

2. LANDASAN TEORI

2.1. PENDAHULUAN

Material merupakan komponen yang penting dalam menentukan besarnya biaya suatu proyek, lebih dari separuh biaya proyek diserap oleh material yang digunakan (Nugraha, 1985). Pada tahap pelaksanaan konstruksi penggunaan material di lapangan sering terjadi sisa material yang cukup besar, sehingga upaya untuk meminimalisasi sisa material penting untuk diterapkan. Material yang digunakan dalam konstruksi dapat digolongkan dalam dua bagian besar (Gavilan, 1994), yaitu:

1. *Consumable material*, merupakan material yang pada akhirnya akan menjadi bagian dari struktur fisik bangunan, misalnya: semen, pasir, krikil, batu bata, besi tulangan, baja, dan lain-lain.
2. *Non-consumable material*, merupakan material penunjang dalam proses konstruksi, dan bukan merupakan bagian fisik dari bangunan setelah bangunan tersebut selesai, misalnya: perancah, bekisting, dan dinding penahan sementara.

Arus penggunaan material konstruksi mulai sejak pengiriman ke lokasi, proses konstruksi, sampai pada posisinya yang terakhir akan berakhir pada salah satu dari keempat posisi dibawah ini (Gavilan, 1994), yaitu:

1. Struktur fisik bangunan
2. Kelebihan material (*leftover*)
3. Digunakan kembali pada proyek yang sama (*reuse*)
4. Sisa material (*waste*)

Sisa material konstruksi ini akan terus bertambah sesuai dengan perkembangan pembangunan yang dilaksanakan, selain mempengaruhi biaya proyek juga akan menimbulkan permasalahan baru yang dapat mengganggu lingkungan proyek dan sekitarnya. Pengendalian besarnya kuantitas sisa material tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara (Gavilan, 1994), antara lain:

- Mencari jalan untuk memakai kembali sisa material tsb.
- Mendaur ulang sisa material tersebut menjadi barang yang berguna
- Memusnahkan sisa material dengan cara pembakaran
- Mencari cara untuk mengurangi sisa material yang timbul.

Penanggulangan sisa material dengan cara preventif merupakan cara yang paling baik, karena dirasakan lebih ekonomis, lebih mudah dan lebih aman dilakukan dibandingkan solusi lainnya. Pengeluaran biaya untuk mengontrol sisa material sejak awal akan lebih menghemat dibandingkan dengan pengeluaran biaya akibat timbulnya sisa material. Oleh karena itu besarnya kuantitas sisa material yang terjadi sangat berkaitan erat dengan manajemen material.

2.2. SISA MATERIAL KONSTRUKSI

Menurut Tchobanoglous et al 1976, sisa material yang timbul selama pelaksanaan konstruksi dapat dikategorikan menjadi dua bagian yaitu:

1. *Demolition waste* adalah sisa material yang timbul dari hasil pembongkaran atau penghancuran bangunan lama.
2. *Construction waste* adalah sisa material konstruksi yang berasal dari pembangunan atau renovasi bangunan milik pribadi, komersil dan struktur lainnya. Sisa material tersebut berupa serbuk yang terdiri dari beton, batu bata, plesteran, kayu, sirap, pipa dan komponen listrik.

Construction Waste menurut Skoyles 1976 dapat digolongkan kedalam dua kategori berdasarkan tipenya yaitu: *direct waste* dan *indirect waste*.

2.2.1. *DirectWaste*

Direct waste adalah sisa material yang timbul di proyek karena rusak dan tidak dapat digunakan lagi yang terdiri dari:

a. *Transport & delivery waste*

Serupa sisa material yang terjadi pada saat melakukan transport material di dalam lokasi pekerjaan, termasuk pembongkaran dan penempatan pada tempat penyimpanan seperti membuang/melempar semen, keramik pada saat dipindahkan.

b. *Site storage waste*

Sisa material yang terjadi karena penumpukan/penyimpanan material pada tempat yang tidak aman terutama untuk material pasir dan batu pecah, atau pada tempat dalam kondisi yang lembab terutama untuk material semen

c. *Conversion waste*

Sisa material yang terjadi karena pemotongan bahan dengan bentuk yang tidak ekonomis seperti material besi beton, keramik, dsb.

