

**ANALISIS DAN EVALUASI SISA MATERIAL MENGGUNAKAN
FAULT TREE ANALYSIS (FTA)
(STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG
PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM MALANG)**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**HANIF NURSYAHBANI
NIM. 125060100111066**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**



LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS DAN EVALUASI SISA MATERIAL KONSTRUKSI
MENGUNAKAN *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA)
(STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG
PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM MALANG)**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**HANIF NURSYAHBANI
NIM. 125060100111066**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 1 Agustus 2016

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Kartika Puspa Negara, ST., MT
NIP. 840908 06 1 2 0075

Dr.Eng. Achfas Zacoeb, ST., MT.
NIP. 19751122 199903 1 003

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr.Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng.
NIP. 19810220 200604 1 002

HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

Judul Skripsi:

Analisis dan Evaluasi Sisa Material Menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang)

Nama Mahasiswa : Hanif Nursyahbani

NIM. : 125060100111066

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Manajemen Konstruksi

Tim Dosen Penguji :

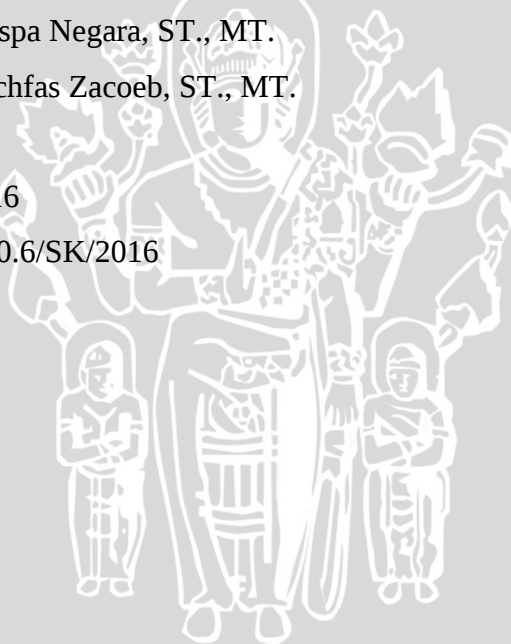
Dosen Penguji 1 : M. Hamzah Hasyim, ST., M.EngSc.

Dosen Penguji 2 : Kartika Puspa Negara, ST., MT.

Dosen Penguji 3 : Dr.Eng. Achfas Zacoeb, ST., MT.

Tanggal Ujian : 21 Juli 2016

SK Penguji : 826/UN. 10.6/SK/2016



LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiransaya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 1 Agustus 2016

Mahasiswa,

Hanif Nursyahbani

NIM. 125060100111066



RIWAYAT HIDUP

Hanif Nursyahbani merupakan putri kedua pasangan Bapak Djatmika Oetama dan Ibu Cicik Indahyani yang lahir di Surabaya pada tanggal 10 Februari 1994. Mulai bersekolah di SDN Pacar Kembang V Surabaya sejak tahun 2000 hingga kelas 3 dan bermutasi ke SDN Sidokare IV Sidoarjo pada kelas 4 hingga lulus pada tahun 2006. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 3 Sidoarjo dan lulus pada tahun 2009. Dan pada tahun 2012 telah dinyatakan lulus dari SMA Negeri 3 Sidoarjo Program IPA.

Selama mengenyam pendidikan di SMA Negeri 3 Sidoarjo, telah aktif dalam beberapa kegiatan akademik seperti Indonesian Line Tracer Competition 2011 oleh Institut Teknologi Sepuluhnovember, Olimpiade Farmasi Nasional 2012 oleh Universitas Airlangga, MEDSPIN 2012 oleh Universitas Airlangga, dan Statistic Competition 2012 oleh Intitut Teknologi Sepuluhnovember. Sedangkan dalam hal non-akademis, aktif dalam kegiatan ekstra kurikuler Robotik dan kepengurusan kegiatan Sie Kerohanian Islam.

Pada tahun 2012 mulai menjejaki bangku perguruan tinggi tepatnya di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang. Selama masa kuliah, aktif dalam beberapa kegiatan akademik maupun non-akademik, meliputi Lomba Rancang Bendungan Nasional yang berhasil menduduki peringkat 5 dan juga lomba PJB ACTion pada tahun 2015. Serta aktif dalam kepengurusan Himpunan Mahasiswa Sipil selama tiga periode berturut-turut.

Malang, Juli 2016

Penyusun

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



This thesis is dedicated to

My beloved mom, dad, and family...

