

Analisis dan Evaluasi Sisa Material Kontruksi Menggunakan FTA (*Fault Tree Analysis*) Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung ICU RSUD Limpung Kabupaten Batang

Diah Rahmawati¹, Ferry Firmawan², M Bagas Auliya³, Dwiky Martiano⁴,

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Semarang

¹ diahrahma92@yahoo.com, ² drferryfirm@usm.ac.id, ³ bagas.auliya7@gmail.com, ⁴ dwikymartiano@gmail.com

Abstract

The rest of the construction material is common occurs in building construction project work, the presence of residual construction materials is unavoidable on construction project work, waste materials construction is also called construction waste can have a negative impact on the environment building construction projects, be it work demolition, renovation, or work related to building construction, research This method uses the Fault Tree Analysis (FTA) method. to analyze the cause of the remaining material occur. As for the type of material being researched, it is brick red, sand, cement, concrete, D16 reinforcing steel, and iron reinforcement 10. The results of the calculation of the cost of the remaining materials red brick Rp. 402,600, sand Rp. 3,137,600, cement Rp. 179.200, concrete Rp. 4,304,325, D16 steel reinforcement Rp. 22,459,110, and reinforcing steel 10 Rp. 3,886,613, from As a result, the largest residual material cost is iron reinforcement D12 and the smallest residual material cost is red brick materials.

Keywords: Waste Material, Cost Material, Fault Tree Analysis

1. Pendahuluan

Material adalah salah satu komponen yang sangat penting dan harus diperhatikan dalam proses pembangunan sebuah proyek konstruksi karena material sangat mempengaruhi nilai anggaran biaya proyek, persentasenya cukup besar dari nilai anggaran biaya proyek, secara tidak langsung material mempunyai peranan penting dalam keberhasilan pembangunan proyek konstruksi, apabila perhitungan penggunaan material tepat maka sisa material konstruksi akan sedikit tetapi sebaliknya apabila perhitungan penggunaan material tidak tepat maka akan banyak sisa material konstruksi. Sisa material konstruksi adalah masalah yang serius dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Usaha-usaha untuk meminimalisir sisa material membantu mengurangi dampak negatif yang terjadi terhadap lingkungan.

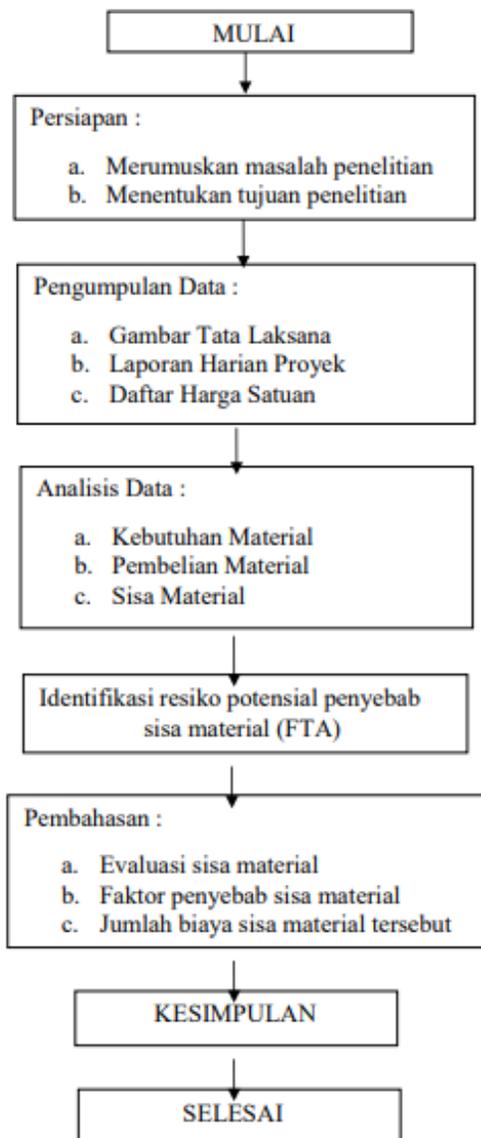
Fault Tree Analysis (FTA) ialah metode analisis menggunakan model grafis digunakan untuk menunjukkan analisis proses secara visual. Fault Tree Analysis (FTA) memungkinkan untuk mengidentifikasi kejadian gagal menggunakan nilai probabilitas kegagalan. (Dewi dan Dewa 2005).

