serikat, masalah bangunan dan

pembangunan berkelanjutan ini melibatkan berbagai lembaga pemerintah resmi. Bagian penting lainnya dari bangunan berkelanjutan adalah bagaimana bangunan dapat seefisien mungkin dalam penggunaan energi. Program-program efisiensi energi dalam bangunan ini ditangani oleh lembaga pemerintah melalui peraturan energi daerah.

Untuk keputusan disain yang melibatkan multi-aspek bangunan berkelanjutan, seperti penggunaan kembali (*reuse*) material bangunan yang dikombinasikan dengan pembangunan struktur yang hemat energi, penilaian yang lebih hati-hati harus dilakukan sehingga tindakan yang diambil benar-benar menghasilkan bangunan yang berkelanjutan. Untuk itu, ada pula lembaga pemerintah yang bertugas untuk mengeluarkan berbagai peraturan keamanan bangunan berkelanjutan, tingkat dan kategori keberlanjutan suatu disain bangunan.

Di Amerika Serikat, segala masalah yang berkaitan dengan lingkungan hidup ditangani oleh Badan Perlindungan Lingkungan Nasional (United States Environmental Protection Agency – EPA). Segala peraturan yang dikeluarkan oleh EPA kemudian akan ditindaklanjuti oleh lembaga-lembaga di bawahnya, mulai dari tingkat pemerintah federal, pemerintah negara bagian, hingga ke pemerintah kota dan *county* (daerah).

Untuk masalah pembangunan berkelanjutan yang berkaitan dengan penghematan sumberdaya alam, EPA mengkampanyekan konsep berkelanjutan dalam 3 jenis tindakan sehari-hari, yaitu *Reduce* (mengurangi konsumsi barang yang tidak benar-benar diperlukan), *Reuse* (menggunakan kembali suatu produk dalam bentuk aslinya) dan *Recycle* (Sherman, 1994). Untuk memudahkan konsumen dalam membeli barang-barang daur ulang, EPA mengeluarkan label bagi barang-barang yang telah memiliki kandungan material daur ulang dengan 2 jenis simbol, yaitu (Sherman, 1994):



a. Simbol daur ulang di atas latar hitam/gelap

Artinya: terbuat dari material daur ulang (*recycled*).

Produk yang berlabel ini artinya sedikit banyak bagiannya terbentuk dari material daur ulang. Produk berlabel ini biasanya disertai dengan keterangan khusus mengenai kandungan material daur ulangnya, misalnya *50% recycled, 10% post-consumer*. Ini berarti 50 persen bahan pembentuk produk ini adalah material daur ulang dan 10 persennya merupakan material buangan (*waste*) yang dihasilkan oleh proses konsumsi. Sisa kandungan daur ulangnya terbuat dari sampah *preconsumer* material, yaitu material yang dihasilkan oleh pabrik atau

mesin pemroses, yang tidak ditujukan untuk konsumsi.



b. Simbol daur ulang di atas latar putih

Artinya: terbuat dari material yang dapat didaur ulang (*recyclable*).

Produk berlabel ini terbuat dari material yang dapat didaur ulang. Ini tidak berarti bahwa produk ini terbentuk dari material daur ulang. Juga tidak menjamin bahwa barang ini dapat didaur ulang di area pembelian. Produk ini hanya dapat didaur ulang bila pendaur ulang lokal atau pasar lainnya menerima produk ini. Perusahaan daur ulang lokal boleh menolak produk ini bila memang sulit untuk mendaur ulangnya atau karena pasarnya tidak ada.

Yang terbaik adalah produk yang memiliki kedua label ini sekaligus, yang berarti produk tersebut terbuat dari material daur ulang dan dapat didaur ulang kembali.

Untuk mendukung pasar produk daur ulang, Undang-undang Konservasi dan Pemulihan Sumberdaya Alam (*Resource Conservation and Recovery Act - RCRA*) sejak Oktober 1993 mewajibkan lembaga-lembaga pemerintah untuk membeli produk-produk daur ulang yang telah ditetapkan oleh EPA. Pada bulan September 1998 produk yang diwajibkan tersebut diperluas, yaitu termasuk produk-produk yang lebih baik secara lingkungan (*environmentally preferable*) bila memang tidak ada produk sejenis yang terbuat dari bahan daur ulang (EPA, 2000).

Sejalan dengan ini, sejak 1995 EPA mengeluarkan Pedoman Pengadaan Komprehensif (*Comprehensive Procurement Guideline - CPG*) yang berisikan jenis produk dalam beberapa kategori yang harus memuat material daur ulang (*recycled-content*) bila hendak dibeli dan digunakan oleh lembaga-lembaga pemerintah dalam setiap proyek pembangunan. CPG ini diperbaharui setiap 2 tahun sekali sehingga pada tahun 2000 telah mencakup 49 jenis produk. Setiap lembaga federal, negara bagian, dan pemerintah lokal, termasuk di dalamnya kontraktor pemerintah dan kontraktor swasta yang memenangkan tender proyek pemerintah wajib membeli dan menggunakan produk-produk ini, kecuali bila (EPA, 2000):

1. Harga produk yang memiliki kandungan daur ulang jauh lebih tinggi dari harga produk non-daur ulang sehingga tidak masuk akal untuk harga proyek
2. Suplai produk daur ulang tidak mencukupi

3. Upaya memperoleh produk akan mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek di luar batas toleransi proyek
4. Produk daur ulang yang ada tidak memenuhi spesifikasi kinerja yang dibutuhkan oleh lembaga pemerintah tersebut.