d. *Fixing waste*

Material yang tercecer, rusak atau terbuang selama pemakaian di lapangan seperti pasir, semen, batu bata, dsb.

e. *Cutting waste*

Sisa material yang dihasilkan karena pemotongan bahan seperti, tiang pancang, besi beton, batu bata, keramik, besi beton, dsb.

f. *Application & residu waste*

Sisa material yang terjadi seperti mortar yang jatuh/tercecer pada saat pelaksanaan atau mortar yang tertinggal dan telah mengeras pada akhir pekerjaan.

g. *Chminal waste*

Sisa material yang terjadi karena pencurian atau tindakan perusakan (*vandalism*) di lokasi proyek.

h. *Wrong use waste*

Pemakaian tipe atau kualitas material yang tidak sesuai dengan spesifikasi dalam kontrak, maka pihak direksi akan memerintah kontraktor untuk menggantikan material tersebut yang sesuai dengan kontrak, sehingga menyebabkan terjadinya sisa material di lapangan.

i. *Management waste*

Terjadinya sisa material disebabkan karena pengambilan keputusan yang salah atau keragu-raguan dalam mengambil keputusan, hal ini terjadi karena organisasi proyek yang lemah, atau kurangnya pengawasan.

2.2.2. *Indirect Waste*

Indirect waste adalah sisa material yang terjadi dalam bentuk sebagai suatu kehilangan biaya (*moneter loss*), terjadi kelebihan pemakaian volume material dari yang direncanakan, dan tidak terjadi sisa material secara fisik di lapangan. *Indirect waste* ini dapat dibagi atas tiga jenis yaitu:

a. *Substitution waste*

Sisa material yang terjadi karena penggunaannya menyimpang dari tujuan semula, sehingga menyebabkan terjadinya kehilangan biaya yang dapat disebabkan karena tiga alasan;

- Terlalu banyak material yang dibeli
- Material yang rusak
- Makin bertambahnya kebutuhan material tertentu

b. *Production waste*

Sisa material yang disebabkan karena pemakaian material yang berlebihan dan kontraktor tidak berhak mengklaim atas kelebihan volume tersebut karena dasar pembayaran berdasarkan volume kontrak, contoh pasangan dinding bata tidak rata menyebabkan pemakaian mortar berlebihan karena plesteran menjadi tebal.

c. *Negligence waste*

Sisa material yang terjadi karena kesalahan di lokasi (*site error*), sehingga kontraktor menggunakan material lebih dari yang ditentukan, misalnya: penggalian pondasi yang terlalu lebar atau dalam yang disebabkan kesalahan/kecerobohan pekerja, sehingga mengakibatkan kelebihan pemakaian volume beton pada waktu pengecoran pondasi.

2.3. PENELITIAN YANG DILAKUKAN DI NEGARA LAIN

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti mengenai kuantitas sisa material konstruksi yang terjadi di proyek pada enam negara dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. United Kingdom

Penelitian yang pertama mengenai sisa material konstruksi pada bangunan industri didalam literatur "*Building Research Establishment*" oleh Skoyles, 1976. Berdasarkan data yang diperoleh dari 114 bangunan gedung selama tahun 1960 s/d 1970, diperoleh prosentase buangan material bangunan berkisar antara 2 % sampai 15 % berat terhadap material disain.

Hasil studi ini, menyimpulkan bahwa kesalahan manajemen didalam mengatur penggunaan bahan bangunan di lokasi menyebabkan terjadinya sisa material yang cukup besar.

2. Hong Kong

Hong Kong Polytechnic dan *Hong Kong Association* (1993) mengadakan penelitian tentang sisa material konstruksi dengan tujuan untuk mengurangi terjadinya sisa material yang lebih besar di masa yang akan datang. Studi ini terutama mengkonsentrasikan kepada pengaruh langsung pada lingkungan konstruksi dan penghancuran sisa - sisa buangan material.

