

BAB II KAJIAN TEORI

Zimmermann, seorang ahli geografis pada tahun 1933 berkata: “*Resources are not anything static, but something as dynamic as civilization itself*”². Dari perkataannya tersebut, terkesan bahwa sumber daya alam yang ada di bumi ini ialah dinamis sebagaimana peradaban masyarakatnya, sehingga sangat mungkin diartikan bahwa tak peduli seberapa banyak unsur alam yang dieksplorasi dan dieksploitasi demi perkembangan peradaban manusia, alam akan bisa menemukan jalannya sendiri untuk memulihkan diri. Sesungguhnya tidak demikian. Tidak ada indikasi bahwa kita bisa optimis jika memikirkan fakta seperti berikut; minyak bumi sama sekali tidak terekplorasi sampai tahun 1840. Kemudian tibalah masa industri otomotif mulai berkembang pada awal abad 20. Minyak bumi dieksplorasi secara besar-besaran. Harga minyak bumi saat itu sangat murah. Namun saat ini, kita sibuk mencari bahan bakar alternatif kalau-kalau minyak bumi habis.

Sumber daya alam memerlukan waktu untuk memperbaharui diri. Yang menjadi masalah ialah kecepatan memperbaharui diri melawan arus kebutuhan kita. Faktanya, seringkali kerakusan kita akan sumber daya alam jauh lebih cepat daripada kemampuan alam untuk memperbaharui diri. hal demikian terjadi dalam berbagai bidang, tak terkecuali industri bangunan. Akan tetapi, tetap saja membangun merupakan sumbangan kebudayaan yang penting.³

II.1. Industri Bangunan

Industri bangunan mengkonsumsi sumber daya alam dalam jumlah banyak. Tak hanya mengeksplorasi material mentah untuk bahan produksi, akan tetapi juga mengkonsumsi sumber daya lainnya yang dibutuhkan untuk menghasilkan energi selama proses produksi, distribusi dan penggunaan material di lapangan. Sumber daya yang dipakai ini sebagian besar berupa minyak bumi dan energi listrik yang berasal dari berbagai macam tipe pembangkit. Gunanya sumber daya ini ialah untuk menghasilkan

² Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000). Hal. 5

³ Disarikan dari: Frick, Heinz. Koesmartadi, Ch. *Ilmu Bahan Bangunan*. (Yogyakarta: Kanisius, 1999). Hal. v (Prakata)

energi yang menjamin berjalannya proses pembangunan melalui berbagai macam alat-alat pemroses.

Berikut ditunjukkan bentuk-bentuk energi yang dikonsumsi dalam tahap-tahap proses pembangunan:⁴

1. Konsumsi energi untuk distribusi material jadi. Sebagai contoh, energi yang dibutuhkan untuk mengirim beton ringan dari Norwegia ke Korea menghabiskan 10000 mega joule per meter kubik (MJ/m³). sementara energi yang dibutuhkan untuk proses dasar pembuatannya 'hanya' 3500 MJ/m³. dari sini dapat disimpulkan bahwa material berat yang membutuhkan energi besar untuk distribusi sebaiknya dipergunakan di lingkup lokal.
2. Konsumsi energi di lahan bangunan. Hal ini mencakup energi untuk alat-alat bangunan, pembangkit listrik, pencahayaan buatan, listrik, dan mesin. Di zaman modern, energi yang dipakai justru makin besar. Hal ini sejalan dengan ditemukannya semakin banyak alat-alat yang mempermudah proses membangun. Contohnya, pada zaman dahulu orang biasa mengaduk semen dengan tangan menggunakan cangkul dan bak adukan. Sedangkan saat ini metode menggunakan molen (pencampur semen) sudah mulai lazim. Hal ini tentu memperbanyak konsumsi energi yang dipakai.
3. Konsumsi energi selama perawatan. Pengecatan rumah secara berkala dikarenakan pengelupasan cat adalah hal yang biasa. Tetapi cat itu sendiri merupakan material bangunan yang memerlukan energi dalam proses produksinya.
4. Konsumsi energi selama pembongkaran atau perbaikan material. Alat-alat yang dipakai untuk membongkar material menggunakan energi. Demikian juga halnya

⁴ Diuraikan dari: Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000). Hal. 18

dengan perbaikan. Contohnya menggunakan gergaji mesin untuk membongkar kusen yang lapuk dan menggantinya dengan yang baru.

Dalam tahap distribusi, tabel berikut menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan untuk mendistribusikan setiap ton material di Norwegia pada tahun 1990:

Tabel II.1.1: Konsumsi energi selama proses pembangunan, penggunaan dan penghancuran
Sumber: Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000).

Type of transport	MJ/ton/km
Diesel: road transport	1.6
Diesel: sea transport	0.6
Diesel: rail transport	0.6
Electric: rail transport	0.2

Disamping mengkonsumsi energi, industri bangunan juga menghasilkan polusi. Sekitar 80000 jenis bahan kimia digunakan dalam industri material bangunan. Dari jumlah itu, jumlah bahan yang berbahaya bagi kesehatan telah bertambah menjadi empat kali lipat pada tahun 2000 dibandingkan pada tahun 1971.⁵

Proses ekstraksi bahan mentah dari alam melibatkan penggalian besar-besaran. Ekstraksi batu alam, batu kali, pasir dan sejenisnya mengakibatkan rusaknya pemandangan dan ekosistem. Persediaan air dan air tanah tercemar. Hal ini mengarah kepada kepunahan beberapa spesies. Antara tahun 1900 dan 1950 satu spesies punah setiap tahunnya. Selama tahun 1990 1 sampai 3 spesies punah setiap jam. Spesies biasanya punah dan ditemukan secara seimbang, akan tetapi angka kepunahan saat ini sekitar 100 kali lebih tinggi dibandingkan angka alaminya.⁶ Makin pesatnya kepunahan spesies ini tentu turut dipengaruhi oleh meningkatnya produksi dan konsumsi material bangunan. Dan tingkat kebutuhan akan material bangunan tentunya juga dipengaruhi gaya hidup masyarakat. Apakah masih sangat konsumtif dalam menggunakan material ataukah sudah mulai sadar akan prinsip *sustainable architecture*? Jika kecepatan kepunahan saat ini tetap bertahan tanpa perubahan yang berarti dalam perlakuan manusia

⁵ Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000). Hal. 26

⁶ Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000). Hal. 25

terhadap lingkungan, bukan tidak mungkin suatu saat nanti ketika dunia sudah dipenuhi bangunan-bangunan megah, manusia hanya tinggal satu-satunya spesies di muka bumi ini.