Dalam hal seperti ini, penggunaan material non-daur ulang dapat dibenarkan. Namun sejauh ini penelitian EPA menunjukkan bahwa produk-produk dengan kandungan daur ulang dari berbagai kategori yang ditetapkan dalam CPG ini memiliki kualitas yang tinggi, tersedia secara luas, dan harganya kompetitif bila dibandingkan dengan produk-produk non-daur ulang. EPA juga mengeluarkan petunjuk pendamping non-regulator, yaitu *Recovered Materials Advisory Notice* (RMAN) yang merekomendasikan tingkat persentase atau level kandungan daur ulang jenis barang-barang dalam CPG tersebut. Ada 8 kategori produk yang telah direkomendasikan EPA dalam CPG, yaitu produk konstruksi, lansekap, perkantoran non-kertas, kertas dan produk dari kertas, pertamanan dan rekreasi, transportasi, kendaraan, dan aneka ragam (*miscellaneous*). Untuk produk konstruksi, disain dan proposal produk EPA ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Disain dan Proposal Produk EPA untuk Konstruksi**  
(Sumber: [www.epa.gov/cpg/products.htm](http://www.epa.gov/cpg/products.htm))

Product Category	Proposed Products
Building insulation products	Cement and Concrete containing
Carpet	- Cenospheres
Carpet cushion	- Silica fume
Cement and concrete containing:	Modular threshold ramps
- Coal fly ash	Nonpressure pipe
- Ground granulated blast furnace slag	Nylon carpet and nylon
Consolidated and reprocessed latex paint	
Floor tiles	
Flowable fill	
Laminated paperboard	
Patio blocks	
Railroad grade crossing surfaces	
Shower and restroom dividers/partitions	
Structural fiberboard	

Untuk setiap jenis produk ini dikeluarkan pula rekomendasi final ataupun sementara untuk kandungan-daur ulangnya (*recycled-content*). Contohnya seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2, untuk produk konstruksi jenis insulasi bangunan.

**Tabel 2. EPA's Recommended Recovered Materials Content Levels for Building Insulation<sup>1</sup>**

(Sumber: <http://www.epa.gov/cpg/products/building.htm>)

Product	Material	Postconsumer Content (%)	Total Recovered Materials Content (%)
Rock Wool	Slag	--	75
Fiberglass	Glass Cullet	--	20-25
Cellulose Loose-Fill and Spray-On	Postconsumer Paper	75	75
Perlite Composite Board	Postconsumer Paper	23	23
Plastic Rigid Foam, Polyisocyanurate/Polyurethane:			
Rigid Foam	--	--	9
Foam-in-Place	--	--	5
Glass Fiber Reinforced	--	--	6
Phenolic Rigid Foam	--	--	5
Plastic, Non-Woven Batt	Recovered and/or Postconsumer Plastics	--	100

<sup>1</sup> The recommended recovered materials content levels are based on the weight (not volume) of materials in the insulating core only.

Semua proposal, disain, dan rekomendasi ini diterbitkan dalam peraturan federal. Setiap negara bagian kemudian membentuk badan khusus untuk menangani pemanfaatan bahan daur ulang dalam industri konstruksi di wilayahnya masing-masing.

## E. PERAN INDUSTRI DAN SWASTA

Dengan peraturan dan kelembagaan yang begitu jelas dan mendukung, tidak heran bila kemudian di Amerika Serikat tumbuh begitu banyak industri yang khusus mengolah dan menghasilkan produk-produk material bangunan daur ulang, terutama untuk jenis material daur ulang dengan pengolahan. Pemerintah terus memberi dukungan untuk jenis industri ini melalui peraturan maupun promosi produk hasilnya. Promosi semacam ini dapat dilihat antara lain pada situs [www.governmentales.com](http://www.governmentales.com). EPA setiap tahun juga mengeluarkan daftar perusahaan industri daur ulang untuk semua jenis produk dalam terbitan berkala *Buy-Recycled Series*.

Dukungan yang sangat besar ini membuat inovasi produk juga terus bermunculan untuk menghasilkan produk material daur ulang yang lebih aman, lebih kuat, lebih awet, lebih estetik, lebih ramah lingkungan, dan lebih murah. Beberapa contoh produk inovatif unggulan yang ditemui dalam situs pemerintah antara lain:

- **Plycem:** yaitu material pengganti *plywood* yang terbuat dari sisa industri *plywood* (*preconsumer materials*) dan 20% bahan daur ulang berupa serat mineral. Bentuknya berupa rangka struktural, lembaran fiber, maupun lembaran semen. Penggunaannya dapat sebagai atap, dinding, maupun lantai dan dapat dipasang dengan menggunakan lem, paku, maupun baut. Kelebihannya dibandingkan dengan *plywood* yaitu tahan api dan serangga. Tersedia dalam beberapa jenis ketebalan, dimensi, dan daya dukung beban. (Sumber: [www.architecturalproducts.com](http://www.architecturalproducts.com))
- **Rumber:** yaitu material yang diolah dari ban bekas dan jenis-jenis polyetilen yang bisa didaur ulang (tas, plastik, botol). Hasil jadinya berupa balok dan lembaran, yang dapat digunakan untuk dok, ramp, dinding, dermaga, pagar, hingga pedestrian. Produk ini sangat tahan lama dan kuat, dan dapat didaur ulang kembali (*recyclable*). (Sumber: [www.castleblock.com/index.html](http://www.castleblock.com/index.html))
- **Faswall:** material bangunan yang terbuat dari 85% sampah kayu (*wood waste*), 12% semen, dan 3% *fly-ash* (debu batubara). Digunakan sebagai struktur konstruksi (pondasi, kerangka) atau dinding, dengan daya tahan yang sangat baik. Dapat dipasang dengan mudah, dapat dipotong dengan peralatan pertukangan konvensional, dan bila digunakan sebagai pondasi tidak akan terpengaruh oleh kelembaban maupun kebekuan (*freezing*). (Sumber: [www.governmentsales.com](http://www.governmentsales.com))
- **Tuflex:** material pengganti keramik lantai yang terbuat dari karet alam daur ulang. Bertekstur persis seperti keramik, tersedia dalam 16 warna. Tahan air, tahan gores, anti slip, daya dukung beban sangat tinggi, dan dapat meredam suara sehingga memiliki fungsi akustik. (Sumber: [www.governmentsales.com](http://www.governmentsales.com))

## F. PERSYARATAN DISAIN

Secara umum, tidak banyak persyaratan disain bangunan berkelanjutan dengan material daur ulang ini yang berbeda dengan bangunan lain, kecuali beberapa persyaratan keamanan yang berkaitan dengan jenis material yang digunakan. Yang lebih banyak membedakannya adalah persyaratan konsep 'berkelanjutan' itu sendiri.

