

ANALISIS DAN EVALUASI SISA MATERIAL KONSTRUKSI MENGGUNAKAN FTA (FAULT TREE ANALYSIS) STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN KELURAHAN DI SURAKARTA

Widi Hartono¹⁾, Christianto Hartomo²⁾, Sugiyarto³⁾

²⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{1), 3)} Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: christan1st@yahoo.co.id

Abstract

Developments and office buildings grew very rapidly in Solo city, which raises a lot of construction work in addition, It causes also lead to a negative impact on the surrounding environment pollution such as dust, smoke, noise and disturb other residents the growing number of building waste also be generated by the construction process if it is not treated optimally. The varieties of garbage waste materials from the rest of the concrete is formed from a mixture of cement, water and aggregates are something hard, cut steel reinforcement and wood used for concrete casting process itself. This the more the rest of the material occurs, the more inefficient use of materials in the project. Factors of the source of the waste materials are design, material procurement, material handling, execution, residual and others. This study aims to determine the root cause of the rest of the material that occurs in a project and the percentage mainly on projects with local contractors who have not been too careful in managing construction work.

This study uses the method of Fault Tree Analysis (FTA) which is a descriptive study with qualitative research design for analyzing secondary data and primary data available so knowing the root cause of excess material on the construction project. Types of waste material studied is the rest of Bricks, Cement, Sand, Gravel, and iron, and then calculated the volume of material design based on the plans and bill of quantity (BQ) reduced the remaining stock of the material in the field. After calculating the residual material showed residual material arising on construction work in progress, and phase last post evaluation based on research results which causes the rest of the dominant material occurs

Calculation results obtained that the total cost of the rest of the material most of which are located in the Village Project Kauman Rp 2.58945 million, -. The rest of the material that is most dominant in the three projects is Iron them at most major mill projects are Iron D16 Rp 726.098, -, Project Jagalan Iron D16 Rp 584.953, -, Project Kauman Iron Ø 10 Rp 602.785, - and according to the scale of the risk of material waste Iron D 16, D12 and Ø 10 including moderate risk level. The rest of the material with a low risk is the rest of bricks, cement, gravel, lime, sand.

Keywords: Waste materials, FTA, Development Projects, Surakarta, Total cost.

Abstrak

Perkembangan gedung dan kantor tumbuh sangat pesat di Kota Solo yang menimbulkan banyak pekerjaan konstruksi dilakukan, hal tersebut juga menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar diantaranya polusi debu, asap, suara yang mengganggu warga dan lain dari itu semakin banyak juga limbah bangunan yang akan dihasilkan oleh proses konstruksi tersebut jika tidak diolah secara maksimal. Macam - macam sisa material konstruksi diantaranya dari sisa – sisa beton terbentuk dari campuran semen, air dan agregat yang keras, tulangan - tulangan baja yang terpotong dan kayu yang digunakan untuk proses pengecoran beton itu sendiri. Semakin banyak sisa material yang terjadi, maka semakin tidak efisien penggunaan material dalam proyek tersebut. Faktor yang menjadi sumber terjadinya sisa material konstruksi, antara lain desain, pengadaan material, penanganan material, pelaksanaan, residul dan lain-lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sumber penyebab sisa material yang terjadi dalam suatu proyek dan presentasinya terutama pada proyek dengan kontraktor lokal yang belum terlalu teliti dalam manajemen pekerjaan konstruksi

Penelitian ini menggunakan metoda Fault Tree Analysis (FTA) yang merupakan penelitian deskriptif dengan desain penelitian kualitatif untuk menganalisis data sekunder dan data primer yang ada sehingga mengetahui akar penyebab sisa material pada proyek konstruksi. Jenis sisa material yang diteliti adalah sisa Batu bata, Semen, Pasir, Kerikil, dan Besi, kemudian dihitung volume material desain berdasarkan gambar rencana dan *bill of quantity*(BQ) dikurangi sisa stok material di lapangan. Setelah menghitung sisa material tersebut didapatkan hasil sisa material yang timbul pada pekerjaan konstruksi berlangsung, dan tahap terakhir dilakukan evaluasi berdasarkan hasil penelitian mana penyebab sisa material yang dominan terjadi.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total biaya sisa material yang paling besar terletak pada Proyek Kelurahan Kauman yaitu sebesar Rp. 2.589.450,-. Sisa material yang paling dominan pada ketiga proyek tersebut adalah Besi diantaranya pada Proyek Gilingan paling besar adalah Besi D16 sebesar Rp 726.098,-, Proyek Jagalan Besi D16 Rp. 584.953,-, Proyek Kauman Besi Ø 10 sebesar Rp. 602.785,- dan menurut skala resiko sisa material Besi D 16, D12 dan Ø 10 termasuk tingkat resiko sedang. Sisa material dengan risiko rendah adalah sisa Batu bata, Semen, Kerikil, Kapur, Pasir.