Penelitian dilakukan pada 32 lokasi konstruksi sejak bulan Juni 1992 sampai dengan Februari 1993 yang berfokus kepada jenis material seperti: beton, besi beton, batu bata, batako, mortar , keramik lantai dan kayu. Hasil penelitian pada 14 lokasi menunjukkan sisa material beton yang diperoleh berkisar antara 2,4 % s/d 26.5% atau rata-rata 11% terhadap volume material yang dibeli.

3. United States

Gavilan dan Bernold (1994) menyajikan suatu studi empiris dengan meneliti 5 rumah di empat lokasi yang berbeda pada bulan Juni sampai Agustus 1992. Tiga jenis material bangunan yang diteliti adalah batu bata, kayu dan *sheetrock*. Data yang diperoleh menunjukkan sisa material yang terjadi pada proyek bangunan rumah, disebabkan oleh sisa-sisa pemotongan material . Hal ini diduga ada hubungan yang kuat antara produktivitas yang rendah dengan besarnya sisa material yang terjadi.

4. Netherlands

Bossink dan Browsers (1996) di Belanda mengadakan penelitian yang menitik beratkan pada pengukuran dan pencegahan sisa material. Penelitian dilakukan pada 7 jenis material bangunan pada 5 bangunan rumah sejak April 1993 sampai Juni 1994, diperoleh jumlah berat sisa material antara 1 % sampai 10 % terhadap berat material konstruksi.

Sumbang saran para wakil kontraktor menyimpulkan bahwa penyebab utama terjadinya sisa material, berhubungan dengan tahap disain, suplai material, penanganan dan penyimpanan yang kurang baik.

5. Australia

Forsythe dan Marsden (1999), mengajukan suatu model analisa pengaruh sisa material terhadap biaya proyek, termasuk pemindahan dan pembuangan. Penelitian ini menganalisa 6 jenis bahan bangunan pada 15 rumah. Sisa material yang terjadi antara 2,5 % sampai 22 % dalam berat. Penelitian ini meliputi sejumlah bahan yang dikirim ke lokasi sesuai dengan dokumen/surat jalan yang ada, dan juga berdasarkan interview beberapa supplier yang berbeda.

6. Brazil

Penelitian sisa material yang dilakukan oleh Pinto (1989), merupakan studi kasus pada proyek apartemen. Dari 10 jenis material bangun yang diteliti diperoleh total sisa material yang terjadi sebesar 18 % berat terhadap jumlah seluruh material.

Picchi (1993), dari hasil penelitian antara tahun 1986 sampai 1987 pada 3 bangunan rumah tinggal, mencatat sisa material yang terjadi relatif kecil, yaitu antara 11 % sampai 17% dari berat gedung atau sebesar 0,095 t/m² sampai 0,145 t/m².

2.4. FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB TERJADINYA SISA MATERIAL

Banyak faktor yang dapat menyebabkan terjadinya sisa material di lapangan. Terjadinya sisa material dapat disebabkan oleh satu atau kombinasi dari beberapa penyebab. Gavilan dan Bemold (1994), membedakan sumber-sumber yang dapat menyebabkan terjadinya sisa material konstruksi atas enam kategori: (1) disain; (2) pengadaan material; (3) penanganan material; (4) Pelaksanaan; (5) residual; (6) lain-lain.

Hasil penelitian Bossink dan Browers (1996) di Belanda, menyimpulkan sumber dan penyebab terjadinya sisa material konstruksi berdasarkan kategori yang telah dibuat oleh Gavilan dan Bemold (1994) tersebut diatas, tercantum pada Table 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Sumber dan Penyebab Terjadi Sisa Material Konstruksi (Bossink, 1996)