### 1. Persyaratan Keamanan

Setiap daerah di Amerika Serikat umumnya memiliki peraturan keamanan tertentu yang berbeda-beda, sesuai dengan kelompok dan jenis material bangunan daur ulang yang digunakan, kondisi alam, serta kebijakan daerah setempat. Beberapa negara bagian misalnya melarang penggunaan *adobe* untuk bahan bangunan karena memang

tidak cocok dengan iklim setempat. Namun secara umum, persyaratan disain untuk keamanan dengan menggunakan material daur ulang ini adalah sebagai berikut:

- a. Material lokal yang dapat diperbaharui umumnya bersifat organik seperti bambu dan *strawbale* yang memiliki masalah kekuatan dan daya tahan bangunan terhadap iklim. Untuk itu perlu diperhatikan pondasi dan struktur bangunannya serta bahan tambahan yang dapat digunakan untuk menambah kekuatan material ini. Sifat material organik yang mudah membusuk juga memerlukan struktur pelindung (atap) dan lantai serta plesteran pelindung struktur yang dapat melindunginya dari hujan dan kelembaban. Untuk *strawbale*, susunan perletakan bantalan jerami harus tepat dan presisi. Penyimpanan material harus diperhatikan agar tidak rusak terkena hujan. Beberapa peraturan bangunan terkadang mengharuskan sistem pembangunan *overbuilt*, yang mungkin dapat membuat biaya pembangunan menjadi lebih tinggi.
- b. Material lokal yang tidak dapat diperbaharui seperti *adobe* bersifat cenderung tidak stabil sehingga memerlukan *stabilizer* seperti adukan dari bahan lumpur, semen ataupun yang berbahan dasar aspal. Daya tahan terhadap iklim dan hujan juga perlu perhatian khusus. Teritisian lebar diperlukan untuk melindungi dinding dari tempasan hujan dan pondasinya harus dapat melindungi dari percikan air. Plester lumpurnya juga harus dipoles ulang setiap beberapa tahun sekali. Pada beberapa daerah, material ini tidak cocok digunakan karena dapat mengalami keretakan.
- c. Material daur ulang tanpa pengolahan seperti konsep *earthship* umumnya memerlukan persyaratan keamanan yang berkaitan dengan struktur bangunan sesuai dengan bahan perekat materialnya dan keamanan bahan plesteran yang digunakan.
- d. Material daur ulang dengan pengolahan umumnya diperlakukan seperti material biasa dan produk fabrikasi lainnya. Jadi sudah ada standar internasional dan nasional tertentu untuk sifat-sifat fisik dan mekanisnya, seperti dimensi, daya tahan terhadap kelembaban dan suhu, daya dukung beban, elastisitas dan sebagainya.

## 2. Persyaratan Konsep Berkelanjutan

Persyaratan ini berkaitan dengan konsep berkelanjutan yang ingin dicapai melalui bangunan berkelanjutan itu sendiri. Belum ada konsep baku mengenai hal ini, namun pada prinsipnya persyaratan ini menghendaki agar penggunaan material yang dimaksudkan untuk menghemat sumberdaya lingkungan ini tidak menimbulkan akibat-akibat yang mungkin lebih buruk terhadap lingkungan. Misalnya saja bahan tambahan



yang diperlukan untuk pemasangan material malah bersifat racun bagi lingkungan, seperti lem kimiawi, bahan pengawet, dan sebagainya. Secara umum, persyaratan disain untuk konsep berkelanjutan ini dapat dirangkum sebagai berikut:

- a. Pengambilan, pengolahan, dan pemasangan semua jenis material daur ulang harus menggunakan cara dan bahan-bahan yang aman terhadap lingkungan dan sedapat mungkin bersifat berkelanjutan.
- b. Untuk material yang bersifat organik, tidak menggunakan bahan pengawet yang meracuni atau merusak lingkungan. Misalnya untuk mengawetkan bambu, tidak menggunakan bahan-bahan kimiawi berbahaya yang bila terkena hujan akan dapat larut ke dalam tanah sehingga mencemari tanah dan lingkungan sekitarnya.
- c. Untuk material yang memerlukan bahan plester tertentu, harus diperhatikan sifat dan ketersediaan bahan tersebut. Misalnya untuk *strawbale* dan *adobe* yang memerlukan plaster tanah liat, harus diperhatikan ketersediaan tanah liat tersebut di alam, apakah memang memungkinkan untuk diambil dalam jumlah tertentu. Bila tidak, harus dicari alternatif jenis plesteran lain.
- d. Untuk material yang berasal dari tumbuhan *non-waste* seperti bambu, perlu diperhatikan cara penebangannya sehingga tidak merusak keseimbangan ekosistemnya. Cara yang tepat adalah dengan menggunakan sistem tebang pilih sehingga tidak terjadi kepunahan spesies tertentu. Program penanaman kembali juga menjadi satu keharusan.
- e. Untuk keseluruhan bahan tambahan untuk material daur ulang ini, harus diperhatikan agar tidak malah memakan lebih banyak material bila dibandingkan dengan menggunakan material konvensional. Dengan demikian keseimbangan lingkungan tetap terjaga.
- f. Untuk material yang diambil langsung dari alam dan sifatnya tidak *renewable*, ketersediaan material di alam harus selalu menjadi perhatian. Bila memang pengambilan material sudah tidak dimungkinkan tanpa merusak lingkungan, maka penggunaan material tersebut harus segera dihentikan. Sebagai gantinya, digunakan material lain yang bersifat berkelanjutan. Misalnya material daur ulang (dengan atau tanpa pengolahan)

Semua persyaratan disain ini di Amerika Serikat mendapatkan pengawasan ketat dari pemerintah melalui peraturan-peraturan bangunan, baik yang bersifat nasional maupun lokal.

## **BAB III PEMBAHASAN**

### **A. POTENSI MATERIAL DAUR ULANG DI INDONESIA**

Bila dibandingkan dengan jenis-jenis material daur ulang yang berkembang dan digunakan di Amerika Serikat dan negara-negara lainnya, potensi material daur ulang di Indonesia sebenarnya tidak kalah, walaupun tidak bisa disebut lebih kaya. Semua jenis material daur ulang yang dibahas dalam tinjauan pustaka sebelumnya, dapat ditemukan di Indonesia, baik dalam bentuk material yang sama maupun dalam bentuk materia lain. Berikut ini akan dibahas mengenai potensi material daur ulang yang ada di Indonesia.