...the ones who never give up on me



KATAPENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga skripsi dengan judul “Analisis dan Evaluasi Sisa Material Menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang)” dapat terselesaikan. Judul tersebut diambil, karena hampir setiap pekerjaan konstruksi pasti menghasilkan sisa material termasuk pada proyek pembangunan gedung Pascasarjana Unisma. Sebagian besar sisa aterial yang dihasilkan hanya akan menjadi limbah dan berdampak buruk bagi lingkungan serta biaya konstruksi tersebut.

Berdasarkan pemahaman tersebut, maka dalam naskah skripsi ini akan membahas mengenai evaluasi biaya yang dihasilkan sisa material dapada proyek serta menganalisis penyebab terjadinya sisa material tersebut. Dan untuk menganalisis penyebabnya menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

Disadari bahwa penyusunan naskah skripsi ini masih terdapat kekurangan. Hal ini disebabkan masih terbatasnya pengetahuan, pemahaman, dan kemampuan penyusun. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan sebagai koreksi guna mencapai hasil yang lebih baik di kemudian hari. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak yang mengkajinya dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, Juni 2016

Penyusun

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga naskah skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar. Naskah ini disusun sebagai hasil dari kajian literatur dan penelitian eksperimental yang dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Cicik Indahyani, ayah Djatmika Oetama, mas Hilmi, dan Putri yang telah memberikan dukungan moril maupun materi serta do'a yang tiada henti untuk kesuksesan saya,
2. Ir. Sugeng P. Budio, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
3. Dr.Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Sarjana (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
4. Kartika Puspa Negara, ST., MT. dan Dr. Eng. Achfas Zacoeb, ST., MT. selaku dosen pembimbing,
5. Rekan tim skripsi Novinda Annisa A. yang telah bekerja sama dan berjuang selama beberapa bulan terakhir,
6. Teman-teman LELEH yang telah mendukung selama proses penelitian,
7. Filyan Fery, Suci Aji, Endah Purnaning, M. Faizal yang telah membantu dan memberikan semangat serta dukungan selama proses penelitian,
8. Segenap staff recording Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu proses administrasi,
9. Segenap Keluarga Besar Mahasiswa Sipil Universitas Brawijaya, yang memberikan semangat selama penelitian ini berlangsung, serta semua pihak yang telah membantu dalam selama proses penelitian.

Terima kasih atas bantuan dan kontribusi pihak-pihak sebagaimana disebutkan, semoga Allah SWT selalu melimpahkan kasih sayang dan kebaikan-Nya.

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Identifikasi Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5 Tujuan Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Material Konstruksi	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Klasifikasi material konstruksi	5
2.2 Sisa Mterial Konstruksi	11
2.2.1 Jenis-jenis sisa material konstruksi	11
2.2.2 Faktor penyebab sisa material konstruksi	12
2.2.3 Kuantitas sisa material kontruksi	17
2.2.4 Biaya sisa material konstruksi	18
2.3 Metode FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>)	18
2.3.1 Definisi FTA	18
2.2.3 Simbol-simbol pada FTA	19
2.2.3 Langkah-langkah menggunakan FTA	22
2.4 Aljabar Boolean	25
2.4.1 Definisi Aljabar Boolean	25
2.4.2 Ekspresi Boolean	25
2.4.3 Notasi operator	26
2.4.4 Hukum-hukum Aljabar Boolean	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Jenis Penelitian	29