Kata kunci : Sisa Material, FTA, Kelurahan, Surakarta, Total biaya

PENDAHULUAN

Perkembangan industri dan tempat belanja tumbuh sangat pesat di Kota Solo yang menimbulkan banyak pekerjaan konstruksi dilakukan, hal tersebut juga menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar

diantaranya polusi debu, asap, suara yang mengganggu warga dan lain dari itu semakin banyak juga limbah bangunan yang akan dihasilkan oleh proses konstruksi tersebut jika tidak diolah secara maksimal. Macam - macam sampah sisa material konstruksi diantaranya dari sisa – sisa beton terbentuk dari campuran semen, air dan agregat yang keras, tulangan - tulangan baja yang terpotong dan kayu yang digunakan untuk proses pengecoran beton itu sendiri. Sehingga semakin banyak sisa material yang terjadi, maka semakin tidak efisien penggunaan material dalam proyek tersebut. Banyak faktor yang menjadi sumber terjadinya sisa material konstruksi, antara lain desain, pengadaan material, penanganan material, pelaksanaan, residu dan lain-lain misal pencurian material konstruksi. Sisa material tersebut dihitung berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan perhitungan kemudian analisa kuantitas sisa material hasil pengamatan lapangan diperoleh dari volume material siap pakai di lapangan dikurangi dengan volume material desain berdasarkan gambar rencana dan *bill of quantity*(BQ), kemudian dikurangi sisa stok material di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sumber penyebab sisa material yang terjadi dalam suatu proyek dan presentasinya terutama pada proyek dengan kontraktor lokal yang belum terlalu teliti dalam memanaajemen pekerjaan konstruksi

LANDASAN TEORI

Menurut Tchobanoglous *et al*, 1976, Material merupakan komponen yang penting dalam menentukan besarnya biaya suatu proyek. lebih dari separuh biaya proyek diserap oleh material yang digunakan. 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 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 sampah yang terdiri dari beton, batu bata, plesteran, kayu, sirap, pipa dan komponen listrik.

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

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

- a. *Transport and delivery waste* (sisa transportasi & pengiriman)

Semua 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 penyimpanan)

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 perubahan bentuk)

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

- d. *Fixing waste* (sisa pemasangan)

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

- e. *Cutting waste* (sisa pemotongan)

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

- a. *Substitution waste* (sisa hasil pergantian)

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

1. Terlalu banyak material yang dibeli
2. Material yang rusak
3. Makin bertambahnya kebutuhan material tertentu

- b. *Production waste* (sisa hasil produksi)

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 karena kelalaian)

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.

Terjadinya sisa material konstruksi dapat disebabkan oleh satu atau kombinasi dari beberapa sumber dan penyebab. Gavilan dan Bernold (1994), membedakan sumber-sumber sisa material konstruksi atas enam kategori:

- a. Desain
- b. Pengadaan Material
- c. Penanganan Material
- d. Residual
- e. Pelaksanaan
- f. Lain-lain

METODE

Metodologi yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode perhitungan sisa waste material yaitu :

Sisa material (*waste*) adalah kelebihan kuantitas material yang digunakan yang tidak menambah nilai (*value*) suatu pekerjaan :