#### **1. Material Lokal yang Dapat Didaur Ulang (*Recyclable*)**

##### **a. Material lokal yang dapat diperbaharui**

Seperti juga apa yang terdapat di Amerika Serikat, di Indonesia material jenis ini kebanyakan juga yang berasal dari tumbuh-tumbuhan. Di antaranya adalah:

##### **BAMBU**

Material ini merupakan potensi material lokal *renewable* terbesar yang ada di Indonesia. Tanaman ini tersebar di hampir seluruh wilayah Indonesia dan sudah dikenal secara umum sebagai salah satu material bangunan yang baik untuk digunakan. Banyak bangunan tradisional yang menggunakan material ini sebagai bahan konstruksinya. Namun ketika bahan bangunan modern seperti semen dan beton mulai dikenal, bambu seperti ditinggalkan dan mulai dilupakan. Bahkan muncul kecenderungan menganggap bambu hanya pantas untuk kalangan masyarakat berpenghasilan rendah. Padahal potensi material ini sebagai bahan konstruksi dan bahan bangunan tidak kalah dengan material lain. Apalagi konsumsi material pengganti bambu saat ini banyak mempunyai sisi lingkungan yang negatif. Kayu relatif lama masa perbaharuannya; beton dan baja merupakan bahan tambang yang tidak dapat diperbaharui; plastik, *acrylic*, *fiber*, dan produk fabrikasi lainnya mempunyai dampak lingkungan yang merusak (Widiarso, 2001).

Elemen bangunan yang dapat dibuat dengan menggunakan bambu sebenarnya juga sangat banyak jenisnya. Dari pembuatan atap hingga lantai bangunan, bambu bisa dimanfaatkan. Bambu dapat digunakan sebagai pengganti kayu dan baja dalam banyak aplikasi: sebagai tulangan beton, kolom, pasak, tiang penopang, perancah, rangka bangunan (lantai, dinding, atap), penutup bangunan (lantai, dinding, atap),

furnitur, elemen dekoratif, dan bahkan sebagai pipa saluran air dan limbah. Untuk rangka, biasanya bambu digunakan dalam bentuk batang utuh, sedangkan untuk bahan penutup bambu digunakan dalam bentuk anyaman bilahnya. Amerika Serikat dan Cina bahkan sudah mengembangkan bambu sebagai bahan lantai berkualitas tinggi sebagaimana *parquet* kayu (Widyowijatnoko, 2001).

Dari segi ekonomis, bambu jauh lebih murah daripada kayu. Dibandingkan dengan perancah baja, perancah bambu di Hongkong biayanya lebih murah 6%, waktu pemasangannya lebih cepat 6 kali meskipun dipasang oleh tenaga kerja yang tidak terampil, alat kerjanya lebih sederhana dan waktu pembongkarannya lebih cepat 12 kali (Widyowijatnoko, 2001). Dari segi teknis, bambu sangat mudah dipotong dan disambung. Fleksibilitasnya pun tinggi sehingga struktur bambu relatif aman untuk daerah rawan gempa, seperti yang banyak terdapat di Indonesia.

Untuk bangunan-bangunan kecil seperti rumah tinggal, sebenarnya bambu merupakan material yang cocok sekali. Apalagi saat ini teknologi sudah memungkinkan proses laminasi bambu sehingga hasilnya lebih kuat dan awet. Teknologi ini sudah diterapkan pada perumahan di Timor Barat.

Masalah keawetan ini juga dapat diatasi dengan melapisinya dengan plester. Cara ini memberikan keuntungan ganda, selain bambu lebih awet juga mengurangi resiko kebakaran, memberikan kesan bangunan permanen, dan mengontrol suhu ruangan. Plesterannya bisa terbuat dari campuran kotoran kerbau dengan kapur, tanah liat, atau mortar (Widyowijatnoko, 2001).

Kelebihan utama material ini untuk penggunaan di Indonesia adalah selain terdapat di hampir seluruh penjuru Indonesia, tanaman ini juga sangat mudah tumbuh dalam iklim tropis. Dalam usia 3-5 tahun bambu sudah memiliki kekuatan maksimal untuk dipakai dalam konstruksi, sangat cepat bila dibandingkan dengan jenis tanaman berkayu keras yang memerlukan waktu belasan hingga puluhan tahun.

Dari berbagai sudut pandang, bambu memiliki kelebihan karakter sebagai salah satu material penting dalam bangunan berkelanjutan, antara lain sudah akrab dalam kehidupan masyarakat, mudah dan murah didapatkan, tingkat perbaharuan yang tinggi, tingkat kemampuan sebagai katalis pendauran buangan dan keanekaragaman hayati yang tinggi, dan peluang pengembangan yang luas baik secara alamiah maupun ekonomis (Widiarso, 2001). Dengan demikian bambu merupakan salah satu material bangunan berkelanjutan yang paling baik untuk kondisi Indonesia.

## **KELAPA**

Kelapa juga merupakan jenis tanaman yang dapat ditemui di hampir seluruh daerah di Indonesia. Namun pemanfaatannya sebagai material bangunan belum begitu populer. Padahal kayu kelapa sebenarnya merupakan bahan konstruksi yang cukup baik, apalagi bila dipadukan dengan rekayasa teknologi tertentu. Kayu kelapa terutama dapat menjadi kerangka bangunan menggantikan kayu-kayu hutan.

Kelebihan kelapa sebagai material berkelanjutan adalah potensinya yang cukup besar. Beberapa jenis kelapa juga memiliki masa *renewable* yang lebih pendek dibandingkan dengan jenis kayu hutan tropis, dan kekuatannya cukup memadai.

Pemanfaatan jenis material lokal yang dapat diperbaharui ini sebenarnya tidak hanya memberikan keuntungan dari segi lingkungan, namun juga dari segi ekonomis. Untuk pemanfaatan kelapa, misalnya, dapat mendorong budidaya tanaman ini dengan lebih baik sehingga menguntungkan petani kelapa. Selain dapat diambil buahnya, saat pohonnya tidak produktif lagi mereka dapat menebang dan menjual pohonnya untuk material bangunan.

### **b. Material lokal yang tidak dapat diperbaharui**

Di Indonesia mungkin tidak dapat ditemui material sejenis *adobe* dan iklim tropis juga menyulitkan pemanfaatan material sejenis ini di Indonesia. Namun pada beberapa daerah terdapat potensi material lokal *unrenewable* yang cukup besar namun belum dimanfaatkan. Di Irian Jaya, misalnya, terutama di daerah daratan pesisirnya banyak terdapat sejenis karang yang baik untuk digunakan sebagai material bangunan. Namun sampai saat ini potensi ini belum digarap dengan baik. Kebanyakan proyek di Irian Jaya masih menggunakan bata dan semen yang didatangkan dari luar pulau dengan harga yang relatif sangat mahal.