Material bangunan menghasilkan polusi dalam tiap langkah daur hidupnya. Gambarannya bisa dilihat dalam tabel berikut ini:

Tabel II.1.2: Polusi yang dihasilkan dalam tahapan daur hidup material bangunan
Sumber: Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000).

<i>Stages of the material life cycle</i>	<i>Material pollution</i>	<i>Energy pollution</i>
1. Extraction of raw materials	x	x
2. Production process	x	x
3. Building process	x	x ¹
4. Transport between stages 1, 2, 3 and 7	x ¹	x
5. Materials in use	x	x ²
6. Materials in combustion	x	
7. Materials during demolition	x	

Notes:

x¹: Very small proportions, e.g. accidents during the transport of building materials, though such accidents can lead to leakage of highly dangerous chemicals such as construction glue, which contains phenol.

x²: Highly polluting building materials give rise to higher use of energy through the increased ventilation required in the building.

Pada tabel II.1.2 dapat dilihat bahwa tidak hanya proses ekstraksi, produksi dan distribusi material saja yang menimbulkan polusi, melainkan juga dari penggunaannya di lapangan, penuaannya, dan pembongkarannya. Bisa dikatakan bahwa kehadiran material itu sendiri sudah dipastikan menghadirkan polusi. Sebagai contoh kita ambil material kayu. Proses penyerutan kayu di *site* menghasilkan serbuk-serbuk yang tidak baik bagi kesehatan. Karena itu, area kerja dan manusianya diberi perlindungan tertentu yang juga membutuhkan energi. Saat kayu sudah menjadi kusen, lama kelamaan ia akan membusuk dan menghasilkan jamur yang tidak baik bagi kesehatan. Karena itu, ia harus secara rutin dipernis ulang. Pernis ini sendiri membutuhkan energi dalam proses produksinya. Sementara itu, bagian-bagian kayu yang membusuk tetap ada dan menjadi polusi. Saat bangunan itu tidak lagi dipakai, kayu dari kusen yang tidak digunakan lagi dibakar dengan maksud memperoleh energi panasnya untuk keperluan lain. Proses pembakaran ini pun merupakan proses yang dapat berbahaya bagi kesehatan. Untuk itu,

pelaksanaannya harus memperhatikan keadaan sekitar. Dan bukan tidak mungkin memerlukan pengamanan yang juga membutuhkan energi. Alternatif yang dapat diambil bila material kayu itu masih dapat *dire-use* ialah dengan mengirimnya ke tempat lain yang mungkin dapat menggunakannya. Akan tetapi, jarak transportasi yang terlalu jauh juga menimbulkan sejumlah polusi dari transportasi dan mengarah kepada pemborosan. Dengan demikian, penggunaan kembali material bekas di dalam lingkungan *site* memang paling sedikit memerlukan energi dan menghasilkan polusi. Akan tetapi, alangkah tidak mungkin untuk selalu menggunakan cara ini dalam membangun bangunan yang dibutuhkan.

“*There is an evident relationship between the natural occurrence of a material and its potential to damage the environment.*”⁷ Terbukti bahwa kehadiran material berhubungan langsung dengan potensinya untuk merusak alam. Berikut ini adalah tabel yang menggambarkan jumlah material yang terdapat dalam bagian manapun yang bisa diakses dari kulit bumi:

Tabel II.1.3: Jumlah jenis-jenis elemen yang terdapat pada kulit bumi

Sumber: Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000).

<i>Amount (g/ton)</i>	<i>Elements</i>
Greater than 100 000	O, Si
100 000–10 000	Al, Fe, Ca, Na, K, Mg
10 000–1000	H, Ti, P
1000–100	Mn, F, Ba, Sr, S, C, Zr, V, Cl, Cr
100–10	Rb, Ni, Zn, Ce, Cu, Y, La, Nd, Co, Sc, Li, N, Nb, Ga, Pb
10–1	B, Pr, Th, Sm, Gd, Yb, (Cs, Dy, Hf), (Be, Er), Br, (Sn, Ta), (As, U), (Ge, Mo, W), (Eu, Ho)
1–0.1	Tb, (I, Tm, Lu, Tl), (Cd, Sb, Bi), In
0.1–0.01	Hg, Ag, Se, (Ru, Pd, Te, Pt)
0.01–0.001	(Rh, Os), Au, (Re, Ir)

Elemen-elemen pada bagian atas tabel adalah yang paling banyak terdapat di kulit bumi. Semakin ke bawah semakin sedikit konsentrasi material tersebut dalam kulit bumi. Pada zaman dahulu, material-material pada bagian bawah tabel belum banyak tereksplorasi karena teknologi yang masih terbatas. Perkembangan teknologi dan revolusi

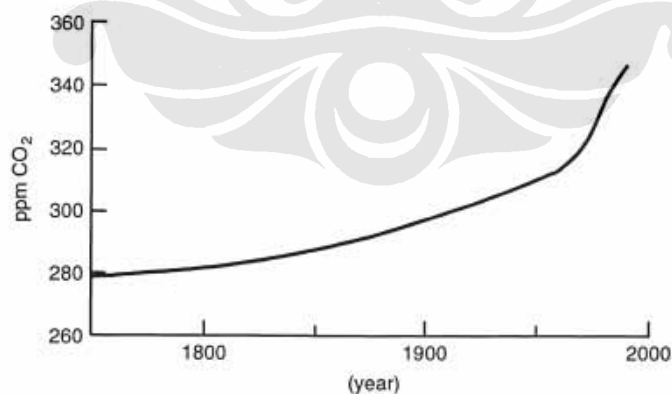
⁷ Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000). Hal. 27

industri mendorong eksplorasi terhadap material-material yang belum tereksplorasi sehingga elemen-elemen yang tadinya hanya terdapat di dalam kulit bumi menjadi berada di atas bumi dan sulit kembali ke dalam kulit bumi sehingga menjadi polusi. Dengan demikian, penemuan cara penggunaan material baru turut menimbulkan jenis polusi baru.

