

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pendahuluan

Pada bab sebelumnya telah disebutkan bahwa penelitian ini akan menjelaskan studi mengenai Analisis Material *Waste* Pada Pekerjaan Plesteran Dinding dan tinjauan pustaka dari beberapa sumber sebagai acuan dari penelitian tugas akhir ini.

Pada bab ini akan menjelaskan landasan teori dari penelitian mengenai Analisis Material *Waste* Pada Pekerjaan Plesteran Dinding.

3.2 Plester Dinding

Plester dinding merupakan pekerjaan *finishing* pada suatu bangunan konstruksi dan salah satu pekerjaan yang dapat mempengaruhi keindahan suatu bangunan tersebut.

3.2.1 Definisi Plesteran

Plesteran adalah suatu proses dalam pekerjaan konstruksi batu dan beton yang terdiri dari pekerjaan menempatkan atau merekatkan bahan berupa campuran semen+pasir+air terhadap suatu bidang kasar yang bertujuan membuat suatu bidang menjadi rata. (Handayono, 2015), (Lasantha, 2011).

Pekerjaan plesteran merupakan pekerjaan menutup pasangan bata dengan adukan plester sehingga akan diperoleh (Saharuddin, 2018) :

1. Bidang muka tembok yang rata dan halus
2. Bidang muka tembok yang lurus dan vertikal (tegak)
3. Bidang muka tembok yang sewarna (tidak terlihat perbedaan warna dari bata dan, dan adukan)
4. Tambahkan kekuatan tembok

Pekerjaan plesteran dilakukan untuk mendapatkan kekuatan tambahan baik lantai atau dinding, selain itu plesteran juga dapat memperlihatkan kerapihan dan keindahan pada suatu permukaan. Penerapan umum dari plesteran ditujukan untuk meningkatkan penampilan permukaan dan secara konstruktif juga bertujuan untuk

melindungi bidang dari cuaca seperti hujan, panas dan lainnya. Bahan plesteran yang umum digunakan adalah menggunakan mortar yang juga sering disebut dengan plesteran. (Saharuddin, 2018).

Tujuan pekerjaan plesteran diantaranya adalah (Saharuddin, 2018) :

1. Membuat permukaan sebuah dinding lebih rapi, lebih bersih dan juga keindahan eksterior suatu bangunan
2. Melindungi permukaan dari pengaruh cuaca dan iklim
3. Menutupi kerusakan-kerusakan dinding atau bidang yang ditutupi
4. Menutupi kualitas bahan yang kurang baik pada pasangan bata
5. Sebagai dasar yang baik untuk proses pengecatan pada dinding
6. Dapat memperkecil penempelan debu pada dinding dibandingkan dengan debu yang langsung menempel pada pasangan batu bata tanpa plesteran
7. Mempermudah pembersihan pada dinding

3.2.2 Jenis-jenis Plesteran

Secara umum jenis plesteran dibagi menjadi 3, yaitu (Handayono, 2015):

1. Plesteran kasar
Plesteran kasar yaitu plesteran yang dilakukan untuk jenis pekerjaan pondasi yang nantinya diurug dengan perbandingan 1semen : 8 psb.
2. Plesteran setengah halus
Pekerjaan plesteran setengah halus biasanya digunakan untuk pekerjaan kamar mandi, lantai dan lapangan olahraga.
3. Plesteran halus
Plesteran halus merupakan plesteran yang umumnya digunakan sebagai plesteran dinding atau lantai.

Berdasarkan bahan yang digunakan, plesteran dibagi menjadi 3 jenis juga, yaitu (Handayono, 2015):

1. Plester semen atau mortar Semen
Bahan yang digunakan dalam plesteran ini adalah adukan antara pasir dengan semen sehingga sering disebut orang dengan plesteran semen (mortar semen). Perbandingan campuran pasir dengan semen pada jenis

ini tergantung kepada fungsi pemakaian plesterannya. Komposisi atau campuran yang sering dipakai adalah :

- a. 1 semen : 3 pasir
- b. 1 semen : 4 pasir
- c. 1 semen : 5 pasir

Pencampuran adukan dibuat dengan terlebih dahulu mencampur pasir dan semen sesuai komposisi, dicampur secara merata kemudian diaduk dengan air sesuai dengan kekenyalan dan keliatan yang dibutuhkan. Air yang dicampurkan tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan campuran menjadi cair sehingga sulit ditempelkan ke dinding demikian juga jika air terlalu sedikit adukan akan terlihat kering dan juga sangat sukar menempelkan ke dinding. Ikatan campuran ini tidak akan bagus. Waktu maksimum pemakaian dari adukan yang baik adalah maksimal 30 menit setelah pengadukan campuran.

2. Plester kapur

Plesteran kapur (mortar kapur) terdiri dari bahan kapur sebagai campuran dalam pembuatan adukannya dimana perbandingan komposisinya adalah 1 kapur : 1 pasir. Jenis plesteran ini sangat jarang digunakan. Plesteran kapur umumnya digunakan di daerah tertentu yang banyak terdapat bahan kapur. Sebagai bahan adukan mortar untuk plesteran, penggunaan kapur harus mengikuti syarat teknis. Kapur harus memiliki ukuran butiran yang seragam. Pengolahannya harus dilakukan secara mekanis sehingga didapatkan ukura butir yang seragam. Ukuran yang diijinkan tidak boleh terlalu banyak mengandung ukuran butiran halus. Secara fisik kapur yang dipergunakan harus bersih dari kandungan lainnya, berbutir tajam dan tidak tercampur oleh zat kimiawi lainnya. Kapur yang baik untuk plesteran adalah kapur yang berlemak dan tidak banyak mengandung serpihan. Kapur yang kurang berlemak dan banyak mengandung serpihan biasanya cepat membuat permukaan plesteran menjadi rusak seperti kusam dan juga dapat menimbulkan retakan-retakan. Pencampuran dengan semen harus menggunakan air yang bersih. Plesteran dengan kapur ini harus

ditambahkan semen untuk meperkuat ikatan plesterannya. Pekerjaan ini biasanya dilakukan karena jenis plesteran kapur ini agak sedikit boros.

3. Plester tanah liat

Jenis plesteran tanah liat sering digunakan secara tradisional. Pekerjaan plesteran tanah liat tidak jauh bedanya dengan bagaimana mengolah tanah liat menjadi batu bata. Dalam pelaksanaan pekerjaan plesteran ini, tanah liat dicampur dengan jerami yang sudah dihaluskan. Pada daerah tertentu, plesteran tanah liat juga dicampurkan dengan kotoran sapi. Proses pengerjaan pencampuran dilakukan dengan mengaduk secara basah antara tanah liat dengan jerami halus atau kotoran sapi. Kemudian, selama 7 hari adukan dibiarkan secara terbuka dan disiram secara berkala dan continue. Jika saat pelaksanaan pekerjaan memplester telah tiba, plesteran adukan diambil dan kemudian dicampur dengan air sesuai dengan kelekatan dan keliatan yang diinginkan saat plesteran.