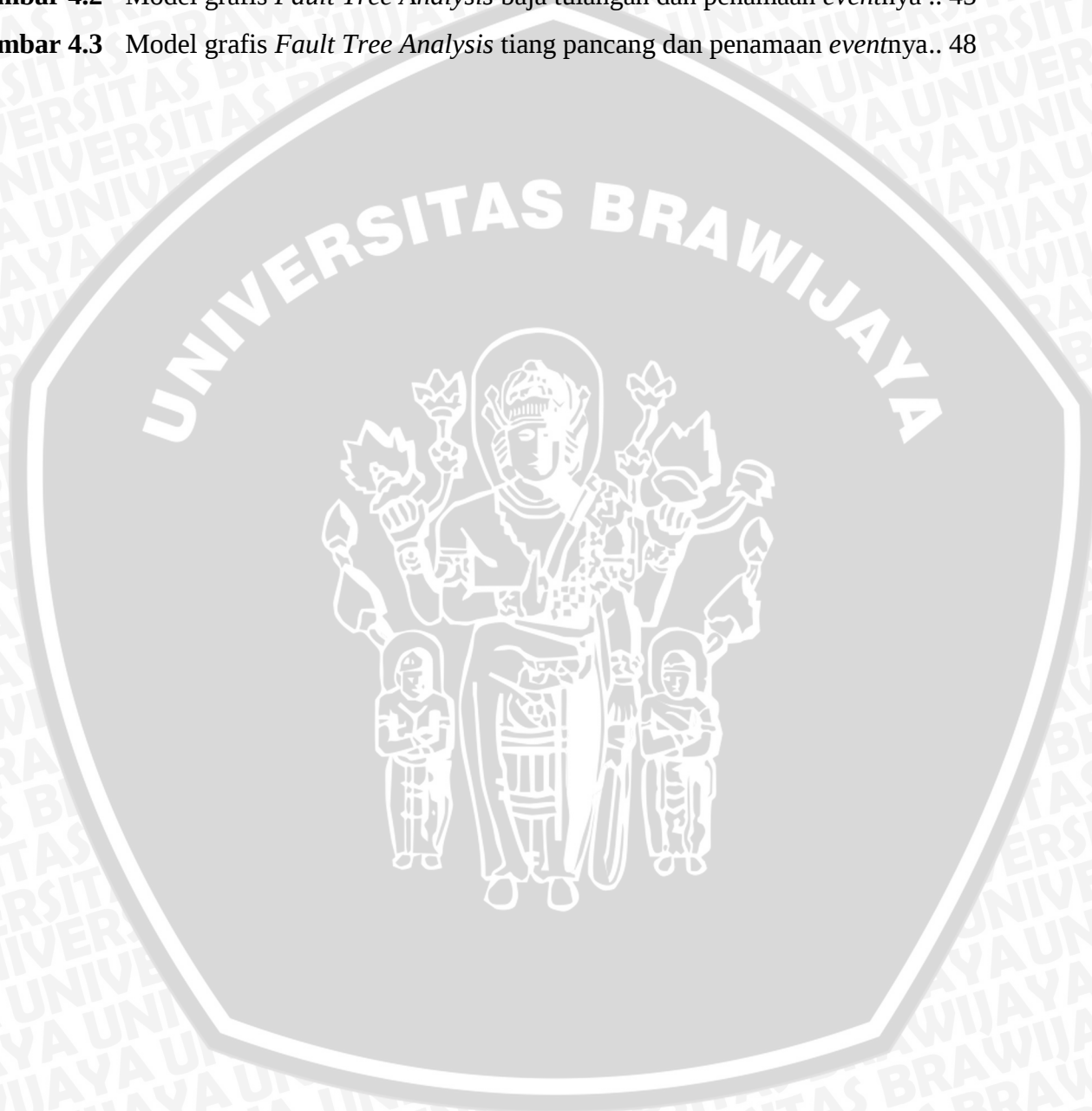
3.2 Subyek dan Obyek Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.3 Proses Pelaksanaan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.1 Tahap persiapan penelitian	30
3.3.2 Tahap pengumpulan data	30
3.3.3 Tahap analisis data	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	Error! Bookmark not defined.
4.1 Identifikasi Data Proyek	Error! Bookmark not defined.
4.2 Analisis Kuantitas dan Biaya Sisa Material.....	34
4.2.1 Penentuan material yang berpotensi menjadi sisa material.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Perhitungan kuantitas material terpasang ...	Error! Bookmark not defined.
4.2.3 Perhitungan material siap pakai.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.4 Perhitungan kuantitas dan biaya sisa material	38
4.3 Analisis FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>).....	40
4.3.1 Menentukan <i>top event</i>	40
4.3.2 Menentukan faktor-faktor penyebab terjadinya sisa material	40
4.3.3 Penggambaran FTA.....	42
4.3.4 Mencari <i>minimal cut set</i>	49
BAB V PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Sumber dan penyebab sisa material konstruksi Error! Bookmark not defined.	
Tabel 2.2	Penyebab dan cara meminimalisir <i>waste material</i> Error! Bookmark not defined.	
Tabel 2.3	Simbol kejadian Error! Bookmark not defined.	
Tabel 2.4	Simbol gerbang Error! Bookmark not defined.	
Tabel 2.5	Simbol transfer.....	21
Tabel 2.6	Hukum-hukum Aljabar Boolean.....	27
Tabel 4.1	Hasil rekapitulasi jenis-jenis material yang digunakan pada proyek.....	35
Tabel 4.2	Hasil rekapitulasi kuisisioner pendahuluan	36
Tabel 4.3	Rekapitulasi kuantitas material terpasang.....	37
Tabel 4.4	Rekapitulasi pembelian material pada proyek Unisma.....	38
Tabel 4.5	Hasil perhitungan biaya sisa material	39
Tabel 4.6	Penyebab sisa material baja tulangan	41
Tabel 4.7	Penyebab sisa material tiang pancang.....	41
Tabel 4.8	<i>Minimal cut set</i> baja tulangan	52
Tabel 4.9	Banyaknya kejadian muncul pada baja tulangan	54
Tabel 4.10	<i>Minimal cut set</i> tiang pancang	56
Tabel 4.11	Banyaknya kejadian muncul pada tiang pancang	59