Tiap material menghasilkan tipe polusi yang berbeda. Pada prinsipnya, yang terakhir merasakan dampak polusi tersebut adalah manusia. Dampak ini bisa terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Contoh dampak tidak langsung ialah produksi berbagai jenis material yang menggunakan bahan bakar fosil. Sebagian dari CO₂ yang dihasilkan akan secara alami dinetralisir oleh tanaman. Namun seiring bertambah banyaknya industri dan penggunaan bahan bakar fosil, CO₂ yang dihasilkan akan memenuhi atmosfer. Hal ini berpotensi menimbulkan efek rumah kaca yang dapat merusak stabilitas ekosistem termasuk manusia di dalamnya. Contoh efek langsung ialah debu dari penggergajian kayu *beech* dan *oak* yang dapat menimbulkan gangguan pernapasan seketika dan juga berpotensi menjadi penyebab kanker.⁸

Tabel dibawah ini menunjukkan tingkat konsentrasi karbondioksida dalam atmosfer dari tahun 1750 sampai 1988. meningkatnya industri secara pesat dan penebangan hutan yang tidak bertanggungjawab memacu pertumbuhan konsentrasi CO₂ di atmosfer pada tahun-tahun terakhir.

Tabel II.1.1: Konsentrasi karbondioksida dalam atmosfer dari tahun 1750 s/d 1988
Sumber: Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000).



⁸ Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000). Hal. 32

II.2.Membangun dengan kesadaran lingkungan

Industri bangunan tidak hanya menjadi konsumen utama material dan energi, tetapi juga menjadi penyumbang polusi melalui produksi material bangunan dan penggunaan bahan dasar polutan. Seiring berkembangnya isu penyelamatan lingkungan dan makin dituntutnya industri yang ada untuk semakin sadar lingkungan, semakin penting pula bagi kita untuk terus mempertanyakan hal-hal berikut : (1) Mungkinkah material mentah dari sumber yang tidak bisa diperbaharui (*non-renewable resources*) diganti dengan material mentah dari sumber yang lebih tersedia luas dan tak bisa habis? (2) Mungkinkah bahan produksi ramah lingkungan menggantikan peran bahan produksi yang merusak lingkungan? Dan (3) bisakah metode membangun bangunan dibuat sedemikian rupa sehingga setiap unit materialnya bisa dipergunakan kembali (*re-use*)?⁹

Ada beberapa aspek yang harus kita perhatikan dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas, yaitu (1) Metode produksi, baik di saat ini maupun di kemudian hari, (2) Material dan sumbernya, mencakup material yang dipergunakan, sisa material dan kemungkinannya untuk dipergunakan kembali, (3) Energi, yaitu konsumsi energi dalam produksi dan transportasi selama proses pembangunan, dan (4) Polusi, baik dalam proses produksi, penggunaan dan bahkan penghancuran bangunan.¹⁰

Industri bangunan tetap akan terus berjalan untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia akan lingkungan bangun. Lingkungan bangun adalah lingkungan alam yang telah diisi oleh kreasi manusia dalam rangka membuat kehidupannya menjadi lebih nyaman. Semua kreasi manusia dalam lingkungan bangun disebut bangunan. Oleh Heinz Frick, bangunan diibaratkan sebagai kulit ketiga manusia setelah kulit tubuh dan pakaian.¹¹ 'Kulit ketiga' yang ditinggali manusia ini terdiri dari beberapa lapisan. Lapisan-lapisan utama dalam bangunan dari lapisan terluar ke dalam adalah kulit bangunan, struktur, dan ruang. Semua ini berdiri di atas *site*. Masih banyak tambahan lapisan lain yang mungkin ada, terutama untuk di bagian dalam, misalnya partisi, lapisan dinding dalam, serta peralatan dan perabot yang bersifat permanen maupun berpindah. Setiap lapisan ini mempunyai umur yang berbeda-beda. Dan karena lapisan ini melekat satu sama lain,

⁹ Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000). Hal. xi (Preface)

¹⁰ Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000). Hal. xi (Preface)

¹¹ Frick, Heinz. Koemartadi, Ch. *Ilmu Bahan Bangunan*. (Yogyakarta: Kanisius, 1999). Hal. 1

perubahan pada lapisan yang satu akan mempengaruhi lapisan terdekatnya. Contohnya, kulit bangunan berupa kayu yang termakan usia, menyebabkan tereksposnya struktur kayu utama di dalam dan menyebabkan kerapuhan struktur. Sebaliknya pula, kerapuhan yang terjadi karena umur pada bagian dalam (struktur utama) akan menyebabkan penggantian atau perbaikan struktur yang mengharuskan pengelupasan bahkan penggantian kulit bangunan bagian luarnya. Sangat jarang ditemui sebuah bangunan yang semua lapisannya sejalan dalam hal penuaan. Sehingga dapat dikatakan bahwa sebuah bangunan selalu meruntuhkan dirinya sendiri.¹²

Sebagian besar bangunan terutama rumah pada umumnya didirikan dengan menyatukan lapisan-lapisan tersebut menjadi satu kesatuan. Sehingga saat satu lapisan rusak dan tidak bisa dipakai lagi, menyebabkan keseluruhan bangunan tersebut tidak bisa lagi dipakai meskipun umur lapisan lainnya masih panjang. Contohnya, penataan ruang dalam yang sudah tidak cocok dengan kebutuhan sangat sulit untuk ditata ulang karena menyatu dengan struktur, sehingga keputusan yang diambil seringkali ialah dengan meruntuhkan bangunan dan mendirikan yang baru. Pada salah satu contoh yang terjadi, rata-rata umur bangunan kantor modern di pusat kota Tokyo hanya 17 tahun.¹³