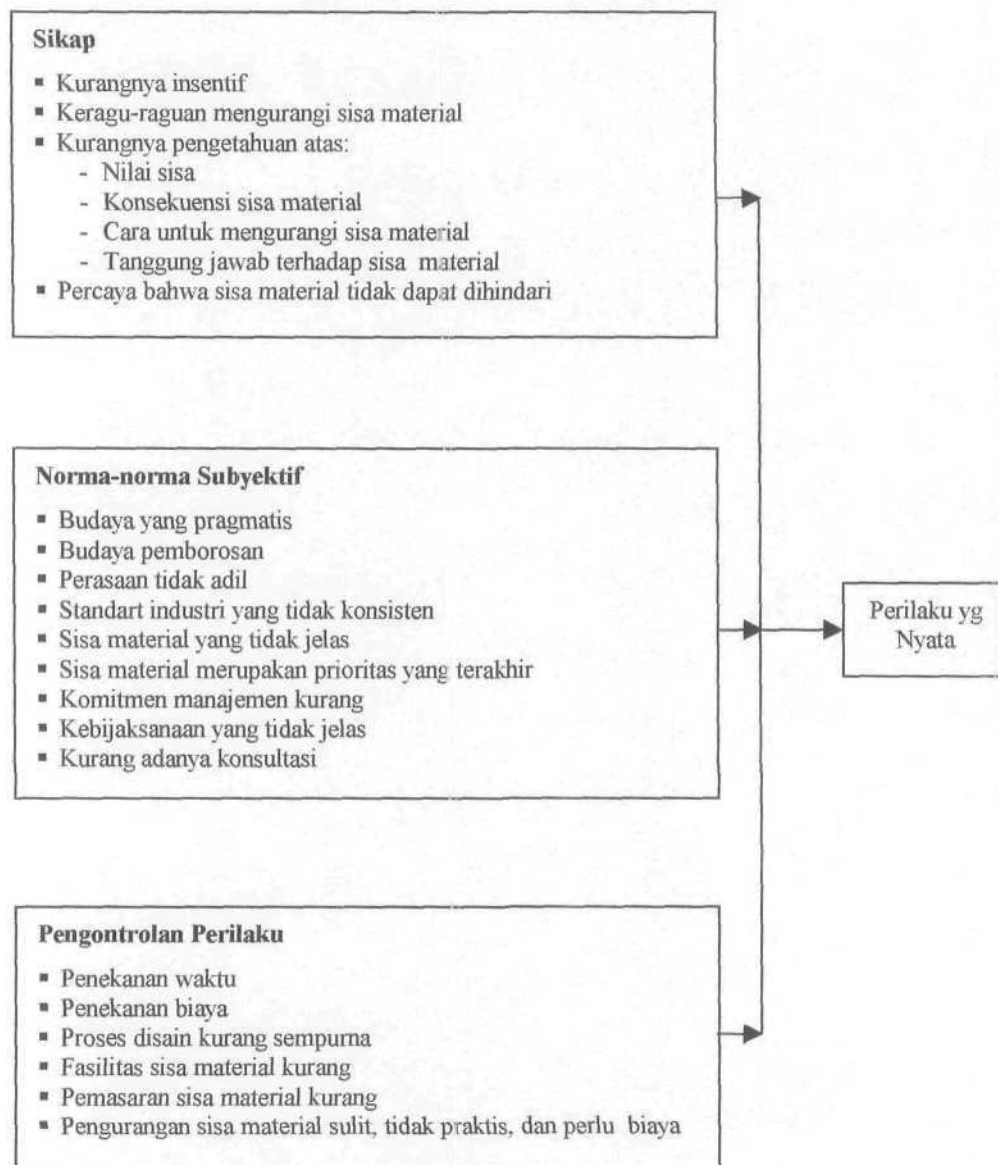
Sumber	Penyebab
Desain	- Kesalahan dalam dokumen kontrak - Ketidak lengkapan dokumen kontrak - Pembahasan disain - Memilih spesifikasi produk - Memilih produk yang berkualitas rendah - Kurang memperhatikan ukuran dari produk yang digunakan - Disainer tidak mengenal dengan baik jenis-jenis produk yang lain - Pendetailan gambar yang rumit - Informasi gambar yang kurang - Kurang berkoordinasi dengan kontraktor & kurang berpengetahuan tentang konstruksi
Pengadaan	- Kesalahan pemesanan, kelebihan, kekurangan, dsb. - Pesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil - Pembelian material yang tidak sesuai dengan spesifikasi - Pemasok mengirim barang tidak sesuai spesifikasi - Pengemasan kurang baik, ini menyebabkan terjadi kerusakan dalam perjalanan
Penanganan - material	- Kerusakan akibat transportasi ke/di lokasi proyek - Penyimpanan yang keliru menyebabkan kerusakan - Material yang tidak dikemas dengan baik - Membuang/melempar material - Material yang dikirim dalam keadaan tidak padat/kurang - Penanganan yang tidak hati-hati pada saat pembongkaran material untuk dimasukkan ke dalam gudang
Pelaksanaan	- Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja - Peralatan yang tidak berfungsi dengan baik - Cuaca yang buruk - Kecelakaan pekerja dilapangan - Penggunaan material yang salah sehingga perlu diganti - Metode untuk menempatkan pondasi - Jumlah material yang dibutuhkan tidak diketahui karena perencanaan yang tidak sempurna - Informasi tipe dan ukuran material yang akan digunakan terlambat disampaikan kepada kontraktor - Kecerobohan dalam mencampur, mengolah dan menggunakan material kerjayang tidak akurat, dll - Pengukuran dimensi yang tidak akurat sehingga terjadi kelebihan volume
Residual (sisa)	- Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi - Kesalahan pada saat memotong material - Kesalahan pesanan barang, karena tidak menguasai spesifikasi - Pengemasan - Sisa material karena proses pemakaian
Lain-lain	- Kehilangan akibat pencurian - Buruknya pengontrolan material di proyek dan perencanaan manajemen terhadap sisa material