Sebenarnya karang ini dapat menjadi alternatif material bangunan, sejauh digunakan tanpa mengakibatkan kerusakan pada ekosistemnya. Penggunaannya harus terus diawasi agar tidak melampaui batas ramah lingkungan, seperti yang dilakukan dengan material *adobe* di berbagai negara. Namun belum ada penelitian yang lebih mendalam tentang cara pengolahannya yang tepat.

Bila dicermati dan diteliti lebih lanjut, pada beberapa daerah potensi-potensi semacam ini juga banyak terdapat, dengan jenis material sediaan yang berbedabeda. Pemanfaatan material semacam ini sebenarnya lebih baik daripada harus

mendatangkan material lain ke daerah tersebut. Toh material bangunan tidak harus bata atau batako saja. Penelitian di setiap daerah harus didorong dan dilakukan sehingga setiap daerah menyadari potensi material yang dimilikinya, apalagi dalam era otonomi daerah saat ini, di mana daerah mempunyai kewenangan yang lebih besar untuk memanfaatkan potensinya masing-masing.

Pada pemanfaatan potensi material jenis ini, yang paling penting dilakukan adalah pengawasan yang ketat agar pemanfaatan material tidak dilakukan secara berlebihan sehingga akhirnya malah menimbulkan kerusakan lingkungan. Bila potensinya sudah sampai pada batas tidak dapat dimanfaatkan lagi tanpa merusak lingkungan, maka alternatif material berkelanjutan yang lain harus segera dicari.

## 2. Material Daur Ulang (*Recycled*)

### a. Material daur ulang tanpa pengolahan

Untuk pemanfaatan material jenis ini di Indonesia, konsep *earthship* mungkin tidak akan populer. Tidak banyak orang yang mau membangun rumah atau bangunan lain dengan menggunakan botol atau kaleng minuman bekas serta ban yang disusun satu per satu. Apalagi metode pembangunannya tidak semudah penggunaan material lain dan memerlukan disain khusus. Namun potensi material jenis ini di Indonesia tetap ada.

Potensi lain adalah pemanfaatan material bekas dari bangunan yang dibongkar untuk campuran material bangunan baru. Misalnya pecahan beton bangunan lama digunakan sebagai *split* pada campuran beton baru.

### b. Material daur ulang dengan pengolahan

Potensi material jenis ini masih sangat besar di Indonesia. Yang menjadi masalah adalah masih sangat sedikitnya perusahaan khusus yang mengolah sampah dan bahan buangan lainnya menjadi material bangunan. Padahal ada berbagai jenis sampah (*waste*) dan limbah yang dapat diolah menjadi material jenis ini. Di antaranya adalah:

#### i) Sampah padat kota/solid waste (postconsumer material)

Banyak kota besar di Indonesia yang mengalami masalah pembuangan sampah kotanya. Hal ini terjadi karena pengelolaan sampah umumnya baru sampai pada tahap menumpuk dan membakarnya di Tempat Pembuangan Sampah Akhir

(TPA). Kalaupun ada yang memanfaatkan sampah-sampah ini, baru terbatas pada pemulung dan sedikit industri daur ulang kertas. Padahal bila sampah ini dimanfaatkan untuk bahan baku material bangunan, sebagian masalah sampah kota ini akan terpecahkan. Selain itu industri pembuatan material daur ulang dari sampah kota ini juga akan membuka lapangan kerja yang cukup besar.

Beberapa kota di Jawa Tengah telah melakukan upaya daur ulang sampah kota melalui upaya membangun industri kecil pembuatan *paving block* dan eternit. ([http://www.suaramerdeka.com/harian/0102/16/x\\_jtg.html](http://www.suaramerdeka.com/harian/0102/16/x_jtg.html)).

ii) Sampah padat pengolahan hasil pertanian (*preconsumer material*)

Pertanian masih merupakan sumber matapencarian terbesar bagi penduduk Indonesia. Karena itu sebenarnya sektor ini pasti menghasilkan sampah *preconsumer material* yang terbesar pula. Produksi dan pengolahan padi, misalnya menghasilkan sampah berupa merang dan sekam. Produksi dan pengolahan kelapa sawit menghasilkan sampah padat berupa cangkang, sabut, dan batok sawit. Begitu pula dengan hasil-hasil pertanian lainnya.

Selama ini sampah-sampah ini ada yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, bahan dasar pembuatan pupuk kompos, dan ada pula yang hanya dibakar dan ditumpuk begitu saja. Padahal banyak jenis sampah produksi pertanian ini yang dapat didaur ulang menjadi material bangunan ataupun digunakan sebagai bahan campuran material bangunan konvensional.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menghasilkan material bangunan dari sampah produksi pertanian ini. Berikut ini adalah beberapa di antaranya.

### **KELAPA SAWIT**

Budidaya tanaman ini di Indonesia ditujukan untuk menghasilkan minyak sawit mentah (*crude palm oil – CPO*) yang merupakan bahan baku industri minyak goreng dan industri lainnya. Dalam proses pengolahan dari bentuk tandan sawit segar menjadi CPO, ada banyak jenis sampah yang dihasilkan. Hampir semua jenis sampah ini bisa dimanfaatkan dengan mendaur ulangnya menjadi material bangunan.

Abu kelapa sawit yang berasal dari pembakaran batok kelapa sawit merupakan bahan campuran yang baik untuk pembuatan genteng tradisional. Hasilnya adalah genteng dengan mutu yang hampir setara dengan genteng beton karena abu sawit menghasilkan ikatan yang kuat dengan semen (Santosa, 2001).

Serabut sawit, yaitu serabut yang dihasilkan dari kulit buahnya, dapat digunakan sebagai campuran bahan pembuatan bata. Tanpa campuran serabut sawit, bata yang dihasilkan umumnya hanya memiliki kuat desak yang baik. Sementara penggunaan serabut sawit dengan campuran pasir dan semen menghasilkan batu bata yang juga memiliki kuat tarik yang bagus. Hal ini karena campuran serabut sawit di dalam bata berfungsi seperti tulangan pada beton. Rekatannya dengan bahan baku lain juga bagus, namun sampai saat ini bata yang dihasilkan belum terlalu tinggi kuat retaknya (Santosa, 2001).

Cangkang sawit juga merupakan bagian yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan konstruksi. Dari hasil penelitian BPPT, cangkang sawit dapat digunakan untuk memperbaiki daya dukung tanah, terutama pada pembuatan jalan. Pada tanah-tanah yang kurang stabil, cangkang sawit dapat membantu memperkuat lapisan tanah di bawah agregat dan aspal (BPPT, 2001).