Saat ini dapat dilihat pula banyaknya tren dari bagian dunia lain yang dipaksakan untuk diterapkan di suatu wilayah meskipun sebetulnya tidak cocok. Model vernakular seringkali dianggap ketinggalan zaman dan tidak sesuai dengan gaya hidup modern. Padahal model vernakular telah terbukti mampu bertahan dari tantangan alam yang selama ini dihadapi. Tren-tren seperti ini tidak dipungkiri juga menimbulkan kecenderungan pemakaian material yang tidak pada tempatnya sehingga menyebabkan pemborosan material yang sia-sia. Contohnya, pemaksaan untuk menganut gaya bangunan Eropa yang beriklim empat musim di negar tropis seperti Indonesia. Ada contoh pembuatan jendela tanpa teritisan dengan dinding batu alam agar meniru desain rumah pedesaan eropa. Di negeri asalnya yang jarang hujan memang teritisan tidak diperlukan. Akan tetapi di negara tropis yang sering hujan menyebabkan kusen dan dinding terus-menerus diterpa hujan. Hal ini tentu mempercepat pelapukan kusen dan deteriorasi pada dinding batu alam. Belum lagi jendela yang akan sering dirembesi air

¹² Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000). Hal. 13

¹³ Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000). Hal. 13

karena langsung diterpa hujan. Seharusnya sekarang sudah menjadi saat yang tepat bagi kita untuk mulai memikirkan metode membangun yang setidaknya lebih baik bagi alam dibanding seperti contoh diatas.

Setiap material pasti berpotensi menimbulkan kerusakan alam. Hal ini merupakan konsekuensi yang tidak bisa dicegah. Akan tetapi kerusakan alam yang ditimbulkan tidak boleh sia-sia. Seperti prinsip “ada uang ada barang”. Bilang saja begini, sebuah material yang lebih tahan dua kali lipat dari material lain dalam tujuan penggunaan yang sama boleh-boleh saja menimbulkan kerusakan alam dua kali lipat. Misalnya, kusen aluminium yang tahan 40 tahun boleh saja menimbulkan kerusakan alam dua kali lipat dibanding kusen kayu yang hanya tahan 20 tahun.¹⁴

Adapun rentang umur sebuah material tergantung kepada faktor-faktor berikut ini:

1. Struktur material itu sendiri dan komposisi kimianya
2. Konstruksi dan eksekusi, dimana dan bagaimana material tersebut diaplikasikan pada bangunan.
3. Lingkungan lokal, kondisi iklim dan kondisi kimiawi atau fisik lainnya.
4. Perawatan dan pengelolaan.

Penggunaan yang benar amat mempengaruhi kelangsungan hidup material. Contohnya pada sebuah kasus, produsen kusen menyatakan kusenya tahan selama 20 tahun, dengan syarat dipergunakan dengan benar. Jika dipasang di area yang tidak terlindung dari tampias air hujan di daerah dengan curah hujan rata-rata tinggi maka tentu jaminannya tidak berlaku lagi. sebab kusen itu akan lapuk lebih cepat dari 20 tahun dan dengan demikian berarti kusen itu tidak digunakan dengan optimal.

¹⁴ Disimpulkan dari: Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000). Hal. 9

Pengguna material bangunan dituntut untuk memaksimalkan potensi material, sejalan dengan menghemat energi yang dibutuhkan untuk proses pembangunan. Memaksimalkan potensi material bisa dengan menjalankan prinsip-prinsip seperti berikut.¹⁵

1. Menggunakan material lokal

Material lokal membutuhkan lebih sedikit transportasi. Dalam pandangan desain, material lokal juga dianggap lebih mampu memberikan identitas terhadap bangunan.

2. Material hemat energi sebagai prioritas

Memberikan prioritas kepada penggunaan material yang lebih hemat energi dalam produksinya. Hal ini mengembangkan kecenderungan penggunaan material hemat energi.

3. Prinsip padat karya

Menggunakan banyak tenaga kerja terbukti mengurangi konsumsi energi yang digunakan di *site* dikarenakan waktu yang lebih singkat dalam membangun. Energi yang dibutuhkan untuk menghidupi banyak pekerja lebih efisien dibandingkan energi untuk menghidupi dan menerangi *site* dalam waktu yang lama. Sebuah pekerjaan yang biasanya dilakukan oleh satu orang dengan sebuah alat bisa digantikan dengan mempekerjakan beberapa orang secara manual.

4. Membiarkan bangunan mengering secara alami

Banyak yang bisa dihemat dengan menggunakan material yang cepat kering. Salah satunya yang penting ialah durasi pengerjaan keseluruhan bangunan. Contohnya menggunakan balok lantai untuk membuat dak dibandingkan dengan mengecor dengan adukan beton.

¹⁵ Diuraikan dari: Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000). Hal. 7

5. Teknik membangun yang mengoptimalkan *re-use* dan *recycling*

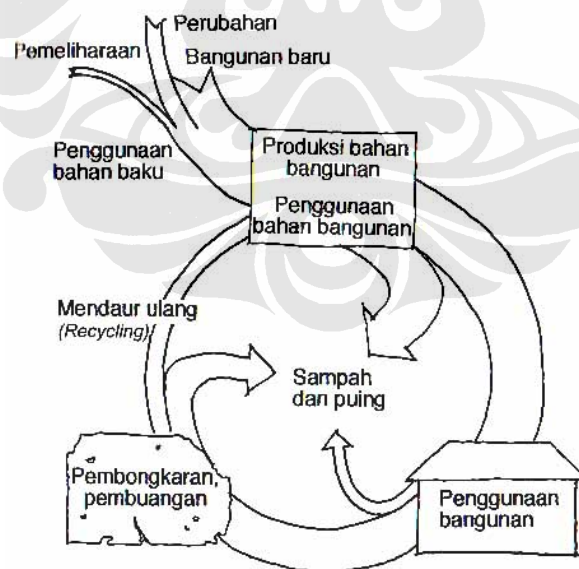
Beberapa bahan bangunan ada yang sudah mengonsumsi banyak energi dalam proses pembuatannya. Dengan menggunakan kembali 7 batu bata, contohnya, sama dengan menghemat satu liter minyak. Mendaur ulang metal menghemat antara 40 – 90 persen dibandingkan dengan mengolah dari bahan mentah. Akan tetapi perlu diperhatikan kemampuan dan ketersediaan pendaur ulang lokal untuk melaksanakannya. Jika harus membawa material ke tempat yang jauh untuk didaur ulang, energi transportasi yang besar tidak akan menghasilkan penghematan melainkan pemborosan.