Menurut fungsi dari plesteran tersebut, plesteran dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu (Lashanta, 2011) :

1. Plesteran kedap air

Plesteran ini digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang konstruksinya berhubungan langsung dengan air, contoh : dinding kamar mandi, plesteran dinding kolam, lantai kolam dan saluran air. Perbandingan campurannya adalah 1 semen : 3 pasir.

2. Plesteran non kedap air

Plesteran non kedap air sering digunakan untuk pekerjaan konstruksi yang tidak berhubungan langsung dengan air, contoh : plesteran dinding dalam rumah dan lantai rumah.

3.2.3 Campuran Plesteran

1. Plesteran 1 semen : 4 pasir, tebal 15 mm

Standarnya, ketebalan plesteran yang digunakan untuk rumah tinggal adalah 15 mm. Perbandingan campuran plesteran bisa disesuaikan dengan Permen PUPR No. 28/PRT/M.2016, untuk mengerjakan plesteran dengan

perbandingan 1 semen : 4 pasir seluas 1 m² membutuhkan semen 6,28 kg dan pasir 0,024 m³.

Contoh perhitungan :

Jika diketahui dinding dengan panjang 15 m dan tinggi 4 m

Maka,

Luas dinding : $15 \times 4 = 60 \text{ m}^2$

Satu sak semen : 50 kg

Volume semen : $6,28 \times 60 = 376,8 \text{ kg} = 376,8/50 = 7,536 \text{ semen} \approx 8$
sak semen 50 kg

Volume pasir : $0,024 \times 60 = 1,44 \text{ m}^3$

2. Plesteran 1 semen : 3 pasir, tebal 15 mm

Plesteran dengan perbandingan 1 semen : 3 pasir dalam 1 m² membutuhkan semen 7,776 kg dan pasir 0,03 m³ sesuai dengan Permen PUPR No. 28/PRT/M.2016.

Contoh perhitungan :

Jika diketahui dinding dengan panjang 15 m dan tinggi 4 m

Maka,

Luas dinding : $15 \times 4 = 60 \text{ m}^2$

Satu sak semen : 50 kg

Volume semen : $7,776 \times 60 = 466,56 \text{ kg} = 466,56/50 = 9,33 \approx 10$ sak
semen

Volume pasir : $0,03 \times 60 = 1,8 \text{ m}^3$

Satu sak semen : 50 kg

Volume semen : $4,42 \times 50 = 221 \text{ kg} = 221/50 = 4,42 \approx 5$ sak semen

Volume pasir : $0,027 \times 50 = 1,35 \text{ m}^3$

3.2.4 Langkah-langkah Pekerjaan Plesteran

Pekerjaan plesteran dinding memang merupakan pekerjaan yang relatif mudah dalam pengerjaannya, namun mempunyai nilai *waste material* yang cukup tinggi, sehingga memerlukan perhatian dan metode cara plesteran dinding yang baik sehingga dapat dihasilkan pekerjaan plesteran yang baik, rata dan rapi. Pada

pekerjaan plesteran tembok atau dinding pada suatu bangunan perumahan biasanya harus memenuhi beberapa syarat, diantaranya adalah (Handayono, 2015) :

1. Permukaan plesteran harus horizontal dan vertikal
2. Ketebalan plesteran minimum yaitu 11 mm dan maksimum 16 mm
3. Tidak terjadi retakan-retakan pada plesteran

Ada beberapa cara atau metode melakukan pekerjaan plesteran dinding yang baik, yaitu (Handayono, 2015):

1. Metode pertama
 - a. Memasang dinding batu bata atau batako agar kedudukan plesteran itu ada. Diamkan minimal selama 1 hari.
 - b. Menyiram permukaan dinding dengan air sampai basah atau rata-rata dalam kondisi jenuh air.
 - c. Membuat adukan plesteran sesuai dengan perbandingan material yang direncanakan.
 - d. Menentukan tebal plesteran dengan menancapkan paku maksimal panjang 2” pada permukaan dinding tersebut.
 - e. Pemasangan benang pada paku ke paku untuk menentukan horizontal dan vertikalnya bidang yang akan diplester dengan melihat permukaan.
 - f. Membuat kepala plesteran dengan mplester alur paku yang terikat benang tersebut. Diamkan selama 1 hari.
 - g. Menentukan letak instalasi mekanikal elektrik yang tertanam dalam plesteran, pastikan instalasi sudah terpasang semua agar tidak terjadi pekerjaan bongkar pasang dikemudian hari.
 - h. Melakukan pekerjaan plester dengan sendok spesi dibantu dengan roskam. Penggunaan roskam dilakukan jika plesteran agak sedikit kering permukaan atau jenuh.
 - i. Mengecek kerataanya secara vertikal dan horizontal dengan menggunakan alat jidar.
 - j. Melakukan perawatan dengan menyiramkan air selama kurang lebih 7 hari agar tidak terjadi keretakan dinding.

2. Metode kedua

- a. Menyiapkan bahan dan peralatan.
- b. Merencanakan dan menentukan komposisi campuran untuk setiap lapisan berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan.
- c. Membasahi permukaan dinding secara merata.
- d. Melemparkan plesteran dengan menggunakan sendok spesi kebidang yang akan diplester.
- e. Ratakan permukaan dengan roskam.
- f. Jika terdapat lubang-lubang, lakukan pengisian kembali dengan adukan. Padatkan tanpa melempar dan ratakan dengan roskam lagi.
- g. Melakukan finishing terakhir dengan meratakan permukaan plesteran secara skala besar. Gunakan jidar dalam proses ini.

3. Metode ketiga

- a. Melakukan penyiraman atau curing terlebih dahulu pada permukaan dinding bata atau bidang yang akan diplester untuk menghindarkan keretakan.
- b. Membuat adukan untuk plesteran.
- c. Membuat kepala plesteran dengan jarak sekitar 1 m dan lebar 5 cm menggunakan unting-unting dengan cara melot.
- d. Biarkan selama 1 hari.
- e. Melekatkan adukan plesteran pada permukaan dinding kemudian ratakan dengan roskam, kemudian ratakan dengan rol perata.
- f. Meratakan plesteran dengan acuan kepala yang telah dibuat.

3.3 Mortar

3.3.1 Definisi Mortar

Mortar (sering disebut juga mortel atau spesi) adalah campuran yang terdiri dari pasir, bahan perekat serta air, dan diaduk sampai homogen. Pasir sebagai bahan bangunan dasar harus direkatkan dengan bahan perekat. Bahan perekat yang digunakan dapat bermacam-macam, yaitu dapat berupa tanah liat, kapur, semen merah (bata merah yang dihaluskan), maupun semen *portland*.

3.3.2 Jenis Mortar

Menurut Tjokrodinuljo (2012) mortar berdasarkan jenis bahan ikatnya dapat di bagi menjadi empat jenis, yaitu :

1. Mortar lumpur

Mortar lumpur dibuat dari campuran air, tanah liat/lumpur, dan agregat halus. Perbandingan campuran bahan-bahan tersebut harus tepat untuk memperoleh adukan yang kelecakannya baik dan mendapatkan mortar (setelah keras) yang baik pula. Terlalu sedikit pasir menghasilkan mortar yang retak-retak setelah mengeras sebagai akibat besarnya susutan pengeringan. Terlalu banyak pasir menyebabkan adukan kurang dapat melekat dengan baik. Mortar lumpur ini dipakai untuk bahan dinding tembok atau bahan tungku api di pedesaan.