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Struktur fundamental <i>Fault Tree</i>	23
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	30
Gambar 4.1	Lokasi proyek	33
Gambar 4.2	Model grafis <i>Fault Tree Analysis</i> baja tulangan dan penamaan eventnya ..	45
Gambar 4.3	Model grafis <i>Fault Tree Analysis</i> tiang pancang dan penamaan eventnya..	48



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Data Proyek.....	68
Lampiran 2	Kuisioner Penyebab Sisa Material	95
Lampiran 3	Perhitungan Kuantitas dan Biaya Material Proyek.....	101
Lampiran 4	<i>Brainstorming</i> Penyebab Sisa Material	121



RINGKASAN

Hanif Nursyahbani, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2016, *Analisis dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Menggunakan Fault Tree Analysis (FTA) (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang)*, Dosen Pembimbing : Kartika Puspa Negara dan Achfas Zacoeb.

Penelitian ini membahas tentang sisa material pada proyek pembangunan gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang yang dianalisis menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) yang mana merupakan suatu teknik analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan suatu sistem. Untuk menganalisis kejadian dasar penyebab terjadinya sisa material menggunakan Aljabar Boolean.

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan mengidentifikasi material apa saja yang berpotensi menghasilkan sisa material yang selanjutnya akan dihitung kuantitas dan biaya dari material yang terpilih tersebut. Langkah selanjutnya adalah penentuan *top event* yaitu 2 material dengan nilai biaya tertinggi. Berikutnya adalah penggambaran model grafis FTA dimana terdapat kejadian yang diilustrasikan oleh simbol kejadian dan juga hubungan antar simbol kejadian yang diilustrasikan oleh simbol gerbang. Setelah penggambaran model FTA langkah selanjutnya adalah mencari kombinasi kejadian penyebab terjadinya sisa material dengan menggunakan Aljabar Boolean yang akan menghasilkan *minimal cut set* yang mana merupakan penyebab dasar terjadinya sisa material.

Hasil dari analisis penelitian ini material yang menghasilkan sisa material terbesar dalam segi biaya adalah baja tulangan dan tiang pancang yang sekaligus merupakan *top event*. Faktor yang paling dominan menyebabkan terjadinya sisa material baja tulangan adalah pekerja yang kurang pengalaman, alat yang konslet, alat yang sudah aus, voltase listrik naik turun, pemotongan mengikuti desain, koordinasi yang kurang, mandor kurang disiplin, pekerja kurang teliti dan perubahan desain yang mendadak. Sedangkan faktor dominan yang menyebabkan terjadinya sisa material tiang pancang adalah agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan ketidakhati-hatian saat loading material dan cacat produksi dan ketidakteelitian memeriksa material yang diterima.

Kata kunci : *Fault Tree Analysis*, sisa material, biaya konstruksi.

SUMMARY

Hanif Nursyahbani, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, in July 2016, *Construction Waste Material Evaluation by Using Fault Tree Analysis (Case Study Postgraduate Building, Islamic University of Malang)*, Supervisors: Kartika Puspa Negara and Achfas Zacoeb.

This research discusses about waste material on a building project of Pascasarjana Malang Islamic University were analyzed using *Fault Tree Analysis* (FTA) which is an analytical technique used to identify a system failure. To analyze the incidence of the basic causes of residual material using Boolean Aljabar.

The first step in this research is to identify any material which could potentially produce waste material which would then be calculated quantity and cost of the material selected. The next step is to determine the top event is 2 material with the highest cost value. Next is a graphic depiction of the model FTA whenever events illustrated by symbols of events and also the relationship between the symbols of events illustrated by symbols gate. Once the FTA model depiction next step is to find a combination of events causes material waste by using Boolean algebra that will generate minimal cut set which is the basic cause of the occurrence of residual material.

The results of the analysis of this study material which generates waste material most serious in terms of cost is the reinforcing steel and pile which also is a top event. The most dominant factor that cause waste material of reinforcing steel are workers who lack the experience, tools that a short-circuit, the tools that are worn, power voltage up and down, cutting follows the design, poor coordination, foreman lack of discipline, workers are less conscientious and design changes are sudden. While the dominant factors that cause waste material piles is that they do not lose on the cost of installation and transport and carelessness when loading material and manufacturing defects and material inaccuracy check accepted.

Keywords: *Fault Tree Analysis*, waste material, the cost of construction.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Material merupakan salah satu komponen penting dan utama dalam setiap pekerjaan konstruksi bangunan sebagai salah satu bahan pembentuk bangunan. Pada komponen biaya suatu konstruksi tentu saja material sangatlah mempengaruhi, sehingga material merupakan salah satu faktor penting kesuksesan suatu proyek. Namun setiap pelaksanaan konstruksi bangunan tentu tidak dapat dilepaskan dari sisa-sisa material.