- a. Menghitung kuantitas sisa material
Sisa material = Pembelian material – Stok material – Kebutuhan material
- b. Menghitung biaya sisa material
Biaya sisa material = Sisa material x Harga satuan material
- c. Menghitung persentase biaya sisa material
Persentase biaya sisa material = $\frac{\text{BiayaSisaMaterial}}{\text{TotalBiayaMaterial}} \times 100\%$
- d. Menghitung persentase total biaya sisa material terhadap total biaya proyek
Persentase total = $\frac{\text{TotalBiayaSisaMaterial}}{\text{TotalBiayaProyek}} \times 100\%$

Dan untuk menentukan penyebab *waste material* menggunakan metode *Fault tree analysis*. *Fault tree analysis* adalah suatu analisis yang menfokuskan pada kegagalan sistem dan menyediakan metoda untuk menentukan penyebab peristiwa terjadinya suatu kejadian yang tidak diinginkan/diharapkan. FTA bertujuan untuk mengidentifikasi kombinasi kegagalan atau kesalahan peralatan yang dapat menimbulkan kerugian. Merupakan teknik deduktif yang menggunakan logika Boolean (*AND gates, OR gates*) untuk menguraikan penyebab suatu *top event* kedalam kesalahan manusia dan kegagalan peralatan (*basic event*). *Top event* adalah situasi penuh resiko yang teridentifikasi secara spesifik. Suatu model pohon kesalahan dapat digunakan untuk menghasilkan daftar kombinasi kegagalan yang dapat menyebabkan *top event* (peristiwa puncak).

Analisa kuantitatif dengan metoda FTA menghasilkan *output* :

1. Diagram logik yang detail berdasarkan kesalahan komponen yang mendasar.
2. Probabilitas kejadian secara numerik pada *hazard condition*.
3. Matrik kesalahan yang detail berdasarkan semua kesalahan dasar, kejadian kritis, inspeksi, *quality control* dan sebagainya.

Tujuan dari penggunaan FTA adalah :

1. Untuk mengidentifikasi kombinasi kegagalan peralatan dan kesalahan manusia yang dapat menyebabkan terjadinya kejadian yang tidak dikehendaki.
2. Untuk memprediksi kombinasi kejadian yang tidak dikehendaki, sehingga dapat dilakukan koreksi untuk meningkatkan *product safety* serta memperkecil *plant failure* dan *plant injuries*

Struktur dari *RootCause* akan menjelaskan bagaimana kejadian yang tidak diinginkan disebabkan oleh kegagalan pada *Level* bawah baik secara individu maupun bersamaan. *Root cause analysis* adalah sebuah metode yang dapat membantu menjelaskan :

- a. Apa yang terjadi ?
- b. Bagaimana bisa terjadi ?

c. Mengapa itu terjadi ?

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Besarnya Biaya Waste Material Pada Proyek Kantor dan Rumah Dinas Gilingan, Jagalan, dan Kauman dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 1. Perhitungan Biaya Sisa Material Gilingan

No	Jenis Material	Stok Material	Material Yang Terpakai	Sisa Material	Biaya Sisa Material	Persentase Biaya Sisa Material
1	Batu Bata	40.000 buah	39.753 buah	247 buah	Rp. 123.500,-	5,893 %
2	Pasir	35 m ³	34,5088 m ³	0,4912 m ³	Rp. 57.569,-	2,747 %
3	Kapur	7,56 m ³	7,2918 m ³	0,2682 m ³	Rp. 63.857,-	3,047 %
4	Semen	6,36 m ³	6,2288 m ³	0,1312 m ³	Rp. 495.000,-	23,622 %
5	Kerikil	14 m ³	11,888 m ³	2,112 m ³	Rp. 363.264,-	17,335 %
6	Besi D16	2660 kg	2574,5767 kg	85,423 kg	Rp. 726.098,-	34,651 %
7	Besi D12	1819 kg	1796,7881 kg	22,2119kg	Rp. 188.802,-	9,010 %
8	Besi Sengkang Ø 10	1480 kg	1470,9 kg	9,1 kg	Rp. 77.350,-	3,691%
		Jumlah			Rp. 2.095.440	100%