2. Mortar kapur

Mortar kapur dibuat dari campuran pasir, kapur, semen merah dan air. Kapur dan pasir mula-mula dicampur dalam keadaan kering kemudian ditambahkan air. Air diberikan secukupnya untuk memperoleh adukan dengan kelecakan yang baik. Selama proses pelekatan kapur mengalami susutan sehingga jumlah pasir yang umum digunakan adalah tiga kali volume kapur. Mortar ini biasa dipakai untuk perekat bata merah pada dinding tembok bata, atau perekat antar batu pada pasangan batu.

3. Mortar semen

Mortar semen dibuat dari campuran air, semen Portland, dan agregat halus dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume agregat halus berkisar antara 1 : 2 dan 1 : 8. Mortar ini lebih besar dari pada mortar lumpur atau mortar kapur, oleh karena itu biasa dipakai untuk tembok, pilar, kolom, atau bagian bangunan lain yang menahan beban. Karena mortar semen ini lebih rapat air (dibandingkan dengan mortar lain sebelumnya) maka juga dipakai untuk bagian luar bangunan dan atau bagian bangunan yang berada dibawah tanah (terkena air).

4. Mortar khusus

Mortar khusus ini dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar dengan tujuan tertentu. Mortar ringan diperoleh dengan menambahkan asbestos fibres, jutes fibres (serat alami), butir – butir kayu, serbuk gergaji kayu, serbuk kaca dan lain sebagainya. Mortar khusus digunakan dengan tujuan dan maksud tertentu, contohnya mortar tahan api diperoleh dengan penambahan serbuk bata merah dengan aluminous cement, dengan perbandingan satu aluminous cement dan dua serbuk batu api. Mortar ini biasanya di pakai untuk tungku api dan sebagainya.

3.3.3 Tipe Mortar

Berdasarkan ASTM C270, *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*, mortar untuk adukan pasangan dapat dibedakan atas 5 tipe, yaitu :

1. Mortar Tipe M

Mortar tipe M merupakan campuran dengan kuat tekan yang tinggi yang direkomendasikan untuk pasangan bertulang maupun pasangan tidak bertulang yang akan memikul beban tekan yang besar.

2. Mortar Tipe S

Mortar tipe ini direkomendasikan untuk struktur yang akan memikul beban tekan normal tetapi dengan kuat lekat lentur yang diperlukan untuk menahan beban lateral besar yang berasal dari tekanan tanah, angin dan beban gempa. Karena keawetannya yang tinggi, mortar tipe S juga direkomendasikan untuk struktur pada atau di bawah tanah, serta yang selalu berhubungan dengan tanah, seperti pondasi, dinding penahan tanah, perkerasan, saluran pembuangan dan *mainhole*.

3. Mortar Tipe N

Tipe N merupakan mortar yang umum digunakan untuk konstruksi pasangan diatas tanah. Mortar ini direkomendasikan untuk dinding penahan beban interior maupun eksterior. Mortar dengan kekuatan sedang ini memberikan kesesuaian yang paling baik antara kuat tekan dan kuat

lentur, workabilitas, dan dari segi ekonomi yang direkomendasikan untuk aplikasi konstruksi pasangan umumnya.

4. Mortar Tipe O

Mortar tipe O merupakan mortar dengan kandungan kapur tinggi dan kuat tekan yang rendah. Mortar tipe ini direkomendasikan untuk dinding interior dan eksterior yang tidak menahan beban struktur, yang tidak menjadi beku dalam keadaan lembab atau jenuh. Mortar tipe ini sering digunakan untuk pekerjaan setempat, memiliki workabilitas yang baik dan biaya yang ekonomis.

5. Mortar Tipe K

Mortar tipe K memiliki kuat tekan dan kuat lekat lentur yang sangat rendah. Mortar tipe ini jarang digunakan untuk konstruksi baru, dan direkomendasikan dalam ASTM C270 hanya untuk konstruksi bangunan lama yang umumnya menggunakan mortar kapur.

3.4 Biaya

Menurut Munandar (1996), biaya adalah sesuatu yang akan dikorbankan atau akan diberikan pada pihak lain, sebagai kontrak prestasi atas sesuatu yang diterima dari pihak lain tersebut. Menurut tujuannya, pengeluaran biaya dibedakan menjadi dua tujuan yaitu:

1. Biaya untuk investasi, adalah pengeluaran biaya untuk aktivitas – aktivitas jangka panjang.
2. Biaya untuk eksploitasi, adalah pengeluaran biaya untuk menjalankan biaya untuk menjalankan kegiatan–kegiatan pengoprasian dari hari ke hari.

Biaya normal adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan pada waktu normal. Total biaya proyek adalah jumlah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. (Soeharto, 1995).

Dalam kebanyakan organisasi, biaya variabel adalah biaya yang dikaitkan dengan biaya sumber daya. Biaya variabel utama adalah upah. Biaya itu dihitung dengan mengalikan rata–rata sumber daya dengan angka unit sumber daya yang dipakai dalam tugas. Untuk sumber daya manusia, ini berarti mengalikan rata–rata

jam kerja seseorang dengan jumlah jam yang dibebankan untuk tugas. (Mingus, 2004).

Estimasi biaya pekerjaan konstruksi adalah perkiraan tentang kemungkinan biaya yang akan digunakan pada aktifitas konstruksi, umumnya didasarkan atas beberapa data yang sesuai dengan kenyataan dan dapat diterima, atau juga disebut sebuah ramalan ilmiah atau perkiraan biaya atas proyek yang akan dibangun. Jadi estimasi biaya proyek merupakan perkiraan biaya yang paling mendekati pada biaya yang sesungguhnya, sedangkan nilai sesungguhnya tidak akan diketahui sampai suatu proyek terselesaikan secara lengkap. Dalam estimasi biaya unsur-unsur yang menentukan adalah *Work Breakdown Schedule* volume, dan harga satuan pekerjaan. *Work Breakdown Schedule* dan volume, ketepatannya tergantung dari lengkapnya data berdasarkan gambar dan spesifikasi. (Irvan,2007) dalam Safi'i (2012)

Perkiraan biaya adalah memperkirakan kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan yang didasarkan atas informasi yang tersedia (Soeharto,1997). Perkiraan biaya memegang peranan penting dalam penyelenggaraan proyek. Pada taraf pertama dipergunakan untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan untuk membangun proyek. Selanjutnya, perkiraan biaya memiliki fungsi dengan spektrum yang amat luas yaitu merencanakan dan mengendalikan sumber daya seperti material, tenaga kerja, pelayanan, maupun waktu.