SIMBOL	ARTI
	<i>Basic Event</i> , dasar inisiasi kesalahan yang tidak membutuhkan pengembangan yang lebih jauh.
	Gerbang AND, kesalahan muncul akibat semua input masalah yang terjadi.
	<i>External Event</i> , event yang diekspektasikan muncul.
	<i>Undevelopment Event</i> , event yang tidak dapat dikembangkan lagi karena informasi tidak tersedia.
	Gerbang OR, kesalahan muncul akibat salah satu input masalah yang terjadi.
	<i>Conditioning</i> , eventy kondisi specifiy yang dapat diterapkan ke berbagai gerbang logika.
	<i>Transfer In/Out</i> , <i>Transfer In</i> mengartikan bahwa <i>fault tree analysis</i> akan dikembangkan lebih dalam, <i>transfer out</i> biasanya disimbolkan dengan kode ataupun angka.

Gambar 1. Simbol dalam *Fault Tree Analysis*

2. Metodologi

Data penelitian yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer di dapat dari survei lapangan yang dilaksanakan pada lokasi penelitian yaitu pada Proyek Pembangunan Gedung ICU RSUD Limpung. Data yang diperlukan yaitu data kebutuhan material, data pembelian material, data kuantitas sisa material, data presentase total sisa material. Sedangkan data sekunder yang diperlukan yaitu peta wilayah dan data volume material rata-rata. Untuk tahapan penelitian dapat di lihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.1 Data Penelitian

Aktivitas penelitian tidak bisa terlepas dari keberadaan info yang merupakan bahan utama untuk membuat suatu gambaran yang spesifik dan detail tentang objek penelitian. Data merupakan fakta yang empirik yang dikumpulkan untuk memecahkan suatu masalah atau menjawab pertanyaan penelitian. Untuk dapat menuntaskan analisis tersebut dibutuhkan data teknis yang berkaitan langsung dengan proyek. Data penelitian yang diperlukan yaitu gambar tata laksana (*as built drawing*) dan rencana anggaran biaya.

2.2 Analisis Data Penelitian

Pada dasarnya proses analisis data dimulai dari mengolah data secara keseluruhan yang telah tersedia dari berbagai macam sumber baik dari pengamatan, atau wawancara, catatan laporan dilapangan kemudian dipelajari, maka penelitian yang akan dilakukan melalui cara berikut :

- a. Menghitung kebutuhan material
Langkah pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi setiap item pekerjaan dan jenis material yang digunakan, kemudian menghitung kuantitas kebutuhan material berdasarkan gambar kondisi (*as built drawing*).
- b. Menghitung Pembelian Material
Pembelian material dihitung berdasarkan laporan harian proyek sehingga dapat diketahui jumlah material yang didatangkan setiap hari selama masa pelaksanaan proyek, termasuk stok material terakhir yang disimpan. Setiap angka pembelian dijumlahkan menurut kolom jenis material masing-masing.
- c. Menghitung Sisa Material
Sisa material adalah kelebihan kuantitas material yang digunakan yang tidak menambah nilai (*value*) suatu pekerjaan.

2.3 Tahap Pembahasan

Langkah yang dilakukan adalah membahas hasil penelitian mengenai evaluasi sisa material dan faktor penyebab sisa material pada proyek yang ditinjau menggunakan *Fault Tree Analysis* yang

dapat diketahui atau dipelajari dari permasalahan sebelumnya baik itu kerusakan maupun kecelakaan yang pernah terjadi.

Langkah-langkah yang dapat dilakukan menggunakan Fault Tree Analysis adalah sebagai berikut :

- a. Identifikasi dan mendefinisikan secara jelas output yang tidak sesuai.
- b. Mengumpulkan data dan mengidentifikasi fakta dari hasil yang tidak diinginkan.
- c. Menciptakan suatu jarak waktu.
- d. Tempatkan suatu keadaan dan kondisi pada sebuah causal factor tree.
- e. Gunakan Fault Tree atau metode lain untuk mengidentifikasi semua penyebab potensial.
- f. Memecah kegagalan sistem sampai ke dasar kejadian/kondisi (level terendah dari suatu event).
- g. Mengidentifikasi secara spesifik penyebab kerusakan.
- h. Memeriksa perkiraan dan fakta secara menyeluruh dengan melihat penyebab yang potensial.
- i. Eliminasi item yang tidak menjadi penyebab atau memberi kontribusi pada faktor.
- j. Menghasilkan solusi yang berhubungan antara penyebab dan akar penyebab kegagalan