Ekanayake & Ofori (2000), melakukan survey kuesioner pada semua kontraktor bangunan yang masuk tiga kategori finansial terbesar (G6, G7, dan G8) dari *the Building and Construction Authority (BCA)* di Singapura, menyimpulkan faktor-faktor penyebab terjadinya sisa material konstruksi pada keempat sumber tersebut diatas, dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sumber dan Penyebab Terjadi Sisa Material Konstruksi
(Ekanayake, 2000)

Sumber	Penyebab
Desain	- Kurang adanya koordinasi dengan bagian-bagian yang terkait - Perubahan disain pada saat konstruksi berlangsung - Disainer yang tidak berpengalaman dalam menentukan urutan dan metode konstruksi - Tidak memperhalikan ukuran standarisasi yang ada - Perencana tidak menguasai produk- produk alternatif - Pendetailan gambar yang rumit - Informasi gambar yang kurang - Dokumen kontrak yang keliru - Dokumen kontrak yang tidak lengkap - Memilih produk yang berkualitas rendah
Pengadaan	- Kesalahan pemesanan - Membeli produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi - Kekurangan dari kemungkinan pesanan dalam jumlah kecil
Penanganan material	- Kerusakan selama transportasi - Penyimpanan yang tidak benar sehingga terjadi kerusakan - Material yang terkirim dalam kondisi tidak padat - Menggunakan material apa saja untuk keperluan menutup tempat kerja - Sikap atau tindakan tim proyek dan pekerja yang tidak ramah/kasar - Pencurian
Pelaksanaan	- Kesalahan yg dibuat oleh pekerja, atau karena kurang terampil - Kesalahan karena kelalaian - Kerusakan pekerjaan karena kurang terampil - Menggunakan material yang salah, sehingga perlu diganti - Jumlah yg dibutuhkan tidak jelas karena perencanaan tidak jelas - Peralatan tidak berfungsi dengan baik - Cuaca yang buruk - Informasi yang terlambat sampai ke kontraktor mengenai tipe dan ukuran material yang akan dipasang

Perubahan perilaku manusia dapat mempengaruhi secara signifikan sisa material yang terjadi di lapangan, penelitian ini dilakukan oleh Teo dan Loosemore (2001), berdasarkan "*theory of planned behavior*" oleh Ajzen. Tujuan penelitian ini untuk memberi rekomendasi dan membantu para manajer di lapangan untuk mengetahui sikap dan perilaku para pekerja yang dapat mempengaruhi terjadinya sisa material di lapangan. Hasil penelitian ini disimpulkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Perluasan *Theory of Planned Behaviour* (Loosemore, 2001)

Carlos T. Formoso et al, di dalam paperaya "*Material Waste in Building Indnstry: Main Causes and Preventioan*", memaparkan hasil stiidi lapangan mengenai sisa material didalam industri konstruksi. Studi ini di bagi atas 2 bagian.