II.3.Daur Ulang dalam Industri Bangunan

Dalam daur hidup bangunan akan selalu terdapat sampah. Sampah ini dihasilkan dari tiap proses yang terjadi dalam daur hidup bangunan, baik dari produksi material, penggunaan material, dan pembongkaran bangunan. Persentase material yang menjadi sampah dari total material yang digunakan pun berbeda dalam tiap proses, seperti pada diagram berikut.

Gambar II.3.1. Siklus Daur Hidup Bahan Bangunan

Sumber: Frick, Heinz dan Koesmartadi, Ch. Ilmu Bahan Bangunan. (Yogyakarta: Kanisius, 1999)



Seperti dapat dilihat, persentase material yang menjadi sampah saat proses penggunaan bangunan paling sedikit, biasanya disumbang oleh deteriorasi beberapa elemen. Sedangkan proses produksi bahan bangunan, penggunaan bahan bangunan, dan pembongkaran memiliki persentase sampah paling besar. Dalam produksi, bahan-bahan mentah yang tidak memenuhi standar terpaksa dibuang. Pada penggunaan, kebanyakan material sisa berasal dari kasil penggergajian kayu, pengadukan semen, genteng yang pecah, dan sebagainya. Sementara proses pembongkaran menyebabkan hampir semua elemen menjadi sampah. Dapat dilihat bahwa persentase yang dapat didaur ulang melalui proses *recycling* relatif sedikit dibandingkan total puing yang dihasilkan.

Inti dari tujuan daur ulang ialah untuk memperpanjang usia guna suatu benda atau material. Jika dilihat pada diagram yang baru saja dilampirkan, maka tujuannya ialah memperbanyak persentase bahan bangunan yang kembali memasuki lingkaran daur hidup setelah pembongkaran sehingga tidak menjadi sampah. Untuk melakukannya dapat dengan beragam cara. Pada prinsipnya ada tiga tingkatan hierarkial daur ulang sesuai dengan manfaat yang diperoleh, yaitu¹⁶:

1. *Re-use*

Re-use atau penggunaan kembali ialah tingkatan tertinggi dalam daur ulang, yaitu menggunakan kembali barang yang sudah dipakai namun masih memiliki sisa umur. Ia merupakan tingkatan tertinggi karena tidak memerlukan energi untuk merubah bentuknya atau mengolahnya menjadi bahan layak pakai. Kalaupun diperlukan, hanya untuk mengangkut atau memindahkan material tersebut. Material yang di *re-use* adalah material yang siap pakai namun tidak lagi dipakai oleh pengguna sebelumnya.

2. *Recycling*

Recycling adalah proses daur ulang yang paling sering kita dengar. Dalam *recycling*, kita memerlukan energi dan proses untuk menjadikan material bekas pakai menjadi material yang layak pakai, beda dengan prinsip *re-use* yang berarti

¹⁶ Diuraikan dari: Berge, Bjorn. *The Ecology of Building Materials*. (Oxford: Architectural Press, 2000). Hal. 15

bahwa material bekas pakai adalah material layak pakai. Energi yang digunakan dalam proses perubahan ini haruslah sebanding dengan fungsi yang bisa diembannya kelak. Adakalanya material layak pakai hasil daur ulang tidak tahan lama saat digunakan dan terkesan menyia-nyiakan energi yang sudah dikeluarkan saat proses *recycling*. Untuk material tertentu, *recycling* menghasilkan material dengan mutu lebih rendah. contohnya PVC menjadi pot bunga, balok beton menjadi agregat atau campuran adukan semen untuk lantai, dsb. Lebih parah lagi, ada proses *recycling* yang ternyata menghabiskan energi lebih besar daripada produksi material layak pakai dari material mentah. Dalam beberapa kasus ada komplikasi seperti serat aluminium yang dilebur untuk dijadikan material baru. Sedikit saja ketidak murnian pada hasil leburan mengharuskan pelaksanaan proses pemurnian yang membutuhkan energi yang sangat besar.

3. *Energy recovery*

Ini merupakan jenjang terendah dalam daur ulang. Dalam *energy recovery* semua material yang sudah tidak mungkin dipakai dibakar untuk memperoleh energi potensial yang masih terdapat dalam material melalui proses pembakarannya. Contoh yang paling umum ialah membakar kayu bekas untuk penghangat perapian atau memasak. Dalam hal ini material bekas tidak lagi dapat dipertahankan fungsinya, atau memang sudah habis umur pakainya. *Energy recovery* merupakan langkah yang baik dalam mencegah penumpukan material bekas, meskipun tidak semua material bekas dapat dibakar sampai hancur.

Perlu diperhatikan juga, adakalanya daur ulang tidak selalu berdampak positif bagi lingkungan, dalam tulisan oleh Angela Logomasini¹⁷ pada tahun 2002, Walikota New York saat itu Michael Bloomberg menegaskan bahwa daur ulang yang dipaksakan bisa menimbulkan pemborosan. Ia mengambil contoh dalam proses daur ulang sampah di kota New York misalnya, dibutuhkan truk pengangkut sampah yang lebih banyak karena sampah-sampah yang ada dipisah-pisahkan menjadi berbagai jenis. Ini mengakibatkan

¹⁷ Director of risk and environmental policy di Competitive Enterprise Institute.

makin seringnya lalu lintas terganggu karena arus lalu-lalang truk-truk tersebut. Belum lagi polusi udara yang ditimbulkan dari proses pembakaran pada mesin truk-truk tadi.

Dari sudut pandang pengolahan, juga ditemui banyak celah-celah yang memungkinkan ketidak-efisienan. Sampah-sampah logam yang ingin didaur ulang memerlukan energi besar untuk meleburkannya. Dari hasil leburan ini, dibutuhkan lagi proses pemurnian untuk memisahkannya dari residu dan menjadikan bahan lebur itu siap pakai. Proses ini menggunakan metode elektrostatis yang membutuhkan energi cukup besar. Pada akhirnya, daur ulang seperti ini kembali hanya menjadi tren gaya hidup semata.