Pada penelitian ini penulis tidak menghitung semua kebutuhan material yang pada Proyek Pembangunan Gedung ICU RSUD Limpung

Kabupaten Batang, maka dari itu penulis mengambil sampel kebutuhan material kolom dan dinding dalam penelitian ini, karena menurut penulis pada bagian pembuatan kolom dan dinding adalah bagian yang paling berpotensi mengakibatkan banyak sisa material yang terjadi

3. Hasil dan Analisa

3.1. Data Sisa Material

Data Proyek :

- a. Nama Proyek :
Pembangunan Gedung ICU RSUD Limpung Kabupaten Batang
- b. Lokasi Proyek :
Jl. Dr. Sutomo No. 17A, Sikidang, Limpung, Kabupaten Batang, Jawa Tengah.
- c. Kontraktor :
PT. Artadinata Azzahra Sejahtera
- d. Konsultan :
PT. Maksi Solusi Engineering
- e. Nilai Kontrak :
Rp. 8.129.564.000.00,-
- f. Jumlah Lantai :
3 Lantai

Volume material yang diteliti diperoleh dari perhitungan menggunakan gambar desain setelah itu disamakan dengan volume rencana anggaran biaya yang sudah disetujui semua pihak, volume rencana anggaran biaya dikurangi dengan volume gambar desain, didapatkan volume sisa material, untuk hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Biaya Sisa Material

Material	Pembelian Material	Kebutuhan Material	Sisa Material	Harga Sisa Material	Persentase Harga Sisa Material
Bata Merah	22978 buah	22246 buah	732 buah	Rp. 402.600	1,17 %
Semen	8247 kg	8119 kg	128 kg	Rp. 179.200	0,52 %
Pasir	45,70 m ³	30,018 m ³	15,688 m ³	Rp. 3.137.600	9,13 %
Beton	55,19 m ³	50,250m ³	4,948 m ³	Rp. 4.304.325	12,52 %
Tulangan D16	7551,78 kg	6011,84 kg	1539,93 kg	Rp. 22.459.110	65,35 %
Tulangan Ø	4380,42 kg	3709,35 kg	671,07 kg	Rp. 3.886.613	11,31 %
Jumlah				Rp. 34.369.448	

3.2. Menentukan Top Event

Langkah pertama yang harus dilakukan untuk membuat fault tree analysis yaitu menentukan top event. Top event yaitu pokok permasalahan yang akan diidentifikasi secara spesifik dalam hal ini adalah sisa material seperti pada Tabel 2. Untuk pemetaan matriks risiko dapat dilihat pada Tabel 3. Dari hasil analisa tingkat resiko, sisa material beton, besi tulangan D16,

dan besi tulangan Ø10 merupakan sisa material yang masuk kategori signifikan dengan skala tingkat resiko untuk beton 15, besi tulangan D16 20, besi tulangan Ø10 20. Sisa material pasir masuk kategori resiko tinggi dengan skala tingkat resiko 9. Sedangkan sisa material bata merah dan semen masuk kategori sisa material resiko rendah dengan skala tingkat resiko untuk bata merah dan semen adalah 3 data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Top Event Perhitungan Biaya Sisa Material

Top Event	Biaya	Skala Biaya	Skala Frekuensi	Tingkat Risiko
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
T.1 Bata merah	Rp. 402.600	1	3	3
T.2 Semen	Rp. 179.200	1	3	3
T.3 Pasir	Rp. 3.137.600	3	3	9
T.4 Beton	Rp. 4.304.325	4	3	12
T.5 Tulangan D16	Rp. 22.459.110	5	4	20
T.6 Tulangan Ø	Rp. 3.886.613	4	4	16

Tabel 3. Matriks Risiko

Skala Frekuensi \ Skala biaya	(1) Low	(2) Minor	(3) Moderate	(4) Major	(5) Critical
(5) Sering sekali	T.1 & T.2		T.3	T.4	T.5
(4) Sering					
(3) Sedang	T.1 & T.2		T.3	T.4	T.5
(2) Jarang					
(1) Sangat jarang	T.1 & T.2		T.3	T.4	T.5
(1) Sangat jarang					