Stiidi pertama dikembangkan di *Fedeml University ofRio Grand do Sul (UFRGS)* di Brazil, antara April 1992 sampai dengan Juni 1993 yang meneliti 7 jenis bahan bangunan di lima lokasi yang berbeda.

Studi kedua meneliti 18 jenis bahan bangunan pada 69 Iokasi. Penelitian ini mepakan hasil kerjasama diantara 15 Universitas di Brazil, antara bulan Oktober 1996 sampai dengan Mei 1998.

Faktor-faktor penyebab dan cara meminimalisasi sisa material hasil penelitian dari kedua studi tersebut, diringkas dalam Tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2.3 Faktor Penyebab dan Cara Meinimalisasi Sisa Material
(Formoso *et al*, 2002)

No	Jenis Material	Faktor Penyebab	Cara Meminimalisasi
1.	Beton Ready Mix	- Volume beton dari suplier kurang - Terjadi deviasi dimensi struktur saat pengecoran	- Melakukan perhitungaii voluine BRM setelah menempati bekisting. - Melakukan Constructubility pada elemen-elemen struktur, dan disain sistem bekisting yang lebih sempurna - Menggunakan alat ukur yg lebih teliti
2.	Besi beton	- Disain yang kurang sempurna - Pemotongan bahan tidak optimal - Jumlah stok yang berlebihan	- Tingkatkan kapasitas disain - Tingkatkan sistem pengontrolan
3.	Semen (Dalam bentuk mortar)	- Ukuran bata yang bervariasi - Terjadi deviasi dimensi stiuktur - Tercecer selama penangaran dan transportasi - Pemakaian mortar berlebihan pada joint-joint pasangan bata	- Tingkatkan sistem pengontrolan - Melakukan Constructubility pada elemen-elemen struktur, dan disain sistem bekisting yang lebih sempurna - Menggunakan peralatan yg memadai - Menggunakan jalur jalan yang aman - Koordinasi modul tembok bata dengan pekerjaan struktur
4.	Batu bata	- Volume bata kurang dan rusak pada saat terima barang - Sisa petmotongan di lapangan	- Tingkatkan sistem pengontrolan - Kurangi jumlah stok - Rencanakan operasi pemotongan bata - Koordinasi modul dalam disain
5.	Keramik	- Sisa pemotongan bahan	- Pusatkan operasi pemotongan keramik

2.5. MANAJEMEN MATERIAL

Penanggulangan sisa material agar dapat mencapai minimum, perlu dilakukan sistem manajemen material. Menurut Dobler (1990), manajemen material merupakan perpaduan dari berbagai aktifitas yang cara pelaksanaannya merupakan manajemen terpadu, dimana prosesnya dimulai sejak tahap pengadaan material sampai diolah menjadi suatu bahan yang siap pakai, dalam proyek konstruksi, manajemen material umumnya meliputi tahap pengadaan, penyimpanan, penanganan dan pemakaian material.

2.5.1. Pengadaan material

Pengadaan material merupakan antisipasi terhadap ketersediaan material di pasaran. Hal ini dilakukan agar material selalu siap di lokasi saat diperlukati. Kegiatan ini meliputi:

- Membuat estimasi kebutuhan volume dan jenis material yang akan dipakai, berserta spesifikasi yang jelas kalau perlu diberikan juga spesifikasi material alternatif untuk bahan yang sulit didapatkan. Membuat jadwal pengiriman material ke lokasi sesuai jadwal pelaksanaan di lapangan, Menyampaikan kebutuhan kepada bagian pengadaan/logistik untuk dipesankan sesuai kebutuhan.
- Memilih supplier diutamakan yang sudah berpengalaman (bonafiditas), baru dipertimbangkan faktor harga (Nugraha, 1985)
- Menyiapkan dan menerbitkan perintah pembelian
- Melaksanakan pembelian dengan pemesanan yang terencana terlebih dahulu, sehingga pengiriman selalu sesuai dengan jadwal proyek. Perlu diatur agar material yang datang sesuai jadwal pemakaian material tersebut (Thomas, 1989). Komunikasi antara kontraktor dan supplier harus terjalin dengan baik, supaya tidak terjadi kesalahan dalam pengiriman.