Sisa material merupakan material yang berlebih dalam suatu pekerjaan konstruksi. Jika material sisa dalam kondisi baik, biasanya dapat dimanfaatkan kembali untuk pembangunan konstruksi selanjutnya. Namun terdapat material sisa yang hanya akan menjadi limbah dan berdampak buruk bagi lingkungan. Selain menimbulkan dampak yang buruk bagi lingkungan, sisa material konstruksi sangat berpengaruh terhadap biaya konstruksi. Keefisienan penggunaan material juga ditentukan dari jumlah sisa material, semakin banyak sisa material maka semakin tidak efisien pula penggunaan material tersebut.

Munculnya sisa material disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi. Salah satunya adalah perencanaan yang kurang tepat sehingga material awal yang direncanakan sering kali lebih dari yang digunakan. Selain itu, pelaksanaan yang kurang hati-hati menyebabkan bahan material banyak yang rusak dan tidak dapat dimanfaatkan kembali.

Permasalahan sisa material seperti ini banyak ditemukan pada proyek pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang. Maka diperlukan analisi dan evaluasi terhadap sisa material pada proyek tersebut untuk mengetahui biaya dan kuantitas sisa material serta penyebab utama terjadinya sisa material. Metode analisa yang digunakan untuk mengetahui penyebab sisa material pada proyek ini adalah FTA (*Fault Tree Analysis*).

Penggunaan metode FTA (*Fault Tree Analysis*) bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya sisa material yang menyebabkan kerugian biaya pada proyek. FTA (*Fault Tree Analysis*) merupakan salah satu metode yang efektif untuk menganalisa penyebab suatu permasalahan yang merugikan dan berasal dari suatu kegagalan. Orientasi fungsi yang digunakan dalam metode FTA (*Fault Tree Analysis*) untuk menganalisa penyebab sisa material adalah *top down approach* yang mana berawal dari *top* dan diteruskan ke bawah. Namun untuk mendapatkan kuantitas dan biaya pada sisa material menggunakan perhitungan *waste* pada umumnya.

1.2 Identifikasi Masalah

Terdapatnya sisa material pada suatu proyek konstruksi sangatlah merugikan dalam aspek lingkungan dengan menghasilkan limbah-limbah yang sangat merugikan lingkungan. Selain itu juga sangat berpengaruh pada aspek biaya dari proyek itu sendiri karena seperti yang diketahui bahwa sebagian besar anggaran proyek ada pada material. Maka dari itu analisis penyebab sisa material sangatlah diperlukan untuk mencegah dan meminimalkan kerugian-kerugian yang terjadi dalam suatu proyek konstruksi.

1.3 Rumusan Masalah

Untuk mendapatkan hasil yang lebih relevan, maka dalam penelitian ini diperlukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa saja material yang berpotensi menghasilkan sisa material pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana UNISMA?
2. Berapa biaya tiap material yang ditimbulkan akibat sisa material pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana UNISMA?
3. Bagaimana cara membuat model grafis *Fault Tree Analysis* (FTA) dari material yang menghasilkan sisa material pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana UNISMA?
4. Apa penyebab utama yang mempengaruhi terjadinya sisa material pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana UNISMA?

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyelesaian penelitian ini diberikan batasan masalah atau ruang lingkup studi sebagai berikut :

1. Metode analisis yang digunakan adalah Metode FTA (*Fault Tree Analysis*).
2. Obyek penelitian pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang.
3. Material yang diteliti hanyalah *consumable material* atau material konstruksi yang pada akhirnya akan menjadi bagian dari struktur fisik bangunan (namun tidak termasuk material elektrikal dan *plumbing*).
4. Sisa material yang diidentifikasi berasal dari material sisa hasil produk yang digunakan/dipasang.
5. Material yang dianalisis menggunakan FTA hanya 2 (dua) sisa material dengan biaya tertinggi.
6. Kaca tidak diperhitungkan dalam analisis kuantitas sisa material karena pelaksanaan proyek belum sampai pembelian kaca.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui material apa saja yang berpotensi menghasilkan sisa material pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana UNISMA.
 2. Mengetahui berapa biaya yang ditimbulkan tiap material akibat sisa material pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana UNISMA.
 3. Mengetahui cara membuat model grafis Fault Tree Analysis (FTA) dari material yang menghasilkan sisa material pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana UNISMA.
1. Mengetahui penyebab utama yang mempengaruhi terjadinya sisa material pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana UNISMA.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui cara analisis kuantitas dan biaya dengan metode perhitungan waste material.
2. Dapat mengetahui penyebab timbulnya sisa material pada proyek konstruksi menggunakan Metode FTA (*Fault Tree Analysis*).
3. Dapat mengetahui cara penanggulangan sisa material yang efektif dan efisien pada proyek konstruksi.
4. Dapat digunakan sebagai referensi oleh penulis, pembaca, dan pengusaha maupun pengembang untuk mengurangi kerugian terhadap biaya konstruksi dan juga lingkungan akibat timbulnya sisa material konstruksi.
5. Dapat juga digunakan sebagai referensi mahasiswa yang akan meneliti lebih lanjut tentang penelitian ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Konstruksi