3.3 Faktor Penyebab Sisa Material

Setelah mengetahui hasil penelitian (*top event*), langkah selanjutnya adalah mencari yang menjadi kemungkinan penyebab yang dapat timbul akibat adanya sisa material. Faktor-faktor penyebab terjadinya kesalahan sisa material tersebut terdiri dari dua faktor yaitu, intermediate event dan basic event. Dimana intermediate event adalah suatu kondisi yang masih kemungkinan untuk ditelusuri lagi penyebab lainnya yang dihubungkan dengan menggunakan gerbang logika (*logic gate*). Basic event adalah kondisi penyebab sisa material yang paling dasar sehingga sudah tidak memungkinkan lagi untuk diidentifikasi dan ditelusuri lagi penyebab lainnya. Tujuan mengidentifikasi intermediate event dan basic event adalah untuk menggambarkan pohon kesalahan yang terstruktur, diantara penyebab yang satu dengan penyebab lainnya sehingga diketahui kemungkinan terjadinya kecelakaan secara sistematis

Intermediate event dari masing-masing penyebab (*waste*) material untuk tahap pertama pada umumnya dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Faktor Manusia
 - Kurangnya Pengetahuan
 - Kurangnya Pengalaman dalam bekerja
 - Tidak serius dalam bekerja
 - Waktu bekerja belum lama
 - Lalai dalam melaksanakan pekerjaan
 - Tidak melakukan sesuai prosedur
- b. Faktor Pengukuran
 - Tidak teliti dalam perhitungan
 - Pengukuran dilapangan tidak sesuai perhitungan
- c. Faktor Manajemen
 - Intruksi tidak jelas dari atasan
 - Kurangnya Pengawasan dalam bekerja
- d. Faktor pelaksanaan
 - Material tercecer saat pemasangan
 - Pekerja yang ceroboh
 - Pekerja yang kurang pengalaman
 - Koordinasi kurang
 - Mandor yang kurang disiplin
 - Peralatan yang tidak berfungsi sebagaimana mestinya
 - Alat konslet
 - Alat aus
 - Voltase naik turun
 - Sisa material tidak dapat dipakai

- Pemotongan material yang tidak sesuai dengan rencana
- Pemotongan mengikuti desain m. Pekerja kurang teliti n. Perubahan desain yang mendada

Jenis material yang akan di teliti berdasarkan metode Fault Tree Analysis pada Proyek Pembangunan Gedung ICU RSUD Limpung dimana diperoleh 5 jenis sisa material untuk pembangunan Gedung ICU ini yaitu bata merah, semen, pasir beton, dan besi tulangan. Dari beberapa hasil tersebut yang paling dominan adalah sisa material besi tulangan yaitu dengan harga sisa Rp 22.459.110,- menurut skala resiko sisa material besi tulangan D16 20, besi tulangan Ø10 20 dan besi tulangan Ø10 yang sangat signifikan atau sangat besar dengan nilai resikonya dikarenakan pada saat pengadaan material dan pemasangan besi tulangan tidak teliti dan saat pemotongan besi yang tidak sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sehingga menyebabkan sisa material berlebihan. Sisa material bata merah, beton, dan pasir masuk kategori sisa material resiko tinggi dengan nilai resikonya 6. Sedangkan semen masuk sisa material dengan resiko rendah dengan nilai tingkat resiko 3.

3.4 Meminimalisir Sisa Material

- a. Pasir

Sisa material pasir ini termasuk material “*good waste*” yang berarti dapat digunakan kembali keseluruhannya, karena yang tersisa menjadi yang berguna baik pada pekerjaan selanjutnya ataupun digunakan di proyek lain dan bisa digunakan untuk perkerasan jalan maupun lantai kerja untuk material pasir yang tercecer. Berikut cara meminimalisir pasir:

 - Pemadatan halaman.
 - Untuk pekerjaan jalan.
 - Sebagai urugan lantai, atau lantai kerja.
 - Digunakan kembali menjadi adonan beton.
 - Digunakan kembali sesuatu dengan jenis pasir tersebut.
- b. Besi Tulangan

Material besi tulangan termasuk material “*good waste*” dan “*bad waste*” yang berarti dapat digunakan kembali pada pekerjaan selanjutnya dan ada yang dibuang atau dirongsokkan karena ukuran yang tidak sesuai

dengan keperluan. Sisa material besi tulangan termasuk direct waste karena secara fisik sisa material ini terlihat dan dapat mempengaruhi lingkungan proyek. Berikut cara meminimalisir besi tulangan:

- Kebanyakan besi tersisa dengan panjang kecil dibuat ring balok, dudukan dan lain lain.
- Digunakan di proyek lain yang masih satu kontraktor.
- Digunakan pada pekerjaan pembesian selanjutnya.
- Dibuat sebagai penunjang pekerjaan lainnya.

c. Semen

Semen, pasir, dan batu pecah selalu digunakan bersamaan baik dalam campuran beton maupun dalam campuran mortar. Namun sisa material pasir menunjukkan kuantitas sisa material yang lebih besar daripada semen dan batu pecah, hal ini disebabkan karena kuantitas sisa material pasir juga terjadi karena tercecer, terbawa air hujan, dan tercampur dengan tanah. Berikut cara meminimalisir semen:

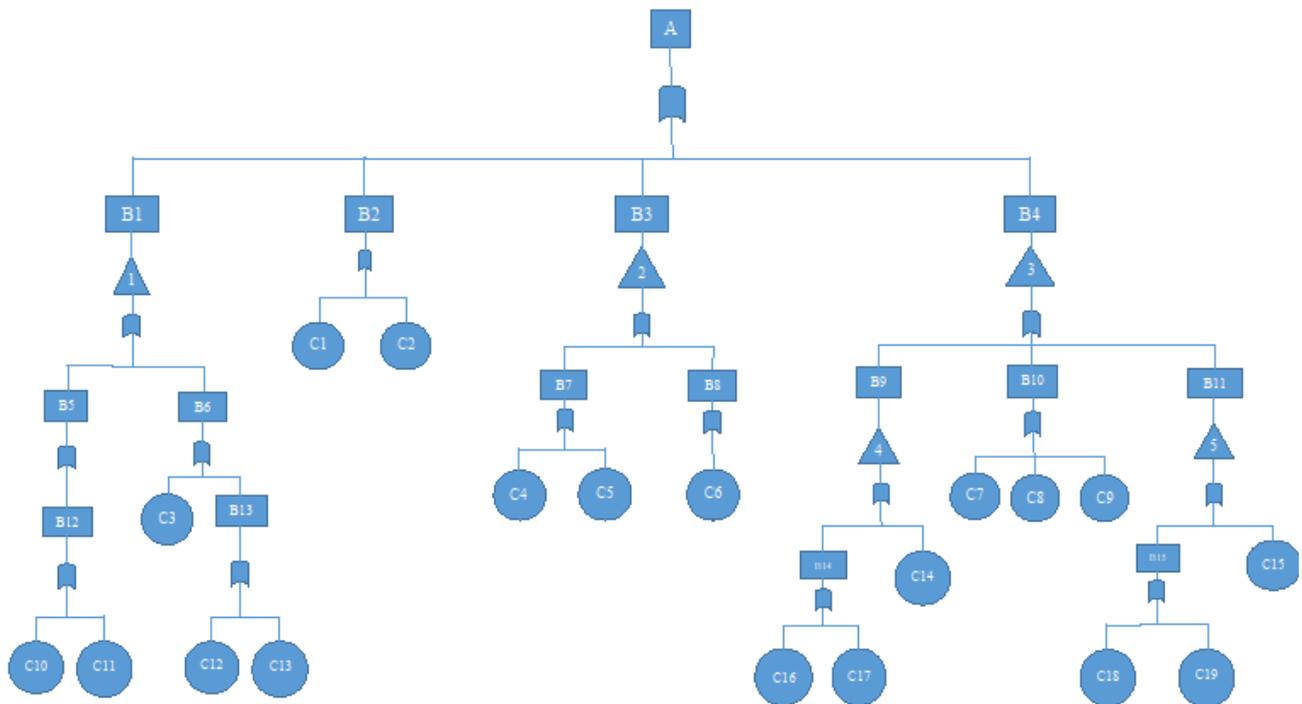
- Digunakan kembali menjadi adonan beton.
- Digunakan untuk dalam pekerjaan plesteran.

d. Bata Merah

Pecahan bata merah digunakan untuk material bahan urugan karena mempunyai nilai ekonomis rendah setelah menjadi *waste*, biasanya digunakan sebagai bahan tambahan saja sebagai bahan tambah urugan ataupun bisa digunakan sebagai bahan campuran acian.