Yang penting dan perlu diingat ialah bahwa daur ulang dalam bentuk apapun seharusnya menghemat sumber daya dan biaya. Kenyataannya, untuk proses *recycle* plastik, kaca, dan metal di kota New York menghabiskan biaya 240 Dolar AS per ton. Sementara itu biaya untuk mengirim sampah ke lokasi penimbunan dan menjadikannya *landfill* hanya 130 Dolar AS per ton.¹⁸ Michael Bloomberg mengatakan bahwa prosedur penanganan sampahnya untuk kota New York saat ini sudah tepat. Ia mengatakan bahwa di lokasi *landfill* pada saat itu tidak ada sedikitpun bau busuk tercium dan tumbuh-tumbuhan telah mulai tumbuh di atas timbunan tanah yang menutupi tumpukan sampah.

Penting diingat pula bahwa ketahanan satu jenis material berkaitan erat dengan aspek estetika. Perancang dituntut agar mampu menghasilkan material yang tidak hanya tahan sampai jangka waktu lama untuk digunakan, tetapi juga mampu mempertahankan bentuknya dalam waktu lama. Material yang tahan lama tetapi bentuknya cepat menjadi jelek juga tentu tidak akan disukai. Masalah yang sedikit berbeda timbul jika menyangkut urusan mode. Material sering menjadi 'korban mode' dalam artian sesungguhnya. Banyak kita jumpai material pada bangunan yang diganti karena modelnya dianggap sudah ketinggalan zaman sementara usia pakainya sendiri masih tersisa.

¹⁸ Logomasini, Angela. *Forced Recycling is a Waste*. (New York: CEI, 2002)
<http://cei.org/gencon/019,02897.cfm>

Re-use memiliki banyak keunggulan dibanding metode *recycling*.¹⁹ *Re-use* tidak membutuhkan teknologi seperti yang dibutuhkan untuk melakukan proses *recycling* yang memerlukan teknik khusus. Pelaksanaannya juga bisa dilakukan tak peduli jumlah material bekas yang didapat sedikit atau banyak. Hal ini berbeda dengan metode *recycling* yang seringkali harus memenuhi kuota tertentu agar efisien produksinya. Yang paling membedakan ialah *re-use* tidak memerlukan pabrikasi seperti metode *recycling* yang melibatkan proses fisika dan kimia. Dengan demikian, biaya yang diperlukan juga relatif lebih kecil.

II.4. Memahami Material Bekas

Material yang mampu maupun yang dibuat untuk *re-use* seringkali mempunyai bentuk yang tidak umum sehingga lebih sulit menemukan pembelinya. Untuk itu, diperlukan kreativitas dalam berkreasi dengan material bekas atau *re-use* sehingga dapat menghasilkan bentuk yang dapat diterima.

Setiap material yang dipakai dalam bangunan memiliki karakter alami yang tak bisa dilepaskan darinya. Karakter yang dimiliki oleh material terbagi dua, yaitu karakter fungsional dan karakter visual. Karakter alami yang dimiliki setiap material ini menjadi alasan bagi perancang bangunan dalam memilih dan menggunakannya. Karakter keseluruhan bangunan yang sudah jadi dibentuk oleh karakter-karakter alami dari material-material yang digunakan.

Yang dimaksud dengan karakter fungsional ialah karakter alami material yang berkaitan dengan tugas yang diembannya. Hal ini mencakup penanganan konstruksi, *finishing*, ketahanan terhadap cuaca, kerusakan yang mungkin ditimbulkan dari berbagai cara pemakaian, dan usia optimal material tersebut.

Sedangkan yang dimaksud dengan karakter visual ialah karakter alami yang dikeluarkan oleh material berupa kesan-kesan tertentu dan suasana yang ditimbulkannya. Hal ini erat hubungannya dengan komposisi alami material yang menghasilkan tampilan

¹⁹ Disarikan dari: Damaiyanto, Ingkondo. *Recycle dalam Aplikasi Material pada Bangunan. (Skripsi)*. (Depok, 2007). Hal. 25

tertentu, demikian juga dengan teknik *finishing*. Lebih lanjut, karakter visual dipengaruhi pula oleh deteriorasi yang disebabkan oleh usia dan gangguan dari luar.

Dalam *re-use* material bekas, seringkali perancang mengharapkan karakter dari elemen lama. Sebagai contoh, tegel PC dari rumah-rumah di Indonesia pada awal abad 20 memiliki karakter yang tidak dimiliki oleh ubin keramik zaman sekarang. Tegel PC memiliki ukuran seragam, 20 cm x 20 cm. polanya amat beragam, ada yang terdiri dari satu pola untuk satu tegel, ada pula yang berupa sebuah pola bersambung untuk beberapa tegel. Pola seperti ini mencirikan sebuah era dalam perkembangan arsitektur di Indonesia. Suasana nostalgia inilah yang diinginkan oleh para perancang dengan menggunakan tegel ini. Selain itu tegel ini juga dianggap memiliki tampilan berkelas.



Gambar II.4.1 dan II.4.2. Penerapan tegel PC pada lantai bangunan yang bernuansa etnik tradisional

Sumber: <http://www.yogyes.com/id/shopping/tile/diamond-baru-tile/>



Gambar II.4.3. Contoh tegel PC yang masih dijual

Sumber: <http://www.yogyes.com/id/yogyakarta-tourism-object/places-of-interest/pabrik-tegel-kunci/>

Karakter unik material ini ialah permukaannya yang akan semakin mengkilap jika semakin sering diinjak. Selain itu, ketebalannya yang diatas rata-rata keramik sekarang menjadikannya sebagai penyimpan panas yang ideal. Lantai berlapis tegel ini akan terasa lebih sejuk saat diinjak di siang hari daripada keramik biasa, dan demikian juga pada saat udara dingin relatif lebih hangat dibanding ubin biasa. Penggunaan tegel PC bekas tentu memiliki perbedaan dengan pengaplikasian ubin keramik modern. Dalam company profile salah satu dari sedikit pembuat tegel jenis ini yang masih memproduksi hingga sekarang yaitu Pabrik Tegel Kunci di Yogyakarta, ubin jenis ini memiliki pori sehingga tidak pecah jika panas. Berbeda dengan keramik yang seringkali pecah atau terangkat jika panas.²⁰

Berikut dijelaskan tentang material-material bekas yang umum didapati dari bongkaran bangunan berikut karakteristiknya.²¹

II.4.1.Kayu

Material kayu adalah yang paling banyak diperoleh dari bongkaran bangunan terutama rumah tinggal. Bisa berupa kusen yang masih lengkap, rangka atap, parket lantai, maupun elemen lainnya. Kayu merupakan elemen yang rentan terhadap air. Pada material bekas seringkali kayu didapati dalam kondisi lapuk sebagian. Penanganannya dapat dilakukan dengan memernis ulang atau mengecatnya sesuai keperluan.