Tabel 2. Perhitungan Biaya Sisa Material Jagalan

No	Jenis Material	Stok Material	Material Yang Terpakai	Sisa Material	Biaya Sisa Material	Persentase Biaya Sisa Material
1	Batu Bata	41.000 buah	40.542 buah	458 buah	Rp. 229.000,-	10,12 %
2	Pasir	45 m ³	42.7641m ³	2,2359 m ³	Rp. 262.719,-	11,61 %
3	Kapur	7,56 m ³	7,4364 m ³	0,1236 m ³	Rp. 29.429,-	1,30 %
4	Semen	7,68 m ³	7,5621 m ³	0,1179 m ³	Rp. 356.156,-	15,740 %
5	Kerikil	16 m ³	14,3350 m ³	1,665 m ³	Rp. 286.380,-	11,861 %
6	Besi D16	1615 kg	1546,182 kg	68,818 kg	Rp. 584.953,-	25,852 %
7	Besi D12	535 kg	501,8288 kg	33,1712 kg	Rp. 281.956,-	12,461 %
8	Besi Sengkang Ø 10	1184 kg	1156,6954 kg	27,3046kg	Rp. 232.090,-	10,257 %
		Jumlah			Rp.2.262.683,-	100 %

Tabel 3. Perhitungan Biaya Sisa Material Kauman

No	Jenis Material	Stok Material	Material Yang Terpakai	Sisa Material	Biaya Sisa Material	Persentase Biaya Sisa Material
1	Batu Bata	51.700 buah	51.393 buah	458 buah	Rp. 176.525,-	6,817 %
2	Pasir	50 m ³	46,8356 m ³	2,2359 m ³	Rp. 371.817,-	14,358 %
3	Kapur	10,08 m ³	9,8310 m ³	0,1236 m ³	Rp. 59.286,-	2,289 %
4	Semen	7,92 m ³	7,7616 m ³	0,1179 m ³	Rp. 478.500,-	18,478 %
5	Kerikil	14 m ³	11,8880 m ³	1,665 m ³	Rp. 363.264,-	14,028 %
6	Besi D16	1710 kg	1679,9625 kg	68,818 kg	Rp. 255.318,-	9,856 %
7	Besi D12	535 kg	501,8288 kg	33,1712 kg	Rp. 281.955,-	10,888%
8	Besi Sengkang Ø 10	1258 kg	1156,6954 kg	70,9159kg	Rp. 602.785,-	22,278 %
		Jumlah			Rp. 3.151.142	100 %

Tabel 4. *Top event*, Pengelompokan sisa material berdasar kejadian

	Top Event (1)	Konsekuensi		Frekuensi		Tingkat Risiko (6)	
		Biaya (2)	Skala (3)	Jumlah (4)	Skala (5)		
	T1	Batu bata	Rp 123.500	1	0,000457	3	3
	T2	Pasir	Rp 57.569	2	0,000833	3	6
	T3	Kapur	Rp 63.857	1	0,000023	2	2
	T4	Semen	Rp 495.000	3	0,000057	2	8
	T5	Kerikil	Rp 363.264	2	0,000342	3	6
	T6	Besi D 16	Rp 726.098	2	0,002667	4	8
	T7	Besi D 12	Rp 188.802	2	0,001468	4	8
	T8	Besi Sengkang Ø 10	Rp 77.350	4	0,001245	4	16

Tabel 5. Analisa Skala Tingkat Risiko

	Top Event	Tingkat Risiko	Skala Tingkat Risiko
T1	Batu bata	3	LowRisk
T2	Pasir	6	Moderate Risk
T3	Kapur	2	LowRisk
T4	Semen	8	Moderate Risk
T5	Kerikil	6	Moderate Risk
T6	Besi D 16	8	High Risk
T7	Besi D 12	8	High Risk
T8	Besi Sengkang Ø 10	16	Signifikan

Penyebab Sisa Material Desain

- Adanya perubahan desain dari pengembang disebabkan perencanaan yang kurang sempurna dan adanya perubahan desain dari pembeli
- Informasi gambar yang kurang/ tidak jelas menyebabkan kontraktor salah dalam pengadaan material
- Gambar kerja yang sulit dipahami

Pengadaan material

- Tidak sesuai spesifikasi karena ketidaktelitian / kecerobohan
- Pemesanan material melebihi kebutuhan
- Rusaknya material pada waktupembelian atau saat pengiriman