e. Beton

Penanganan yang ceroboh oleh pekerja disebabkan karena kurang pengalaman menyebabkan material tercecer, misalnya pada saat menuangkan beton ready mix ke dalam bekisting, mengangkut mortar dari tempat percampuran ke tempat pelaksanaan. Sebagian besar dalam bentuk fisik di lapangan yang telah rusak tidak dapat diperbaiki sehingga tidak dapat digunakan lagi. Untuk keterangan nama kejadian pada model grafis FTA Tiang Pancang dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 3. Model Grafis *Fault Tree Analysis* Sisa Material

Tabel 3. Keterangan tiap kejadian atau event pada model grafis *Fault Tree Analysis* Tiang Pancang

Event	Keterangan	Event	Keterangan
A	Sisa Material	C3	Tidak bekerja
B1	Faktor Manusia	C4	Kurang pengetahuan
B2	Faktor pengukuran	C5	Intruksi tidak jelas
B3	Faktor manajemen	C6	Kurang jumlah petugas
B4	Faktor pelaksanaan	C7	Alat konslet
B5	Tidak sesuai prosedur	C8	Voltase naik turun
B6	Lalai dalam bekerja	C9	Alat aus
B7	Kesalahan prosedur	C10	Kurang jumlah petugas
B8	Kurang pengawasan	C11	Tekanan produksi
B9	Material tercecer saat pemasangan	C12	Kurang pengetahuan
B10	Peralatan tidak berfungsi	C13	Waktu bekerja belum lama
B11	Sisa material tidak bisa dipakai	C14	Pekerja kurang pengalaman
B12	Kurang pengawasan	C15	Pemotongan mengikuti desain
B13	Kurang pengalaman	C16	Mandor kurang disiplin
B14	Pekerja yang ceroboh	C17	Koordinasi kurang
B15	Pemotongan material tidak sesuai rencana	C18	Perubahan desain mendadak
C1	Kurang teliti	C19	Pekerja kurang teliti
C2	Tidak sesuai hitungan		

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi perhitungan sisa material (waste) pada bagian pondasi Proyek Pembangunan Gedung ICU RSUD Limpung:

- a. Hasil analisa dan evaluasi perhitungan sisa material (waste) yang paling dominan pada proyek ini adalah besi beton, keramik lantai dan beton
- b. Faktor-faktor yang menyebabkan sisa material konstruksi besi beton adalah
 - Desain
 - a) Adanya perubahan dari pengembang disebabkan perencanaan yang kurang sempurna.
 - b) Informasi gambar yang kurang jelas
 - Pengadaan material
 - a) Tidak sesuai spesifikasi karena ketidaktelitian.

- b) Pemesanan material melebihi kebutuhan.
- Penanganan Material
 - a) Meletakkan material tidak pada tempat semestinya menyebabkan material berkurang.
 - b) Ketidaktelitian memeriksa material dari supplier menyebabkan material yang di terima rusak.
- Pelaksanaan

Pekerja yang kurang berpengalaman menyebabkan kesalahan pemotongan material

Ucapan Terimakasih

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada Bapak/Ibu Dosen Pembimbing dan teman-teman Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Semarang serta semua pihak yang telah banyak membantu kelancaran selesainya penelitian ini

Daftar Pustaka

Asiyanto, 2010, Manajemen Produksi Untuk Jasa Konstruksi, PT. Pradnya Paramita. Jakarta

Dewi, L.T., dan Dewa, P.K., 200, Implementasi Fault Tree Analysis Pada Sistem Pengendalian Kualitas Prosiding Seminar Nasional II, Forum Komunikasi Teknik Industri, Yogyakarta Rumangun, Maret, 2009, Manajemen Material Pada Proyek Kontruksi Di Daerah Maluku Tenggara, Jurnal Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Dirga Putra Sitepu, Ir. Syahrizal, M.T., Rezky Ariessa Dewi, S.T, M.T. Analysis Of Material Waste By Using Fault Tree Analysis Method (Case Study: Project Development Of Asuransi Jasa Indonesia In Pematang Siantar).

Ervianto, Wulfarm I, 2004, Manajemen Proyek Kontruksi, Andi, Yogyakarta. Hanif Nursyahban, Kartika Puspa Negara, Achfas Zacoeb, 2016, Analisis dan Evaluasi sisa material kontruksi menggunakan FTA (Fault Tree Analysis), Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Pasca Sarjana Universitas Islam Malang, Jurnal Universitas Brawijaya Malang.