Material bekas dari kayu yang sering diburu ialah kusen dan rangka bangunan. Rangka bangunan bisa berupa tiang, kuda-kuda atap, maupun gabungan keduanya. Tiang dan kuda-kuda bangunan zaman dahulu biasanya memiliki teknik pengerjaan tradisional dan susunan yang unik. Demikian juga terdapatnya ukiran pada batang-batang kayu yang digunakan. Untuk kusen, yang cukup sering diburu ialah gebyok, yaitu pintu dengan bingkainya yang bercirikan etnik tertentu. Selain itu ada pula kusen dengan kaca patri yang kini diburu karena keindahannya. Kusen jenis ini biasanya diperoleh dari bongkaran bangunan tua zaman belanda. Oleh karena makin tingginya kesadaran masyarakat untuk mempertahankan bangunan-bangunan tua terutama di daerah perkotaan, maka kusen

²⁰ <http://www.yogyes.com/id/yogyakarta-tourism-object/places-of-interest/pabrik-tegel-kunci/>

²¹ Turut disertai penguraian dari tulisan dalam: <http://www2.kompas.com/kompas-cetak/0501/08/rumah/> OL, Yoppy.

seperti ini sulit didapat. Kalaupun ada berasal dari pembongkaran rumah-rumah zaman belanda yang berada di daerah pedesaan dan sangat jarang dijumpai.

Selain material kayu bekas berunsur etnik seperti yang disebutkan diatas, sebetulnya masih banyak elemen lain yang dapat dimanfaatkan dalam merancang bangunan baru. Terlebih lagi material etnik seperti diatas berharga lebih mahal dibandingkan material baru. Setiap kusen bekas bongkaran sebetulnya dapat dimanfaatkan kembali, asalkan memenuhi kriteria yang diinginkan baik dari segi fungsional maupun estetika. Bukan tidak mungkin dengan menggunakan kusen bekas dalam bangunan baru, kusen yang tadinya biasa-biasa saja bisa tampil lebih indah bersama elemen lain.



Gambar II.4.1.1. Pintu kayu bekas

Sumber: Falk, Bob and Guy, Brad. *Unbuilding: Salvaging the Architectural Treasures of Unwanted Houses*. (Canada: Taunton, 2007)



Gambar II.4.1.2. Kaca patri bekas

Sumber: Falk, Bob and Guy, Brad. *Unbuilding: Salvaging the Architectural Treasures of Unwanted Houses*. (Canada: Taunton, 2007)

II.4.2.Metal

Beberapa jenis dari material logam ini dapat dijumpai di bongkaran rumah tinggal, pabrik atau gudang sebagai perangkat-perangkat yang fungsional mulai kerangka furnitur, pagar, *railing* (susunan tangga), teralis jendela, bahkan rangka atap. Baja dan baja ringan bisa diperoleh dalam wujud rangka atap dan genteng. Besi untuk kerangka pengikat beton, pintu aluminium, bingkai jendela atau atap seng. *Stainless steel* bisa diperoleh dalam wujud *kitchen sink* dan tandon air yang masih bisa dimanfaatkan.

Umumnya logam merupakan material yang rentan terhadap karat dan korosi. Dalam mengatasi masalah karat dan korosi ini biasanya logam diberi tambahan lapisan krom dan semacamnya. Untuk material metal bekas bongkaran biasanya penanganan yang harus dilakukan ialah melapis ulang metal tersebut. Tinggal disesuaikan dengan keperluan penggunaan material tersebut. Pengecatan merupakan metode yang paling umum.

Untuk perancangan bangunan yang berkesan ringan dan modern, pemanfaatan rangka baja cukup tepat. Kesan rapi dan bersih mudah diperoleh dari penggunaan rangka baja. Rangka baja juga memungkinkan bentangan atap yang lebar jika dibutuhkan ruang yang lega di dalam bangunan. Sementara itu pemanfaatan *kitchen sink* dan tandon air bekas lebih mengejar segi fungsional dan efisiensi biaya. *Kitchen sink* bekas berbahan *stainless steel* harganya tidak terpaut jauh dari *kitchen sink* aluminium baru, akan tetapi kualitas yang didapat lebih tinggi, karena *stainless steel* jauh lebih tahan karat dan penyok dibanding aluminium. Selain itu, jika menginginkan desain dapur yang unik, *kitchen sink* dan perabot dapur *stainless steel* bekas hotel juga bisa dipilih seperti dapat dilihat pada gambar II.4.2.1.



Gambar II.4.2.1. *Kitchen sink* bekas dapur hotel yang dimanfaatkan untuk dapur rumah tinggal.

Sumber: http://dannyeo.typepad.com/my_weblog/home_design/index.html

II.4.3. Keramik

Dilihat dari segi fungsi, keramik disini mencakup semua tegel beton dan keramik yang sudah umum dikenal, juga marmer dan granit. Yang membedakan satu dari lainnya adalah bahan, tampilan, dan kualitas.

Ubin keramik dapat dibagi atas beberapa kategori utama: keramik lantai (dalam ruang dan luar ruang), biasanya ukuran luasannya per lembar lebih besar, keramik dinding kamar mandi (KM/WC), keramik lantai KM/WC, keramik dapur dan keramik dinding luar.

Tentu saja setiap kategori keramik memiliki karakter yang berlainan. Keramik lantai dalam ruang, misalnya, permukaannya bisa licin mengilap ataupun dof (mat), sedangkan keramik luar ruang (garasi, *carport*, taman, atau tempat cuci/ jemuran) memiliki permukaan yang kasar.

Kualitas keramik (terutama) untuk pemasangan di area KM/WC mutlak diutamakan karena keramik di area ini akan sangat sering berkontaminasi dengan zat pembersih kimiawi yang dapat mengikis lapisan glasur pada permukaan keramik.