Material konstruksi merupakan salah satu bahan (berupa padat atau cair) pembentuk bangunan serta bagian-bagian utamanya sesuai bentuk dan fungsinya yang dapat diperoleh dari hasil galian, hasil hutan, maupun hasil teknologi. Material hasil galian berasal dari galian lapisan kerak bumi di suatu daerah berupa batuan, pasir, dan sebagainya. Jika material hasil hutan berasal dari hasil penebangan berupa kayu, bambu, rotan, dan sebagainya. Sedangkan material hasil teknologi berasal dari bahan alami yang diproses menggunakan teknologi (pemotongan, penghalusan, pencampuran, dll) yang menghasilkan material seperti beton, batako, genteng, dan sebagainya (Suseno, 2010).

2.1.1 Klasifikasi material konstruksi

Gavilan dan Bernold (1994) menyatakan bahwa material yang digunakan dalam konstruksi dibagi menjadi dua, yaitu *consumable material* dan *non-consumable material*.

2.1.1.1 Consumable material

Consumable material adalah material yang nantinya menjadi struktur fisik suatu bangunan seperti semen, pasir, batu pecah, baja, keramik, cat, dan sebagainya.

1. Pasir

Pasir merupakan salah satu bahan bangunan yang diperoleh dari penggalian lapisan kerak bumi yang merupakan hasil letusan gunung berapi atau pelapukan dari batuan yang telah ada. Pasir memiliki bentuk butiran dan bersifat lepas dan juga tidak saling terkait (kohesif). Selain itu, pasir juga memiliki berbagai kegunaan untuk bangunan konstruksi tergantung jenis pasirnya, berikut beberapa kegunaan pasir menurut jenisnya:

- Pasir vulkanik digunakan untuk agregat halus beton dan beton aspal, bahan dasar mortar, bahan urugan, tanggul, bahan filter pembersih air, dan bahan filter bendungan tipe urugan.

- Pasir kuarsa digunakan untuk bahan baku kaca, semen, mosaik keramik, bata tahan api, dan bahan abrasif atau amplas.
- Pasir besi digunakan untuk bahan semen dan industri logam besi.

2. Batu Pecah

Batu pecah adalah bahan bangunan yang diperoleh dari pemecahan batuan pembentuk lapisan kerak bumi yang telah digali. Pemecahan batuan itu sendiri bisa dilakukan secara manual maupun mekanis. Batu pecah umumnya digunakan sebagai bahan agregat atau campuran pembuatan beton.

3. Semen

Semen atau *Portland Cement* merupakan bahan bangunan yang dapat bereaksi (mengeras) bila dicampur dengan air serta tahan dan stabil terhadap air dengan tambahan gipsum yang menghasilkan penghalusa butiran-butiran *clinker*. Selain itu semen memiliki sifat hidrolis yaitu sebagai perekat (Suseno, 2010).

Menurut (Nurlina, 2008) komponen utama dari *portland cement* ialah batu kapur dan lempung yang mengandung SiO_2 (silica), Al_2O_3 (oksida alumina), Fe_2O_3 (oksida besi). Salah satu ciri bahan semen adalah kualitas yang semakin berkurang seiring lamanya waktu penyimpanan. Selain itu semen portland juga dibagi menjadi lima tipe semen menurut ASTM (American Society for Testing and Materials) sebagai berikut:

- Semen tipe I : untuk konstruksi biasa, dimana tidak diperlukan sifat khusus
- Semen tipe II : untuk konstruksi biasa, dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang
- Semen tipe III : untuk konstruksi dimana diinginkan cepat mengeras dan kekuatan awal tinggi
- Semen tipe IV : untuk konstruksi dimana diinginkan panas hidrasi rendah
- Semen tipe V : untuk konstruksi dimana diinginkan daya tahan yang tinggi terhadap sulfat

4. Beton

Beton adalah bahan konstruksi yang mempunyai sifat mampu memikul gaya tekan yang besar. Beton berasal dari campuran semen, agregat (halus dan kasar), serta air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membuat padat. Dengan pasir sebagai agregat halus dan juga kerikil sebagai agregat kasar (SNI 03-2847-2002).