Penanganan material

- Meletakkan material tidak pada tempat semestinya menyebabkan material tersebut berkurang Contoh : Pasir terkena hujan menyebabkan pasir tersebut hilang atau bersatu dengan tanah
- Ketidaktelitian memeriksa material dari supplier menyebabkan material yang diterima ada yang rusak/cacat

Pelaksanaan

- Pekerja yang kurang berpengalaman atau ceroboh yang menyebabkan material tercecer pada saat Pemasangan batu bata, Plesteran dan Pengecoran beton
- Pemotongan material tidak sesuai rencana yang menyebabkan material terbuang sia – sia

Meminimalisasi Sisa Material Pasir

- Digunakan kembali menjadi adonan beton
- Sebagai urugan lantai, atau lantai kerja

- c) Untuk pekerjaan jalan
- d) Pemasangan halaman
- e) Digunakan kembali sesuai dengan jenis pasir tersebut misalnya pasir urug,

Sisa material pasir ini termasuk material “good waste” yang artinya dapat di gunakan kembali seluruhnya, karena yang tersisa maupun tercecer menjadi sesuatu yang berguna baik pada pekerjaan selanjutnya ataupun dikirim ke proyek lain maupun untuk pekerjaan jalan lantai kerja untuk material pasir yang tercecer.



Gambar 1. Sisa material pasir

Besi

- a. Digunakan pada pekerjaan pembesian selanjutnya
- b. Dibuat sebagai penunjang pekerjaan lainnya
- c. Kebanyakan besi tersisa dengan panjang kecil dibuat ring balok, dudukan sloop dll
- d. Dikirim ke Proyek lain yang masih satu kontraktor

Material besi ini termasuk material “good waste” dan “bad waste” yang artinya dapat digunakan kembali pada pekerjaan selanjutnya dan ada yang dibuang karena ukuran yang tidak sesuai lagi dengan keperluan. Sisa material besi beton termasuk *direct waste* karena secara fisik sisa dari material ini terlihat dan mempengaruhi lingkungan. Namun pada proyek besar pengolahan pembesian dilakukan lebih profesional dengan tujuan efisiensi pemakaian, contohnya dengan alat pengolah besi beton yaitu *stirup bender*.



Gambar 2. Sisa material besi

Semen

- a. Digunakan kembali menjadi adonan beton
- b. Digunakan untuk pekerjaan plesteran

Semen, pasir, dan batu pecah selalu dipakai bersamaan baik dalam bentuk campuran beton maupun dalam bentuk campuran mortar, namun sisa material pasir menunjukkan kuantitas sisa material yang jauh lebih besar dari pada semen dan batu pecah, hal ini disebabkan karena kuantitas sisa material pasir juga terjadi karena tercecer, terbawa air hujan, dan bercampur dengan tanah.



Gambar 3. Sisa material semen

SIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi perhitungan sisa material (*waste*) pada bagian pondasi beberapa Proyek Gedung Kantor Kelurahan dan Rumah Dinas di daerah Surakarta :