Untuk material bekas berkesan antik yang sering diburu ialah tegel PC. Seperti dijelaskan sebelumnya, tegel ini sulit diperoleh dan produsennya tinggal sedikit. Harga per meter persegi tegel baru dari Pabrik Tegel Kunci Yogyakarta untuk tegel polos

berukuran 20 cm x 20 cm ialah Rp.59.000, sedangkan untuk yang bermotif mencapai Rp.159.000.²² Jika dibandingkan dengan keramik modern yang harga barunya berkisar Rp.50.000 tentu lebih mahal, karena itu tegel PC bekas bongkaran cukup sering diburu.

Keramik juga bisa tampil sebagai alat makan (piring, gelas, dan lain-lain). Keramik dalam bentuk yang lebih sederhana dapat kita jumpai sebagai gerabah dalam bentuk tempayan, pot tanaman, gentong, dan sejenisnya, atau bahkan dibuat sebagai atap genteng yang cantik dan mewah. Tentu saja temuan material bekas seperti ini cukup menarik untuk dieksplorasi dan dipergunakan kembali.

II.4.4.Kaca

Material lain yang banyak didapati pada sebuah rumah tinggal adalah kaca. Material ini, dengan tampilan berbagai bentuk, memberikan kreativitas yang tinggi pada desain-desain rumah modern.

Seiring berkembangnya zaman, kini material kaca juga hadir dalam aneka bentuk dan kegunaan, seperti glassblock, aksesoris tata ruang, dan lampu-lampu elegan. Potensi kehadiran elemen-elemen demikian dalam bongkaran rumah yang agak baru pun semakin tinggi.

Selain itu, kaca dengan berbagai macam teknik penggarapan juga banyak diminati oleh pemburu material bekas, seperti kaca patri,²³ *sandblast*, grafir, bevel, atau lukis (*painting*). Bahkan ada pula kaca berlaminasi (sejenis dengan kaca mobil) yang pecahannya tidak bakal beterbangan ke mana-mana jika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan, gempa bumi misalnya. Bagi yang berduit banyak dan memerlukan keamanan yang ekstra ketat bahkan tersedia kaca antipeluru. Tetapi tentu saja sangat sulit memperolehnya sebagai material bekas.

Kaca sangat sulit dimodifikasi saat merancang, kecuali sebatas memotong untuk memperkecil ukuran. Karena itu, pemilihan kaca bekas harus telaten agar sesuai dengan desain yang diinginkan. Seringkali elemen di sekitar kacalah yang harus menyesuaikan

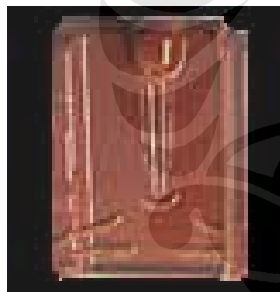
²² <http://www.yogyees.com/id/yogyakarta-tourism-object/places-of-interest/pabrik-tegel-kunci/>

²³ Lihat II.4.1.

dengan kaca. Atau jika kita membongkar rumah dan mendapati kaca dalam jumlah banyak, mendesain dengan mengacu kepada kaca yang kita punya bisa menjadi pilihan yang menarik.

II.4.5. Genteng

Genteng disini mencakup semua bahan penutup atap. Mulai dari genteng beton, keramik, tanah liat, metal, sirap bahkan ijuk. Pada prinsipnya, sebuah genteng yang masih utuh layak digunakan sebagai penutup atap. Tetapi, biasanya yang diburu sebagai material bekas karena alasan antik adalah genteng tanah liat dan keramik. Genteng ini ada beberapa jenis yang sudah tidak diproduksi massal lagi, contohnya genteng kodok yang populer untuk rumah-rumah tinggal dan bangunan kantor sampai tahun 70-an. Genteng ini tidak diglasur (dilapis semacam lapisan mengkilap yang tahan air) sehingga semakin lama akan semakin lembab. Biasanya karakter ini disukai untuk rumah-rumah bergaya etnik karena tampilan rumah akan semakin alami disebabkan timbulnya lumut dan deteriorasi pada permukaan genteng. Akan tetapi, deteriorasi yang sudah terlalu lama bisa menyebabkan genteng menjadi rapuh dan mudah pecah.



Gambar II.4.5.1. Genteng Kodok



Gambar II.4.5.2. Genteng Beton/Monier

Sumber: <http://www.tudungbuana.com/>

Sumber: <http://www.cefawarehouse.co.id/produk.html>

Genteng beton atau monier juga cukup banyak diburu sebagai material bekas. Biasanya untuk pembangunan rumah dengan budget pas-pasan. Tampilan genteng ini terkesan dingin dan tidak berkarakter. Karena itu genteng beton/monier tidak dipergunakan untuk desain bangunan etnik maupun modern.

Yang juga kerap dimanfaatkan ialah atap seng bekas. Biasanya dijumpai dalam bongkaran bangunan pabrik. Atap seng cocok untuk rumah ber-budget rendah namun menginginkan kesan modern. Yang menjadi nilai negatif dari atap seng ialah kerap kali timbul suara berisik saat diterpa angin dan hujan.

II.4.6.PVC

Material ini relatif baru dan merupakan hasil olahan kimia rekayasa manusia. Saat ini PVC bahkan telah diproses menjadi berbagai macam material alternatif elemen rumah, seperti daun pintu serta bahan dinding dan plafon. Bukan tidak mungkin bahan ini dijumpai dalam bongkaran rumah, terutama rumah yang relatif muda.

Sesuai dengan karakter material ini yang water resistant dan kedap air, PVC banyak dipergunakan untuk bidang yang berkaitan dengan masalah air. Meskipun saat ini perannya dalam pembangunan sebuah rumah tidak sedominan material lain, PVC memegang peran yang tak boleh diabaikan, contohnya pada instalasi air bersih/kotor dan perangkat talang air.

Perlu dipertimbangkan bahwa karakter material PVC dianggap belum layak sebagai material buruan atau yang bersifat antik. Akan tetapi, material PVC adalah material rekayasa teknologi yang sangat sulit diuraikan oleh alam, karena itu kepentingannya untuk didaur ulang harus terus dipertimbangkan jika tidak mau bumi dipenuhi sampah PVC dari bongkaran bangunan. Dalam hal ini, isu lingkungan menjadi faktor yang penting dalam pemasyarakatan penggunaan kembali material PVC.