Meskipun kegunaannya sama, namun penekanannya berbeda-beda untuk masing-masing organisasi peserta proyek. Bagi pemilik, angka yang menunjukkan jumlah perkiraan biaya akan menjadi salah satu patokan untuk menentukan kelayakan investasi. Bagi kontraktor, keuntungan finansial yang akan diperoleh tergantung pada seberapa jauh kecakapan membuat perkiraan biaya. Bila penawaran harga yang diajukan di dalam proses lelang terlalu tinggi, kemungkinan besar kontraktor yang bersangkutan akan mengalami kekalahan. Sebaliknya bila memenangkan lelang dengan harga terlalu rendah, kontraktor akan mengalami kesulitan di kemudian hari. Sedangkan bagi konsultan, angka

tersebut diajukan kepada pemilik sebagai usulan jumlah biaya terbaik untuk berbagai kegunaan sesuai perkembangan proyek.

Biaya langsung (*direct cost*) adalah semua biaya yang berhubungan langsung dengan pekerjaan konstruksi di lapangan. Biaya langsung dapat diperoleh dengan mengalikan volume atau kuantitas suatu pekerjaan dengan harga satuan (*unit cost*) pekerjaan tersebut. Harga satuan pekerjaan ini terdiri atas harga bahan, upah buruh dan biaya peralatan. Biaya-biaya yang dikelompokkan dalam jenis ini yaitu :

1. Biaya Bahan

Biaya bahan terdiri dari biaya pembelian material, biaya transportasi, biaya penyimpanan material dan kerugian akibat kehilangan atau kerusakan material.

2. Biaya Pekerja/Upah

Biaya pekerja ini dibedakan atas :

- a. Upah harian
- b. Upah borongan
- c. Upah berdasarkan produktivitas

3. Biaya Peralatan

Beberapa unsur yang terdapat dalam biaya peralatan ini antara lain adalah sewa (bila menyewa), biaya operasi, biaya pemeliharaan, biaya operator, biaya mobilisasi, dan lain-lain yang terkait dengan peralatan.

Biaya tidak langsung (*indirect cost*) adalah semua biaya proyek yang secara tidak langsung berhubungan dengan konstruksi di lapangan tetapi harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut. Biaya-biaya yang termasuk dalam biaya tidak langsung adalah biaya *overhead* dan biaya tak terduga.

Biaya tetap (*fixed cost*) adalah biaya yang dikeluarkan secara periodik dan besarnya selalu konstan atau tetap, tidak terpengaruh oleh besar kecilnya volume kegiatan yang terjadi pada periode tersebut. Biaya tetap juga bisa disebut sebagai biaya operasional.

Biaya variabel (*variable cost*) adalah biaya yang besarnya selalu berubah, tergantung pada volume kegiatan yang dilakukan. Biaya variabel juga dapat

disebut sebagai biaya produksi per unit produk. Ada dua pendekatan tradisional untuk menaksir biaya–biaya proyek yaitu *Bottom-up* dan *Top–down*. Perencanaan kerja proyek dari proses penjadwalan biasanya digunakan untuk proses *Bottom–up* adalah elemen harga diperkirakan untuk tingkat terendah dari tugas rencana kerja kemudian kesemuanya menyediakan suatu total biaya perkiraan untuk proyek tersebut.

Menurut Frame (1994) suatu pendekatan *Top-down*“ menjauhkan diri” dari detail biaya dan menyediakan sebagai taksiran lain untuk kategori anggaran utama berdasarkan pada pengalaman sejarah. Suatu pendekatan *Top–down* (juga disebut perkiraan biaya *parametric*) mungkin digunakan di dalam langkah permulaan proyek sebab tidak cukup diketahui mengenai proyek yang harus dikerjakan dalam sebuah analisa kerja breakdown. (Dendiatama,2009) dalam Safi’i (2012).

3.5 Kinerja

Kinerja diberi batasan sebagai kesuksesan seseorang didalam melaksanakan suatu pekerjaan, atau kinerja adalah kesuksesan seseorang dalam melaksanakan tugas (Lawler and porter, 1967).

Kinerja adalah hasil kerja yang dapat dicapai oleh seseorang atau sekelompok orang dalam suatu organisasi, sesuai dengan wewenang dan tanggung jawab masing-masing, dalam rangka upaya mencapai tujuan organisasi bersangkutan secara legal, tidak melanggar hukum dan sesuai dengan moral maupun etika.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi tenaga kerja lapangan adalah sebagai berikut (Soeharto, 1995) :

1. Kondisi fisik lapangan dan sarana bantu
2. Supervisi, perencanaan, dan kordinasi
3. Komposisi kelompok kerja
4. Kerja lembur
5. Ukuran besar proyek
6. Kurva pengalaman (*learning curve*)

7. Pekerja langsung versus subkontraktor, dan
8. Kepadatan tenaga kerja

3.6 Kurva belajar (*Learning curve*)

Konsep teori *learning curve* ini pertama kali diperkenalkan kepada industri pesawat ketika T.P. Wright mempublikasikan sebuah artikel pada *Journal of the Aeronautical Science* Februari 1936 (Nortfleet,2004). Wright menyatakan bahwa setiap kali kuantitas output kumulatif menjadi dua kali lipat, maka rata-rata waktu kumulatif per unit berkurang sebesar persentase tertentu (Barber, 2011). Ketika suatu proses atas produk baru dimulai, kinerja seorang pekerja tidak pada tingkat terbaiknya dan fenomena pembelajaran atau proses dimana seorang memperoleh keahlian, pengetahuan dan kemampuan pun dimulai. Pekerja akan membutuhkan waktu yang lebih lama pada saat pertama kali bekerja daripada pekerjaan yang dilakukan kedua atau ketiga kalinya. Dengan pengulangan tersebut maka waktu yang dibutuhkan akan lebih singkat dan akan menuju ke arah perbaikan. Fenomena ini menunjukkan adanya adaptasi pekerja terhadap pekerjaan yang dikerjakannya. Fenomena inilah yang disebut dengan kurva belajar (*learning curve*).

Kurva belajar dapat digunakan untuk mengestimasi waktu untuk mendesain produk dalam dunia manufaktur. Kurva belajar juga dapat diaplikasikan pada individu dan organisasi. Pengalaman atau pembelajaran individual akan berdampak pada perbaikan hasil ketika orang mengulang suatu proses dan memperoleh keterampilan atau efisiensi dari pengalaman. Pada pembelajaran organisasi merupakan hasil dari latihan dalam pengalaman atau pembelajaran individual, dan juga dari perubahan administrasi, peralatan dan desain produk.

Beberapa unsur-unsur yang diperhatikan pada aplikasi *learning curve* (Hinze, 2008) diantaranya :

- 1 Jumlah waktu dan biaya yang dibutuhkan setiap unit cenderung berkurang untuk setiap unit yang telah berhasil dikerjakan.
- 2 Jumlah waktu untuk memproduksi sebuah unit berkurang pada “*decreasing rate*”

- 3 Pengurangan waktu yang diperlukan untuk memproduksi setiap unit selalu diikuti oleh model estimasi yang spesifik. Laju peningkatan (pembelajaran) dapat diprediksi dengan menggunakan model matematika.

3.7 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Menurut Firmansyah (2011) Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek pembangunan.

Perhitungan mengenai biaya suatu pekerjaan sangatlah berpengaruh terhadap berjalannya suatu proyek. Biaya yang direncanakan harus direncanakan secara efisien tanpa mempengaruhi atau mengurangi mutu struktur yang direncanakan.