Selain sampah hasil produksi, batang kelapa sawit yang sudah tua dan tidak produktif berbuah lagi juga dapat dimanfaatkan sebagai material konstruksi. Salah satu penelitian yang dibiayai oleh Proyek URGE 2000 menghasilkan kayu termoplastis dari batang kelapa sawit dengan menggunakan teknik yang disebut Impregnasi Reaktif dengan Poliolefin Daur Ulang (Depdiknas, 2000).

## **TEBU**

Abu ampas tebu dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton, yang menghasilkan beton dengan mutu tinggi (Depdiknas, 2000).

## **PADI**

Sekam padi dapat dimanfaatkan untuk pembuatan material konstruksi. Abu sekam padi merupakan bahan campuran yang baik untuk pembuatan beton ringan. Sementara sekam padi dan batang jeraminya (merang) dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam produksi batu bata rakyat sehingga menghasilkan batu bata dengan kualitas yang lebih baik.

## **KARET**

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil karet alam terbesar di dunia. Sejauh ini karet hanya dikenal sebagai bahan baku industri manufaktur yang biasanya di ekspor ke luar negeri dalam bentuk lembaran *lateks*. Namun

sebenarnya *lateks* dan sisa pengolahannya (*preconsumer material*) juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk keperluan konstruksi.

Lembaran lateks misalnya, dapat digunakan sebagai lapisan untuk memperbaiki kualitas lapisan tanah di bawah permukaan lantai bangunan.

Teknologi baru lainnya yang menggunakan karet adalah aspal karet (asret). Asret ini bermanfaat antara lain untuk mengurangi deformasi plastis tanah terhadap alur. Hasil pengujian di laboratorium dan lapangan menunjukkan bahwa aspla karet (asret) dengan kandungan 3% lateks alam dapat memperbaiki karakteristik aspal konvensional, meningkatkan mutu perkerasan beraspal, dan meningkatkan umur konstruksi perkerasan jalan. Asret juga dapat meningkatkan kinerja campuran beton aspal seperti ketahanan terhadap deformasi, kelenturan, dan keawetannya. Karet dalam aspal mengubah sifat fisik aspal konvensional sehingga mengurangi kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur dan meningkatkan modulus kekakuan dan elastisitas aspal.

Teknologi aspal karet ini dikembangkan Pusat Litbang Teknologi Prasarana Jalan dan dimaksudkan untuk mengantisipasi kebutuhan aspal modifikasi di Indonesia. *Lateks* alam sebagai bahan modifikasi dipilih karena sangat banyak terdapat di Indonesia. Teknologi ini mampu menghasilkan aspal dengan kelenturan tinggi dengan harga yang sangat bersaing ([www.kbw.go.id/balitbang/pustrans/protek\\_trans/pro\\_tek\\_trans.htm](http://www.kbw.go.id/balitbang/pustrans/protek_trans/pro_tek_trans.htm))

### iii) Limbah pertambangan dan industri

Sektor pertambangan masih merupakan penghasil devisa terbesar bagi Indonesia. Namun limbah hasil pertambangan juga merupakan salah satu masalah lingkungan hidup terbesar yang harus dihadapi. Padahal limbah sektor pertambangan dan industri sebenarnya juga dapat diolah sebagai material konstruksi melalui proses daur ulang. Diantaranya adalah:

#### **TAILING**

*Tailing* adalah sisa batuan tambang yang mengandung logam seperti emas dan tembaga yang sudah diambil kandungan logamnya. Selama ini orang hanya mengenal *tailing* sebagai material perusak lingkungan dengan jumlah buangan yang sangat besar sehingga lingkup daerah cemaran yang diakibatkannya juga sangat luas. Sebenarnya, *tailing* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku



material konstruksi melalui proses daur ulang. *Tailing* dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran pembuatan beton.

### **FLY-ASH**

Fly-ash adalah serbuk tanah halus berwarna hitam dari batubara. Fly-ash yang juga dikenal dengan nama debu batubara atau abu terbang ini merupakan limbah pertambangan batubara dan industri-industri lain yang menggunakan batubara, seperti pembangkit listrik. Bila tidak dimanfaatkan, bahan ini merupakan salah satu polutan lingkungan.

Namun sebenarnya fly-ash dapat dimanfaatkan untuk pembuatan material konstruksi, contohnya untuk pembuatan Fasswall. Dalam proses yang lebih sederhana, fly-ash bersama abu sekam dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran pembuatan beton ringan untuk pelat *waffle* (BPPT, 2001).

## **B. KONDISI PERATURAN DAN KELEMBAGAAN**

Seperti di negara-negara lain, Indonesia juga membutuhkan adanya lembaga dari pusat hingga daerah yang khusus menangani masalah bangunan berkelanjutan ini. EPA di Amerika Serikat merupakan contoh yang baik untuk berdirinya lembaga sejenis di Indonesia, di luar Kementerian Lingkungan Hidup yang sudah dikenal selama ini.

Peraturan perundangan yang ada pun belum cukup mendukung perkembangan penggunaan material daur ulang di Indonesia. Memang dalam Undang-undang Lingkungan Hidup maupun peraturan pemerintah mengenai penanganan dan pengelolaan limbah telah dikenal konsep 3R, yang di Indonesia dijabarkan dalam konsep *recovery* atau perolehan kembali, *reuse* atau penggunaan kembali, dan *recycle* atau daur ulang ([www.bapedal.go.id/publik/peraturan/pp/pp1899](http://www.bapedal.go.id/publik/peraturan/pp/pp1899)). Namun penerapan dan pelaksanaannya di lapangan masih belum terlihat.

Pemasyarakatan penggunaan material daur ulang juga memerlukan campur tangan pemerintah lebih lanjut. Keharusan penggunaan material daur ulang pada proyek-proyek pemerintah perlu dilakukan untuk mendorong tumbuhnya industri daur ulang di Indonesia. Apalagi pada masa krisis seperti sekarang ini, proporsi proyek pemerintah dan proyek non-pemerintah hampir berimbang sehingga keharusan seperti itu akan membuat jumlah penggunaan material daur ulang menjadi cukup berarti secara

keseluruhan. Dengan demikian diharapkan industri material daur ulang akan tumbuh pelan-pelan untuk memasok material yang diperlukan dalam proyek-proyek tersebut.