Jenis beton sangatlah beragam, namun pada umumnya jenis beton yang digunakan pada konstruksi bangunan adalah beton biasa yang dibuat dalam keadaan plastis. Beton biasa dibagi menjadi tiga menurut cara pembuatannya yaitu beton *ready mix* (siap pakai) dimana beton langsung didatangkan dari *central plant* untuk pengecoran di lapangan, beton *in situ* dimana beton dibuat di lapangan, dan yang terakhir beton pracetak (*precast*) dimana beton dibuat dan dicetak sesuai ukuran yang ditentukan.

5. Tiang Pancang

Tiang pancang adalah salah satu jenis pondasi yang berfungsi untuk mendukung struktur bangunan yang lapisan tanah kerasnya terletak sangat dalam. Tiang pancang terdiri berbagai jenis tergantung pada jenis materialnya yaitu tiang pancang kayu, tiang pancang beton, dan juga tiang pancang komposit yang merupakan gabungan kayu dan beton atau baja dan beton.

6. Baja

Menurut (Suseno, 2010), baja merupakan bahan logam yang berasal dari proses termokimia antara besi dan karbon yang berikatan secara kuat sehingga tersementasi. Selain itu, baja diperoleh dari pemrosesan besi kasan dengan mereduksi kadar karbon dibawah 2% sehingga kotoran seperti fosfor, silikon, belerang, dan mangan yang terkandung hanya sedikit. Baja memiliki peranan sebagai pemikul gaya tarik. Dalam pekerjaan konstruksi baja berfungsi sebagai tulangan beton bertulang, kabel beton prategang, elemen struktural dan lain sebagainya.

7. Besi

Menurut Suseno (2010), besi merupakan bahan logam yang dihasilkan dari pemurnian bijih besi yang saat pemrosesannya di tanur tinggi dipadu dengan karbon 4% yang berasal dari bahan bakar kokas. Besi memiliki sifat mengkilap tidak tembus sinar, kedap air, konduktor panas dan listrik, bentuknya mudah diubah, serta dapat mencair. Warna logam besi yaitu abu-abu atau putih. Besi tuang dan besi tempa adalah dua jenis besi yang paling sering digunakan. Keduanya memiliki kegunaan yang sama-sama beragam, yaitu:

- Besi tuang digunakan sebagai pipa-pipa, tutup bak control, landasan kolom, jeruji dan kisi-kisi, cetakan, pegangan dan pagar tangga, elemen pompa dan mesin yang tidak menerima benturan, dsb.
- Besi tempa digunakan sebagai alat-alat sambung seperti paku, baut dan mur, kawat, rantai, pagar berukiran, dan elemen dekoratif yang dipahat.

8. Batu Bata Merah

(Suseno, 2010) menyatakan bahwa *clay brick* atau yang kita kenal sebagai batu bata merah merupakan bahan material relatif agak berpori yang berbentuk kotak dengan ukuran tertentu dimana kandungan lempungnya paling sedikit 40%. Batu bata sendiri berasal dari proses pembakaran tanah yang terdiri dari campuran lempung dan pasir dengan takaran tertentu dengan suhu pembakaran 1200°C. Kegunaan batu bata untuk pekerjaan konstruksi pada umumnya adalah sebagai dinding, pondasi, dan juga lantai. Namun karena batu bata tidak terlalu tahan terhadap cuaca, maka diperlukan adanya proteksi berupa lapisan mortar ataupun pengecatan.

9. Keramik

Keramik merupakan bahan bangunan bukan logam yang padan dan anorganik yang dihasilkan oleh peleburan bahan dasar alami (seperti kaolin, *ball clay*, *feldspars*, dan *flint* atau kuarsa) dengan takaran tertentu pada suhu tinggi (Suseno, 2010). Pada konstruksi bangunan biasanya keramik digunakan untuk penutup lantai maupun pelapis dinding kedap air. Selain itu keramik juga dapat diigunakan untuk elemen dekoratif, dan juga peralatan sanitasi interior gedung.

10. Kaca

Kaca merupakan bahan bangunan yang memiliki sifat bening, transparan, tembus sinar dan mengkilap yang pembentukannya terjadi saat fase cairan bertransformasi menjadi padat tanpa mengalami proses kristalisasi. Pada konstruksi bangunan, kaca memiliki fungsi non struktural diantaranya untuk dinding luar, dinding partisi, jendela, maupun ventilasi. Namun karena kaca termasuk bahan yang mudah pecah dan pecahannya sangat berbahaya maka pemasangan dan pengangkutannya harus dilakukan secara hati-hati (Suseno, 2010).