3.8.1 Definisi Rencana Anggaran Biaya

1. Rencana anggaran biaya (RAB) adalah:

Perhitungan terhadap biaya yang berhubungan dengan pelaksanaan sebuah

- a. Proyek, meliputi : biaya upah, bahan, dan lain-lain.
- b. Merencanakan bangunan sesuai dengan ketentuan yang berlaku, beserta besarnya biaya.
- c. Bahasa matematis yang dapat dituliskan untuk definisi RAB yaitu,

$$RAB = \Sigma [(\text{volume}) \times \text{hsp}]$$

Keterangan :

Σ = Penjumlahan

V = volume komponen pekerjaan

Hsp = harga satuan tiap pekerjaan

2. Anggaran biaya

Perhitungan secara teliti, cermat dan memenuhi syarat untuk mengetahui harga sebuah bangunan. Dalam penyusunan anggaran biaya, dapat dilakukan melalui dua cara yaitu:

- a. Anggaran biaya kasar (taksiran), yaitu dengan menggunakan harga satuan tiap meter persegi, misalnya pada luas lantai.

- b. Anggaran biaya Teliti, yaitu anggaran yang di perhitungkan secara teliti dan cermat sesuai dengan ketentuan dan persyaratan dalam penyusunan anggaran biaya (RAB).

3.8.2 Fungsi Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya memiliki 4 fungsi utama antara lain (Khedanta, 2011) pada tugas akhir Kelirey (2017) :

1. Harus dapat menguraikan keseluruhan biaya upah kerja, material dan peralatan termasuk biaya lainnya yang di perlukan seperti perizinan, kantor atau gudang sementara, fasilitas pendukung seperti air dan listrik sementara.
2. Menetapkan daftar dan jumlah masing-masing material di setiap komponen pekerjaan yang didasarkan dari volume pekerjaan Sehingga tidak terjadi kesalahan perhitungan terhadap volume di setiap komponen pekerjaan yang dapat mempengaruhi jumlah kebutuhan material. daftar dan jenis material yang tertuang dalam RAB menjadi dasar dalam pembelian material ke *supplier*.
3. Menjadi dasar dalam pemilihan kontraktor pelaksana berdasarkan RAB yang ada, maka akan diketahui jenis dan besarnya pekerjaan yang akan di laksanakan. Berdasarkan RAB dapat di ketahui juga apakah cukup memerlukan satu kontraktor pelaksana saja atau apakah perlu memberikan suatu pekerjaan kepada subkontraktor dalam menangani pekerjaan yang dianggap memerlukan spesialis khusus.
4. Peralatan yang akan digunakan untuk kelancaran sebuah proyek akan diuraikan didalam estimasi biaya yang ada. Dari RAB dapat di putuskan apakah pengadaan peralatan dengan cara di beli langsung atau cukup dengan sistem sewa. Kebutuhan peralatan yang di spesifikasikan berdasarkan jenis, jumlah dan lama pemakaian dapat diketahui berapa biaya yang diperlukan.

3.8.3 Langkah-langkah Penyusunan Rencana Anggaran Biaya

Dalam pembuatan RAB memerlukan langkah-langkah yang mendasari suatu konstruksi. Dalam hal ini menurut SNI tahun 2008 (Nasional, Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Untuk Konstruksi Bangunan dan

Perumahan, 2008) yang mengatur tentang rencana anggaran biaya, langkah-langkah dalam pembuatan RAB yaitu:

1. Persiapan dan Pengecekan gambar kerja.

Gambar kerja merupakan dasar dalam penentuan pekerjaan pada komponen bangunan yang akan dikerjakan. Dari gambar dapat terlihat ukuran, bentuk dan spesifikasi pekerjaan. Perlu di pastikan bahwa gambar mengandung semua ukuran dan spesifikasi material yang selanjutnya digunakan untuk mempermudah perhitungan volume pekerjaan. Selain itu perlu dilakukan pengecekan terhadap harga-harga material dan upah yang ada disekitar atau dekat dengan lokasi bangunan yang akan dikerjakan.

2. Perhitungan Volume.

Langkah awal dalam menghitung volume pekerjaan, yang perlu dilakukan adalah dengan mengurutkan item pekerjaan yang akan di laksanakan sesuai gambar kerja yang ada.

3. Membuat Harga Satuan Pekerjaan.

Hal-hal yang perlu dipersiapkan dalam menghitung harga satuan pekerjaan adalah sebagai berikut:

- a. Indeks (koefisien) analisa pekerjaan

Koefisien analisa pekerjaan dapat ditentukan dengan menggunakan koefisien resmi yang telah ditetapkan oleh pemerintah yang diatur dalam peraturan SNI tahun 2008 mengenai Rencana Anggaran Biaya (RAB)

- 1) Harga material / bahan sesuai satuan.

- 2) Harga upah kerja perhari termasuk mandor, kepala tukang, tukang dan pekerja

- b. Perhitungan Jumlah Biaya Pekerjaan.

Biaya pekerjaan merupakan hasil perkalian antara volume dengan harga satuan pekerjaan.

- c. Rekapitulasi.

Rekapitulasi adalah total penjumlahan dari masing-masing sub item pekerjaan.

3.8.4 Perkiraan Biaya

Perkiraan biaya dibedakan dari anggaran dalam hal perkiraan biaya terbatas pada tabulasi biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan tertentu proyek ataupun proyek keseluruhan. Sedangkan anggaran merupakan perencanaan terinci, perkiraan biaya dari bagian atau keseluruhan kegiatan proyek yang dikaitkan dengan waktu (*time-phased*).

Perkiraan biaya erat hubungannya dengan analisis biaya yang menitik beratkan pada pengkajian dan pembahasan biaya kegiatan masa lalu yang akan dipakai sebagai masukan. Estimasi analisis merupakan metode yang secara tradisional dipakai oleh estimator untuk menentukan setiap tarif komponen pekerjaan. Setiap komponen pekerjaan dianalisa kedalam komponen-komponen utama tenaga kerja, material, peralatan, dan lain-lain. Penekanan utamanya diberikan faktor-faktor proyek seperti jenis, ukuran, lokasi, bentuk dan tinggi yang merupakan faktor penting yang mempengaruhi biaya.

3.8 Pengertian Waste

Waste didefinisikan sebagai semua aktivitas yang memerlukan biaya, secara langsung maupun tidak langsung, memerlukan waktu, sumber daya atau membutuhkan persediaan yang tidak memberikan nilai tambah (Alarcon, 1994).

Waste secara umum didefinisikan sebagai substansu atau suatu obyek dimana pemilik punya keinginan untuk membuang (*Waste Management licening regulation*, 1994).

Menurut Al-Moghany (2006), *waste* dapat diartikan sebagai segala macam kehilangan pada material, waktu dan hasil moneter dari sebuah kegiatan tetapi tidak menambah nilai atau proses untuk produk.