2.5.2. Penyimpanan material

Setiap material mempunyai karakteristik yang berbeda - beda, sehingga membutuhkan penanganan dalam hal penyimpanan yang berbeda pula, agar tidak menimbulkan sisa material yang tidak diinginkan. Misalnya untuk semen,

kondisi penyimpanan tidak boleh lembab, karena semen akan rusak/mengeras, untuk itu perlu diberi landasan. Hal-hal lain yang perlu diperhatikan adalah:

- Menyimpan material dengan rapi di gudang agar tidak bercampur dengan material lain sehingga tidak mudah rusak. Untuk material yang mudah rusak atau pecah perlu dipisahkan dengan material berat yang lain, seperti keramik dan batu bata jangan diletakkan terlalu dekat dengan besi beton atau yang lainnya.
- Gudang penyimpanan harus bebas dari ancaman bahaya kebakaran, pencurian, kerusakan dan bebas dari bahaya banjir.
- Selain gudang, perlu diperhatikan juga tempat disekitar lokasi proyek yang dibutuhkan untuk tempat penyimpanan peralatan berat, material-material seperti besi beton, pasir, batu bata, batu pecah dan jalur arus material dari lokasi penyimpanan ke tempat kerja.
- Arus masuk keluar barang harus diatur dengan baik, misalnya penyimpanan semen yang harus berdasarkan *FIFO (First in first out)* atau masuk pertama keluar pertama. Cara ini untuk mencegah material yang tidak tahan lama, agar tidak rusak sebelum digutiakan.
- Semua barang yang disimpan dalam gudang, sedapat mungkin mudah untuk diambil/dicari ketika akan digunakan, untuk itu sedapat mungkin setiap material diberi tanda atau lebel (Nugraha, 1985).

2.5.3. Penanganan material

Setiap material yang tiba di lokasi perlu ditangani dengan baik, agar tidak menimbulkan sisa material. Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- Menurunkan muatan material dengan hati-hati, sehingga tidak terjadi banyak material yang rusak (Skoyles, 1976)
- Menerima dan memeriksa material, hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya penerimaan material yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diininta, volume yang kurang dan material yang rusak dari supplier (stuckhart, 1995)
- Melakukan penumpukan material dengan benar, baik jumlah penumpukan yang diperbolehkan sesuai dengan rekomendasi pabrik maupun metode penumpukan.

- Pemindahan material dari terapat penyimpanan ke tempat kerja harus dilakukan dengan hati-hati.
- Penataan site dibuat sebaik mungkin, sehingga arus material jalannya pendek dan aman (Thomas, 1989).

2.5.4. Pemakaian material

Pada tahap ini sisa material dapat timbul karena:

- Memakai peralatan kerja kiirang memadai maupun budaya kerja yang kurang baik (Gavilan, 1994)
- Perilaku para pekerja di lapangan (Loosemore, 2001)
- Memakai teknologi yang masih baru, dimana tukang masih beliim terbiasa dengan metode tersebut, sehiiigga menimbulkan kesalahan-kesalahan dalam pemakaian material, yang pada akhirnya material tersebut tidak dapat dipakai lagi. (Skoyles, 1994)
- Pemotongan material menjadi ukuran-ukuran tertentu tanpa perencanaan yang baik (Gavilan, 1994).

Pada tahap penanganan dan pemakaian material, perilaku para pekerja sangat berpengaruh terhadap timbulnya sisa material di lapangan, karena pada tahap ini dibutuhkan sikap yang hati-hati, dan tukang yang berpengalaman dalam bidang konstruksi. Bimbingan dan pelatihan diperlukan bagi para pekerja agar mereka menyadari dan mengetahui akibat terjadinya kesalahan pemakaian material di lapangan yang dapat menimbulkan banyak sisa materia), sehingga dapat mengurangi profit kontraktor.