1. Jumlah biaya dan persentase biaya sisa material (*waste cost*) :
 - Gilingan : Rp. 2.095.440,-
 - Jagalan : Rp. 2.262.683,-
 - Kauman : Rp. 2.589.450,-Penyebab Terjadinya Waste Material pada proyek Gedung Kantor Kelurahan dan Rumah Dinas di daerah Surakarta dapat disimpulkan sebagai berikut :
 - 1) Desain
 - a. Adanya perubahan disain gambar konstruksi
 - b. Gambar kerja yang sulit dipahami
 - 2) Pengadaan Material
 - a) Tidak sesuai spesifikasi karena ketidaktelitian / kecerobohan
 - b) Pemesanan material melebihi kebutuhan
 - c) Rusaknya material pada waktu pembelian atau saat pengiriman
 - 3) Penanganan Material
 - a) Tidak meletakkan material pada tempat semestinya yang menyebabkan material berkurang. Contoh : Pasir terkena hujan menyebabkan pasir tersebut hilang atau bersatu dengan tanah
 - b) Ketidak – telitian memeriksa material dari supplier yang menyebabkan material yang diterima rusak atau cacat
 - 4) Pelaksanaan
 - a) Pekerja yang kurang berpengalaman atau ceroboh yang menyebabkan material tercecer pada saat Pemasangan batu bata, Plesteran dan Pengecoran beton
 - b) Pemotongan material tidak sesuai rencana yang menyebabkan material terbuang sia – sia
2. Biaya sisa material (*waste cost*) terbesar selama pelaksanaan proyek berasal dari material Besi D16 Kelurahan Kauman sebesar 34,651 % atau senilai Rp 726.098,-. Hal tersebut terjadi dikarenakan pada saat pengadaan material terlalu banyak
3. Faktor-faktor yang berpengaruh menyebabkan *waste* material adalah *man, measures, management, machines, material, dan environment*. Untuk meminimalisirnya dapat dilakukan pengarahaan terhadap point – point tersebut diantaranya :
 - a) *Man*
 - a. Menyeleksi pekerja pekerja bangunan yang berpengalaman atau yang sudah terpercaya handal dalam mengetahui pekerjaan masing masing
 - b) *Measures*
 - a. Dilakukan pengukuran yang tepat antara pengukuran dilapangan dan material yang dibutuhkan agar tidak terjadi sisa material (*Waste*)
 - c) *Management*
 - a. Melakukan pengawasan yang rinci saat pelaksanaan konstruksi
 - b. Penyimpanan material harus aman atau diletakkan pada tempat yang khusus agar
 - c. terhindar dari kerusakan material yang menyebabkan (*waste*)

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Widi Hartono, ST, MT dan Ir. Sugiyarto, MT yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

Bossink, B. A. G., and Brouwers, H. J. H., *Construction waste: Quantification and source evaluation, Journal of Construction Engineering and Management*, March 1996. pp. 55–60.

Dobler, D.W., Burt, D.N., and Lee, Lamar Jr, *Purchasing And Materials Management*, McGraw-Hill Book Company., 1990.

Budiadi, Yohanes. 2008. *Evaluasi Faktor Penyebab, Kuantitas, Akibat dan Tindak Lanjut terhadap Sisa Material pada Proyek Rumah Tinggal*. Tesis, Universitas Kristen Petra Surabaya.

Farmoso, C.T., et al., *Material waste in building industry: Main causes and prevention*, *Journal of Construction Engineering and Management*, Agustus 2002, pp. 316–325.

Gavilan, R. M., and Bernold, L. E., *Source Evaluation of Solid Waste in Building Construction*, *Journal of Construction Engineering and Management*, September 1994. pp. 536 – 552.

Haposan, Jermias. 2009. *Identifikasi Material Sisa pada Proyek Ruko San Diego Pakuwon City Surabaya*. Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Intan, Suryanto. *Analisa dan evaluasi sisa material konstruksi: Sumber penyebab, Kuantitas, dan Biaya. Dimensi Teknik Sipil*, Maret 2005. Vol.7. No.1. pp.36–45.

Loosemore, M., and Teo, M.M.M., *A Theory of waste behaviour in the construction industry*, *Journal construction management and economics*, Mei 2001. pp. 741-751.

Nugraha, Paulus; Natan, Ishak. 1985. *Manajemen Proyek Konstruksi Jilid 1*, Kartika Yuda.

Rahim, Irwan Ridwan. 2001. *Penilaian Sisa Material pada Pelaksanaan Proyek Perumahan (Studi Kasus: Pembangunan Rumah Di Kawasan Tanjung Bunga, Makassar)*. Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Sari, Ika Destiana. 2006. *Analisa dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi pada Pembangunan Ruko di Kota Malang*. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Malang.

Skoyles, E.F., *Material wastage: A misuse of resources*, *Building Research and Practice*, July/April 1976, pp. 232–243.

Stuckhart, George., *Construction Materials Management*, Marcel Dekker, Inc., 1995.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., and Vigil, S.A., *Integrated solid management*, McGraw-Hill. Inc., New Jersey. 1993.

Thomas, H.R., Sanvido, V.E., and Sanders, S.R., “Impact of material management on productivity—A case study”, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE 115 (3), 1989. pp. 370–384.

Widjaja, Katarina Raninda. 2008. *Penanganan Kontraktor terhadap Direct Waste Material pada Proyek Konstruksi di Surabaya*. Skripsi, Universitas Kristen Petra Surabaya.