Waste juga dapat digambarkan sebagai segala aktivitas manusia yang menyerap sumber daya dalam jumlah tertentu tetapi tidak menghasilkan nilai tambah, seperti kesalahan yang membutuhkan pembetulan, hasil produksi yang tidak diinginkan oleh pengguna, proses atau pengolahan yang tidak perlu, pergerakan tenaga kerja yang tidak berguna dan menunggu hasil akhir dari kegiatan-kegiatan sebelumnya (Womack and Jones, 2006).

Ohno (1998) mengklasifikasikan pemborosan (*waste*) dalam 7 kategori :

1. *Waste of Waiting*, waktu menunggu adalah pemborosan (misalnya: menunggu material datang, menunggu intruksi dan lain-lain).
2. *Waste of Overproduction*, membuat produk yang lebih banyak dari permintaan.
3. *Waste of Over processing*, proses yang lebih dari yang diinginkan (misalnya :inventory yang rusak akibat penyimpanan atau transportasi sehingga memerlukan proses tambahan *re-packing*).
4. *Waste of Defect, reject* atau *repair* merupakan pemborosan yang dapat secara langsung bisa dilihat.
5. *Waste of Motion*, gerakan yang tidak perlu dan tidak ergonomis sehingga menambah waktu proses.
6. *Waste of Inventory*, semakin banyak persediaan disimpan akan semakin banyak pemborosan berupa nilai persediaan yang diam (tidak produktif), nilai ruang yang harus disediakan, beban administrasi pengelolaan dan lain-lain.
7. *Waste of Transportation*, pemborosan yang diakibatkan oleh transportasi yang tidak teratur.

3.9 *Waste Construction*

Waste pada bidang konstruksi dapat diartikan sebagai kehilangan atau kerugian berbagai sumber daya yaitu material, waktu dan modal/materi, yang diakibatkan oleh kegiatan-kegiatan yang membutuhkan biaya secara langsung maupun tidak langsung tetapi tidak menambah nilai kepada produk akhir bagi pihak pengguna jasa konstruksi (Formoso et al, 2002).

Waste juga merupakan bentuk ketidakefisienan yang terjadi akibat penggunaan peralatan, tenaga kerja, material, biaya yang melebihi/tidak sesuai dengan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Menurut Alwi et al (2002), kategori *waste* yang utama dalam bidang konstruksi adalah *reworks/repair*, rusak/cacat, pemborosan material yang tidak perlu, pergerakan/perpindahan yang tidak perlu, ketidaktepatan dalam pemilihan metode kerja dan manajemen

peralatan. *Waste* pada proyek konstruksi akan mempengaruhi tingkat produktivitas pelaksanaan proyek.

Waste Material Konstruksi adalah kehilangan atau kerugian berupa sisa material konstruksi yang timbul selama proses konstruksi secara langsung maupun tidak langsung yang tidak memberikan nilai tambah pada produk akhir dari suatu konstruksi.

3.8.1 Material Waste

Dasar perhitungan sisa material berasal dari perbandingan antara perencanaan material sebelum memulai pekerjaan dan sisa material saat menyelesaikan pekerjaan (Budiadi, 2008).

Mengingat bahwa sisa material merupakan masalah yang penting pada industri konstruksi, sisa material didefinisikan sebagai kehilangan akibat berbagai sumber seperti material, waktu (tenaga kerja dan peralatan), dan produktivitas yang menghasilkan biaya *direct cost* dan *indirect cost* tetapi tidak menambah nilai yang menjadi sudut pandang konsumen (Formoso, 2002).

Al Moghany (2006), menekankan bahwa sisa material dapat diartikan sebagai segala jenis material yang berasal dari bagian alam di bumi yang dipindahkan, diolah ke suatu tempat untuk kemudian digunakan pada proses konstruksi baik pada suatu lokasi maupun antar lokasi konstruksi berbagai kemungkinan yang dapat timbul antara lain kerusakan, kelebihan, tidak terpakai, tidak sesuai dengan spesifikasi atau hasil dari proses konstruksi.

Kegagalan menggunakan dan menjaga sistem manajemen yang sesuai untuk material konstruksi akan berakibat buruk bagi kemajuan dan segi finansial pelaksanaan pekerjaan antara lain mencakup (Ervianto, 2004) :

1. Tidak tersedianya bahan pada saat diperlukan
2. Material yang digunakan rusak
3. Material yang tersedia tidak memenuhi persyaratan sesuai dengan spesifikasi

3.8.2 Jenis Penggunaan dan Sisa Material

1. Jenis penggunaan material

Pada tahap pelaksanaan konstruksi penggunaan material di lapangan sering terjadi sisa material yang cukup besar, sehingga upaya untuk meminimalisi sisa material penting untuk diterapkan. Material yang digunakan dalam pelaksanaan konstruksi dapat digolongkan dalam dua bagian besar (Gavilan, 1994), yaitu:

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

2. Jenis sisa material

Keberadaan sisa Material konstruksi, menurut Intan et al., (2005), terus terjadi sejalan dengan proses pembangunan yang dilaksanakan. Jenis sisa material dapat dikategorikan menjadi dua bagian yaitu:

- a. *Demolition waste* adalah sisa material yang timbul dari hasil pembongkaran saat proses renovasi atau penghancuran bangunan lama
- b. *Construction waste* adalah sisa material konstruksi yang berasal dari pembangunan atau renovasi bangunan. Sisa material tersebut tidak dapat dipakai lagi sesuai dengan fungsi awalnya. Sisa material ini bisa terdiri dari batu bata, plesteran, kayu, beton, mortar, pipa dan lain-lain.

Sisa material dalam industri konstruksi telah menjadi subjek penelitian seluruh dunia dalam tahun-tahun terakhir ini. Penelitian-penelitian tersebut difokuskan pada kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh sisa material (Al-Moghany, 2006).

3.8.3 Klasifikasi Material Sisa Konstruksi

Menurut Skoyles (1987), sisa material konstruksi secara umum dikategorikan dalam 4 jenis, yaitu:

1. Sisa Material Alami (*Natural Waste*)

Sisa material alami adalah sisa material yang dalam pembentukannya tidak dapat dihindarkan, misalnya pemotongan kayu atau penyambungan atau cat yang menempel pada kalengnya saat pengecatan. Sisa material ini terbentuk secara alami dalam batas toleransi. Namun ada kalanya sisa material alami ini menimbulkan sisa material langsung yang cukup besar jika tidak dilakukan pengontrolan yang baik, misalnya pada waktu pembuatan spesi, penuangan semen kadang tercecer ke tanah, jika tidak dilakukan pengontrolan maka ceceran semen menjadi banyak.

2. Sisa Material Langsung.

Sisa material langsung adalah sisa material yang terjadi pada setiap pembangunan. Biasanya sisa material ini terbentuk pada saat penyimpanan, pada saat material dipindahkan ke tempat kerja, atau pada saat proses pengerjaan tahapan pembangunan itu sendiri. Bila tidak dilakukan kontrol yang baik, sisa material ini akan menyebabkan kerugian yang cukup besar terutama dari segi biaya. Beberapa kategori sisa material langsung adalah akibat kegiatan sebagai berikut:

- a. Sisa material akibat adanya kegiatan pengiriman, yaitu kehilangan pada saat pengiriman ke lokasi, penurunan barang dan saat penempatan ke gudang. Atau pada waktu pengangkutan yang tidak efektif sehingga kualitas barang menurun, dan barang tidak terpakai akhirnya menjadi sisa material.
- b. Penyimpanan di gudang dan penyimpanan sementara di sekitar bangunan adalah sisa material yang disebabkan oleh penyimpanan yang buruk.
- c. Sisa material akibat proses perubahan bentuk material, adalah sisa material yang disebabkan oleh proses perubahan bentuk material dari aslinya.
- d. Sisa material selama proses perbaikan, adalah sisa material yang dihasilkan selama proses perbaikan.