Peluang investasi di bidang industri material daur ulang juga perlu dibuka lebar dengan memberikan berbagai kemudahan birokrasi maupun bantuan teknis, terutama di daerah-daerah tertentu yang mempunyai sumberdaya bahan baku material daur ulang yang cukup besar. Kampanye dan promosi bangunan berkelanjutan dan material daur ulang juga perlu ditingkatkan dengan memanfaatkan media massa dan media komunikasi seperti internet.

Peran pendidikan arsitektur dan teknik sipil juga sangat besar dalam memasyarakatkan konsep bangunan berkelanjutan ini. Pengembangan dan penelitian material daur ulang di lembaga-lembanga penelitian akademik perlu digalakkan dengan konsep kemitraan dengan pihak pemerintah dan industri.

### C. PERSYARATAN DISAIN

Persyaratan disain pada Bab II dapat menjadi acuan dalam menyusun persyaratan disain di Indonesia. Sedangkan untuk persyaratan konsep berkelanjutan, selain apa yang telah diuraikan pada Bab II, ada cara lain yang mungkin dapat digunakan di Indonesia, yaitu dengan menggunakan konsep penilaian tingkat berkelanjutan (*sustainability level*) suatu bangunan. Konsep ini penulis adaptasi dari konsep penilaian yang diajukan oleh Hans Löfflad (2000) dalam *The Global Recycling House*, yang ia usulkan untuk digunakan sebagai acuan untuk mendisain bangunan dapat didaur ulang. Dalam konsep ini Löfflad membagi setiap material bangunan ke dalam 3 kategori, yaitu:

Kategori	Deskripsi	Contoh
I	<i>Global Recycling Material</i> : material dasar ( <i>raw</i> ) yang dapat diperbaharui ( <i>renewable</i> ) dan atau mineral dalam bentuk alami atau telah diolah secara mekanis.	Kayu gelondongan, balok, dan produknya; bambu, tanah liat dan produknya; jerami; dan batu alam
II	<i>Conditional Global Recycling Material</i> : material dasar yang dapat diperbaharui dan atau mineral yang diolah secara mekanis dan mengalami perubahan struktur secara kimia	Bata, semen, batu kapur, plester kapur, papan, papan serat kayu, cat alami
III	<i>Not Global Recycling Material</i> : material yang diproduksi bukan dari material yang dapat diperbaharui	Produk yang terbuat dari minyak, batubara, dsb. seperti plastik, cat, dan lem

Kemudian setiap material pembentuk bangunan dinilai kategorinya. Bila terdapat beberapa material dengan bahan pembentuk dari beberapa kategori, maka yang

diambil adalah kategori tertinggi. Sedangkan bangunan dengan tingkat daur ulang tertinggi adalah yang memiliki kategori terendah (kategori I). Contohnya, beton yang terbuat dari pasir, semen, dan air. Pasir dan air termasuk dalam kategori I, sedangkan semen terbuat dari batu kapur dan tanah liat yang sudah berubah struktur kimianya melalui proses pembakaran sehingga masuk dalam kategori II. Untuk itu secara keseluruhan beton masuk dalam kategori II. Karena itu menurut Löfflad perlu dicari upaya dan teknologi khusus agar beton bisa dimasukkan dalam kategori I, misalnya dengan membuatnya berpori seperti batu alam sehingga beton tersebut mengadopsi karakteristik fisik batu alam. Dengan demikian bangunan yang nantinya dibuat dengan beton ini dapat masuk ke dalam kategori *global recycling*.

Adaptasi konsep Löfflad untuk persyaratan disain konsep bangunan berkelanjutan dengan material daur ulang dilakukan dengan membuat kategori-kategori *sustainability level* untuk setiap jenis material daur ulang. Setiap material diklasifikasikan dalam kategori *sustainable* tertentu sehingga suatu bangunan dapat diusahakan untuk mencapai tingkat *sustainable* yang paling tinggi, baik melalui pemilihan materialnya, maupun melalui sistem pembangunannya. Kategori ini ditentukan dengan melihat sifat bahan, ketersediaan di alam, kemampuan daur ulang, kandungan daur ulang, dan sebagainya. Lalu bangunan yang berkonsep berkelanjutan dinilai setiap jenis material penyusunnya sehingga akhirnya didapatkan kriteria *sustainability* bangunan tersebut.

Selain untuk menilai suatu bangunan, kriteria dan kategori ini dapat pula digunakan sebagai acuan untuk mendisain bangunan berkelanjutan, terutama pada tahap penentuan material bangunan. Dengan demikian hal ini akan mempermudah kerja disain yang dilakukan oleh arsitek dan perencana bangunan berkelanjutan. Tujuan akhirnya adalah menciptakan bangunan-bangunan yang sepenuhnya berkelanjutan (*a global sustainable building*).

## BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

1. Potensi material daur ulang untuk bangunan berkelanjutan di Indonesia sangat besar.
2. Hampir semua elemen bangunan, dari pondasi hingga atap, dapat dibuat dari material daur ulang.
3. Untuk Indonesia, potensi material daur ulang terbesar adalah material dari bahan organik/tumbuhan, baik dalam bentuk *preconsumer material*-nya maupun untuk diolah langsung sebagai material konstruksi.
4. Umumnya bangunan berkelanjutan dengan menggunakan material daur ulang tidak memerlukan persyaratan disain (*design requirements*) yang berbeda dengan bangunan dan material lain, kecuali untuk beberapa jenis material yang bersangkutan dengan keamanan dan daya tahan penggunaannya. Yang harus lebih diperhatikan adalah persyaratan yang berkaitan dengan konsep bangunan berkelanjutan itu sendiri sehingga akan menghasilkan bangunan yang benar-benar berkelanjutan.
5. Selain sebagai salah satu aspek dalam menciptakan bangunan berkelanjutan, material daur ulang juga merupakan jawaban bagi permasalahan pengelolaan sampah dan limbah di Indonesia.
6. Material daur ulang dapat membuka peluang kerja dalam bidang industri daur ulang, mulai dari industri kecil dan industri rumah tangga sampai industri besar.

### B. SARAN

1. Perlu dilakukan upaya kampanye dan promosi yang berkesinambungan untuk memasyarakatkan bangunan berkelanjutan di Indonesia, baik yang dilakukan oleh pemerintah, swasta, maupun masyarakat.
2. Pemerintah sebaiknya membentuk badan khusus yang menangani masalah bangunan berkelanjutan dan segala aspeknya, yang dalam tugasnya melakukan kerjasama dengan badan-badan lingkungan lain seperti Bapedal dan Walhi
3. Penggunaan dan pengembangan potensi material daur ulang di Indonesia perlu memperhatikan sumber daya dan potensi di masing-masing daerah, terutama jenis material lokal yang tersedia.