- e. Sisa material selama proses perbaikan, adalah sisa material yang dihasilkan dari material kalengan, seperti cat dan bahan plester yang tersisa pada tempatnya dan tidak digunakan.
 - f. Penggunaan lahan yang tidak efektif, adalah lahan yang tidak digunakan secara optimal, sehingga menyebabkan tidak efisien. Manajemen yang kurang baik.
 - g. Sisa material akibat penggunaan yang salah.
 - h. Sisa material akibat spesifikasi material yang salah.
 - i. Sisa material yang ditimbulkan akibat kurang terampilnya pekerja.
3. Sisa Material Tidak Langsung.
 4. Sisa Material Konsekuensi (*consequential waste*).

Construction Waste menurut Skoyles (1987) dapat digolongkan kedalam dua kategori berdasarkan tipenya yaitu *direct waste* dan *indirect waste*.

1. *Direct Waste*

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

- a. *Transport & Delivery Waste*

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

- b. *Site Storage Waste*

Sisa material yang terjadi karena penumpukan atau 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, dan sebagainya.

d. *Fixing Waste*

Material yang tercecer, rusak atau terbuang selama pemakaian dilapangan seperti pasir, semen, batu bata, dan sebagainya.

e. *Cutting Waste*

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

f. *Application & Residu Waste*

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

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

3.8.4 Sumber dan Faktor Penyebab Material Waste

Menurut Garas et al., (2001) Penyebab terjadinya sisa material digolongkan menjadi dua komponen yaitu pemborosan waktu dan sisa material. Karena pada penelitian ini akan memfokuskan pada sisa material sehingga akan ditekankan mengenai sisa material. Sisa material disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

1. Kelebihan pemesanan material
2. Kelebihan produksi material
3. Kesalahan dalam penanganan
4. Kesalahan dalam metode penyimpanan material
5. Kerusakan atau cacat dari pabrik
6. Pencurian dan perusakan ulah oknum luar proyek

Al-Moghany (2006), menyatakan bahwa penyebab utama sisa material pada proses konstruksi di Indonesia dengan Australia dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Penyebab Sisa Material di Indonesia dan Australia

Indonesia	Australia
Perubahan desain	Perubahan desain
Kurangnya kemampuan dan keterampilan	Buruknya perencanaan
Kurangnya koordinasi antara pihak yang terlibat dalam proyek	Ketidajelasan dalam penyampaian informasi gambar lokasi
Pengambilan keputusan yang lambat	Spesifikasi yang tidak jelas
Keterlambatan pengiriman material ke lokasi	Cuaca
Pemilihan metode konstruksi yang kurang tepat	Lambatnya perbaikan gambar
Buruknya perencanaan dan penjadwalan proyek	Buruknya pengelolaan lapangan

Sumber : Al-Moghany, 2006, *A Thesis of the Degree of Master of Science in Construction Management*

Al-Moghany (2006), menyatakan bahwa prosentase sisa material proyek pemilihan dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Prosentase Sisa Material Proyek Perumahan

Pekerjaan	Material	Sisa (%)
Pembetonan	Beton	3-5
Cetakan/bekisting	Papan kayu	5
Pembesian	Tulangan	3-5
Pasangan bata	Batu bata	6
Dinding dibangun tanpa mortar	Agregat halus	5
Acian dinding	Semen	7
Acian Lantai	Semen	1
Plesteran dinding	Adukan plesteran	2

Lanjutan Tabel 3.2 Prosentase Sisa Material Proyek Perumahan

Plesteran langit-langit	Adukan plesteran	2
Pemasangan penutup lantai	Ubin/keramik	6
Pemasangan penutup dinding	Ubin/keramik	8
Pemasangan perabot kamar mandi	Perlengkapan sanitasi	2
Pemasangan perlengkapan dapur	Perlengkapan dapur	1

Sumber : Al-Moghany, 2006, *A Thesis of the Degree of Master of Science in Construction Management*

3.8.5 Identifikasi Material Waste

Ada dua jenis utama dari material waste pada proyek konstruksi (Skoyles, 1987) yaitu :

1. *Waste* dari pekerjaan struktur.

Misalnya : reruntuhan beton, sisa besi tulangan, bekisting kayu, dll.

2. *Waste* dari pekerjaan finishing.

Misalnya : material-material yang pecah atau rusak pada keramik, cat, dan material plesteran karena tenaga kerja yang tidak hati-hati.

Langkah pertama dalam implementasi program minimalisasi *waste* adalah memperkirakan banyaknya material *waste* yang akan dihasilkan pada proyek tersebut. Dalam penelitian ini besarnya *waste* dapat dicari dengan menghitung selisih material yang terpakai yang didapat laporan logistik pembelian material dan material yang terpasang sehingga persentase *wastage level* dapat diketahui.

3.8.6 Volume Waste

1. Volume Ember (Volume Kerucut Terpancung)

Ember merupakan sebuah kerucut terpancung, sehingga bila kita ingin menghitung volume ember dapat dilakukan dengan mengurangi volume kerucut besar dengan volume kerucut kecil.



Gambar 3.1 Ember

$$\begin{aligned} \text{Volume ember} &= \text{Volume kerucut besar} - \text{Volume kerucut kecil} \\ &= \frac{1}{3} \times \pi \times R^2 \times t_b - \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times t_k \end{aligned}$$

Keterangan :

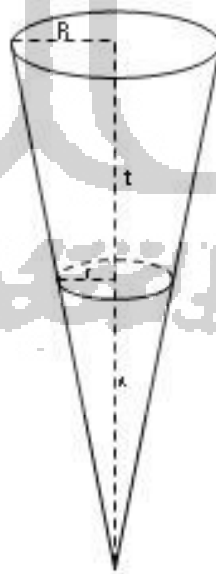
R = jari-jari lingkaran besar

r = jari-jari lingkaran kecil

t_b = tinggi kerucut besar

t_k = tinggi kerucut besar

Selanjutnya untuk mempermudah dibuat sketsa gambar perpanjangan kerucut sebagai berikut.

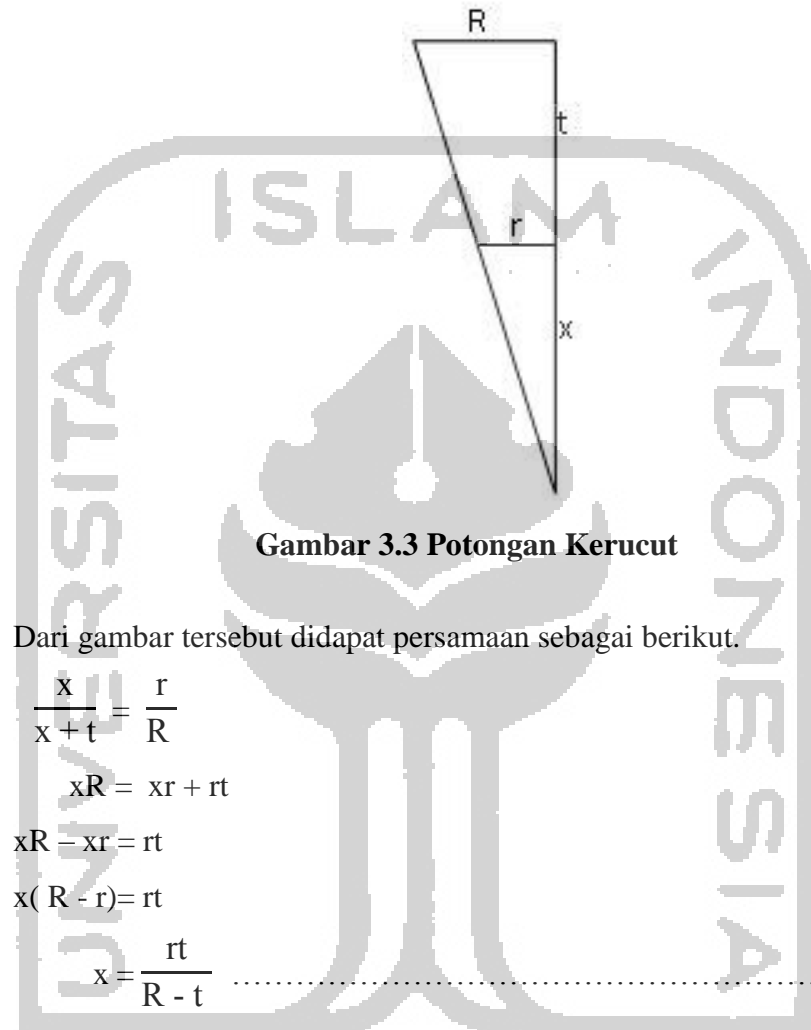


Gambar 3.2 Kerucut

Dari gambar tersebut diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$t_b = t+x \dots\dots\dots(1)$$

Perhatikan gambar 3.3 yang diperoleh dari gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.3 Potongan Kerucut

Dari gambar tersebut didapat persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \frac{x}{x+t} &= \frac{r}{R} \\ xR &= xr + rt \\ xR - xr &= rt \\ x(R-r) &= rt \\ x &= \frac{rt}{R-r} \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

Persamaan 1 dan 2 disubstitusikan ke rumus volume ember, sehingga diperoleh rumus sebagai berikut.

Volume ember = Volume kerucut besar – Volume kerucut kecil

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{3} \times \pi \times R^2 \times t_b - \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times t_k \\ &= \frac{1}{3} \times \pi \times \{R^2 \times (t+x) - r^2 \times x\} \\ &= \frac{1}{3} \times \pi \times \{R^2t + R^2x - r^2x\} \\ &= \frac{1}{3} \times \pi \times \{R^2t + (R^2 - r^2) \times x\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{3} \times \pi \times \left\{ R^2 t + (R + r)(R - r) \times \frac{rt}{R - t} \right\} \\
&= \frac{1}{3} \times \pi \times \{ R^2 t + (R + r) \times rt \} \\
&= \frac{1}{3} \times \pi \times \{ R^2 t + Rrt + r^2 t \} \\
&= \frac{1}{3} \times \pi \times t (R^2 + Rr + r^2)
\end{aligned}$$

Sehingga, didapat rumus volume kerucut terpancung sebagai berikut.

$$\text{Volume Ember (vol kerucut terpancung)} = \frac{1}{3} \times \pi \times t (R^2 + Rr + r^2) \dots \dots \dots (3.1)$$

2. Wastage Level

Wastage Level ini dihitung untuk mengetahui volume *waste* dari masing-masing item material yang diteliti. *Wastage level* ini dihitung menggunakan metode pendekatan dengan rumus umum :

$$\text{Wastage level} = (\text{volume waste}) / (\text{volume material terpakai}) \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan :

Volume *waste* = volume material terpakai – volume material terpasang

3. Waste Cost

Pengelolaan limbah lebih lanjut akan menghemat pengeluaran, menaikkan pendapatan dan juga mengurangi *waste*. Banyak kontraktor tidak menyadari bahwa biaya sebenarnya dari material *waste* (*The true cost of material waste*)(Branz, 2002) adalah:

$$\text{True cost} = \text{purchase price} + \text{transportation costs} + \text{handling} + \text{storage cost} + \text{disposal cost} + \text{loss of salvage revenue} \dots \dots \dots (3.3)$$

- a. *Purchase price* merupakan biaya *waste* yang dihasilkan dari selisih biaya pembelian material rencana dengan *actual*.
- b. *Transportation cost* merupakan biaya pengangkutan *waste* dan pengangkutnya.
- c. *Handling* merupakan biaya penanganan *waste*.
- d. *Storage cost* merupakan biaya untuk menyediakan tempat penimbun material *waste*.

- e. *Disposal cost* merupakan biaya pembuangan *waste*.
- f. *Loss of salvage revenue* merupakan biaya kehilangan nilai material akibat tidak terpakai.

3.8.7 Cara Meminimalisasi Waste Material Konstruksi

Upaya penanggulangan maupun pengurangan sisa material konstruksi dapat dilakukan dengan berbagai cara. Menurut Intan et al, (2005, beberapa negara maju mulai melakukan penelitian cara penanggulangan dengan metode daur ulang (*recycling*), studi dampak dari pembakaran (*incineration*), penggunaan kembali (*reuse*).

Menghindari pemborosan material yaitu berupa tindakan atau seleksi pemilihan material yang tepat sesuai kebutuhan dalam usaha mengurangi pemborosan material. Pemakaian ulang dan daur ulang dimaksudkan agar dapat mengurangi volume sisa material terbuang dan dapat berdampak bagi lingkungan (Al-Moghany, 2006).

Menurut Intan et al., (2005) cara penanggulangan sisa material yang mungkin dilakukan di Indonesia adalah melalui manajemen material untuk meminimalisasi sisa material yang terjadi, hal ini karena pertimbangan dari segi biaya, teknologi yang masih sederhana, dan juga sekaligus wawasan ramah lingkungan.

Untuk menjamin manajemen bahan yang benar, setiap proses berikut ini harus benar-benar dilaksanakan. Kegagalan dalam manajemen satu proses atau lebih akan menyebabkan kegagalan menyeluruh dari manajemen material dan akan mengakibatkan sebuah proyek konstruksi yang mahal. Adapun proses dalam manajemen bahan adalah sebagai berikut (Erviyanto, 2004) :

1. Pemilihan bahan
2. Pemilihan pemasok bahan
3. Pembelian bahan
4. Pengiriman bahan
5. Penerimaan bahan
6. Penyimpanan bahan
7. Pengeluaran bahan
8. Menjaga tingkat persediaan