4. Untuk material daur ulang dengan pengolahan yang dilakukan dalam industri pengolahan tertentu, baik industri rumah tangga maupun industri besar, diperlukan standarisasi mutu industri tertentu. Standarisasi ini dapat dilakukan oleh lembaga-lembaga standarisasi atau konstruksi yang ada di Indonesia.
5. Pemerintah perlu mendorong swasta untuk lebih terlibat dalam industri material daur ulang. Dorongan dapat diberikan dalam bentuk peraturan, kemudahan birokrasi dan perizinan, maupun bantuan dan kerjasama teknis.
6. Untuk mendorong semakin berkembangnya konsep bangunan berkelanjutan, Pemerintah dapat melakukan pemberian bentuk penghargaan tertentu. Misalnya dengan menyediakan kategori Kalpataru untuk arsitek yang secara konsisten menerapkan konsep bangunan berkelanjutan pada disain-disainnya, atau untuk perusahaan konstruksi yang menggunakan material daur ulang dalam proyek-proyeknya.

## DAFTAR PUSTAKA

### Buku, Makalah, dan Barang Cetak:

- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2001. *Data Usulan Kegiatan Riset Unggulan Kemitraan 2002*. Jakarta: BPPT
- City of Seattle Executive Services Department (CSESD). 2000. *Facility Standards for Design Construction & Operation, Appendix 1-G. – Sustainable Building Policy and Procedures*. Version 1.2000 Section 1 – General Requirements. Seattle: CSESD. p: 1-8
- Departemen Pendidikan Nasional. 2000. *Daftar Pemenang Domestic Collaborative Research Grant Program Proyek URGE 2000*. Jakarta: Depdiknas
- Department of Design, Construction and Land Use (DCLU). 2001. *Sustainable Building and Reuse of Building Materials Client Assistance Memo #336*. Seattle:DCLU. p: 1-5
- Environmental Protection Agency (EPA). 2000a. *2000 Buy-Recycled Series Construction Products*. Washington: US-EPA
- Environmental Protection Agency (EPA). 2000b. *2000 Buy-Recycled Series Landscape Products*. Washington: US-EPA
- Fox, Avril and Robin Murrell. 1989. *Green Design, A Guide to the Environmental Impact of Building Materials*. London: Architecture Design and Technology. p: 5-10
- King County Solid Waste Division. 2001a. *Recycled Content Building Materials Products Guide*. Seattle: King County Department of Natural Resources
- King County Solid Waste Division. 2001b. *Seattle/King County Contractors' Guide to Preventing Waste and Recycling 2001*. Seattle: Seattle Public Utilities
- Löfflad, Hans. 2000. *The Global Recycling House*. Makalah dalam International Symposium Beyond Sustainability 2000. Edisi CD. Eindhoven: Eindhoven University of Technology
- P3M. 1998. *Sampah*. Yogyakarta: Yayasan Dian Desa
- Roesmanto, Totok. 2001. *Estetika dan Material Lokal bagi Konstruksi Berkelanjutan Kebondawa*. Makalah dalam The Second International Seminar on Environmental Architecture (SENVAR). Semarang: Laboratory of Building Physics, Diponegoro University. p: 5-9
- Ronald, Arya. 2001. *Resource Management for Sustainable Development*. Makalah dalam The Second International Seminar on Environmental Architecture (SENVAR). Semarang: Laboratory of Building Physics, Diponegoro University. p: 10-12
- Santosa, M. 2001a. *Eco Architecture as One of Design Research in Indonesia*. Makalah dalam ACAE Conference, National University of Singapore, 7 September 2001. tidak diterbitkan. p: 2-5
- Santosa, M. 2001b. *Introduction to Eco Architecture*. Bahan kuliah Eko Arsitektur Program Studi S2 Arsitektur UGM, Yogyakarta. tidak diterbitkan
- Schijns, Wolf H.M. 2000. *Sustainability Versus Development, Towards a Sustainable Evolution of Local Building Technology*. Makalah dalam International Symposium

Beyond Sustainability 2000. Edisi CD. Eindhoven: Eindhoven University of Technology

Sherman, Rhonda L. 1994. *Waste Reduction dan Recycling for the Lodging Industry, A Guide for Hotel dan Motel Managers*. North Carolina: North Carolina Cooperative Extension Service. P: 2-3, 14-29

Widiarso, Tulus. 2001. *Arsitektur Berkelanjutan dengan Bambu*. Makalah dalam The Second International Seminar on Environmental Architecture (SENVAR). Semarang: Laboratory of Building Physics, Diponegoro University. p: 16-21

Widyowijatnoko, Andry. 2001. *Konstruksi Dinding Bambu Plaster sebagai Bahan Alternatif Rumah Murah Berkelanjutan*. Makalah dalam The Second International Seminar on Environmental Architecture (SENVAR). Semarang: Laboratory of Building Physics, Diponegoro University. p: 22-27

Situs Internet:

[http://dnr.metrokc.gov./market/map/\\_vti\\_bin/shtml.exe/CKChoi.htm](http://dnr.metrokc.gov./market/map/_vti_bin/shtml.exe/CKChoi.htm)

<http://strawbale.archinet.com.au/>

<http://www.alternative-way.com>

<http://www.architecturalproducts.com>

<http://www.bapedal.go.id/>

<http://www.castleblock.com/index.html>

[http://www.cityofseattle.net/sustainablebuilding/facilities\\_std.htm](http://www.cityofseattle.net/sustainablebuilding/facilities_std.htm)

<http://www.cityofseattle.net/sustainablebuilding/overview.htm>

<http://www.cityofseattle.net/sustainablebuilding/resources.htm>

<http://www.durisol.com/products.htm>

<http://www.epa.gov/cpg/products.htm>

<http://www.governmentales.com/index.html#index>

[http://www.kbw.go.id/balitbang/pustrans/protek\\_trans/pro\\_tek\\_trans.htm](http://www.kbw.go.id/balitbang/pustrans/protek_trans/pro_tek_trans.htm)

<http://www.oikos.com/products/>

<http://www.strawbalecentral.com/index.html>

[http://www.suaramerdeka.com/harian/0102/16/x\\_jtg.html](http://www.suaramerdeka.com/harian/0102/16/x_jtg.html)