11. Cat

Cat merupakan cairan kental yang memiliki warna dan pengaplikasiannya dengan cara disebar secara merata melalui proses pengolesan maupun penyemprotan pada permukaan bangunan yang padat dan selanjutnya akan mengering menjadi lapisan tipis padat yang melekat dengan permukaan yang dilapisinya (Suseno, 2010). Pada bangunan konstruksi, cat berfungsi sebagai pemberi warna pada komponen bangunan konstruksi struktural maupun non struktural seperti pada tembok, balok, kolom, genteng, dan sebagainya.

Consumable material alurnya diawali dengan pengiriman material, lalu pelaksanaan konstruksi, hingga berakhir menjadi bagian dari struktur bangunan konstruksi maupun menjadi material yang akan digunakan pada proyek konstruksi lain, bahkan menjadi material berlebih (*leftover*) dan material sisa (*waste*).

2.1.1.2 *Non consumable material*

Menurut Gavilan dan Bernold (1994), *Non consumable material* adalah material pendukung dalam proses pembangunan bangunan konstruksi, dan bukan termasuk bagian fisik bangunan, dimana material ini bisa dipakai ulang dan pada akhir proyek dapat menjadi sisa material. Berikut ini yang termasuk *Non consumable material*:

1. Bekisting

Bekisting merupakan salah satu alat acuan yang dibutuhkan beton untuk mendapatkan bentuk yang direncanakan dan juga untuk pengerasanya. Bekisting harus dibuat dari perencanaan yang baik dan juga dari bahan yang bermutu agar saat beton dituang konstruksi tidak mengalami kerusakan akibat lendutan maupun lenturan. Bekisting pada umumnya terbuat dari kayu, sehingga pengggajian kayu untuk bekisting harus dilakukan seefisien mungkin agar papan dan balok-balok penyusunnya dapat digunakan secara berulang-ulang untuk menghemat pemakaian kayu. Namun bekisting yang terbuat dari baja juga terkadang dijumpai untuk pembangunan pintu air, tanggul, jembatan, terowongan-terowongan, dan sebagainya (Sagel, 1993).

2. Perancah

Perancah atau yang lebih dikenal dengan *scaffolding* merupakan salah satu struktur sementara yang berfungsi sebagai penyangga manusia maupun material dalam proyek konstruksi. Bahan baku pembuat perancah saat ini pada umumnya adalah pipa baja, namun untuk bahan dari bambu atau kayu juga masih sering dijumpai.

3. Dinding penahan sementara

Dinding ini biasanya terbuat dari triplek (lembaran kayu) maupun tumpukan batuan yang berfungsi untuk menahan gaya/ beban aksial maupun lateral. Pada proyek bangunan konstruksi jika keberadaan dari dinding tersebut tidak diperlukan lagi maka akan dihilangkan.

Material konstruksi merupakan salah satu komponen yang memiliki peranan penting dalam sebuah proyek konstruksi yang berpengaruh pada kelancaran pelaksanaan konstruksi itu sendiri, sehingga kecermatan dan ketelitian perhitungan jenis dan kuantitas biaya sangat diperlukan. Pengelolaan material dengan baik serta penggunaan material yang efektif dan efisien juga akan menjadi salah satu faktor keuntungan dalam segi biaya.

Pengelolaan dengan baik yang dimaksud adalah proses dan penerimaan material dilakukan sesuai prosedur seperti pembuatan *subschedul* berdasarkan *master schedul* yang sesuai dengan item-item pekerjaan agar alur pemakaiannya sesuai dengan kebutuhan yang direncanakan. Selain itu diperlukan juga prosedur penerimaan material konstruksi yang baik dengan pemeriksaan serta pengawasan kuantitas, pembuatan daftar penerimaan

material dan juga laporan oleh bagian logistik untuk menyesuaikan kebutuhan dan pemakaian, serta pengontrolan setiap barang yang keluar masuk.

Tempat penyimpanan adalah salah satu hal penting lainnya yang harus dipersiapkan saat penerimaan material karena cara menyimpan material sangat mempengaruhi kualitas dari material tersebut. Maka perlu disediakan tempat penyimpanan yang terlindung dan aman untuk menghindari kerusakan ataupun penurunan kualitas dari material tersebut. Kerusakan dan penurunan kualitas material akan menimbulkan adanya sisa material konstruksi (*waste material*).

2.2 Sisa Material Konstruksi

Waste material atau yang berarti sisa material konstruks merupakan kelebihan kuantitas material yang didatangkan/digunakan, tetapi tidak menambah nilai suatu pekerjaan. Sisa material ini akan terus terjadi seiring dengan proses pelaksanaan konstruksi (Asiyanto, 2010).

2.2.1 Jenis sisa material konstruksi

Menurut Asiyanto (2010) jika dilihat dari prosesnya, *waste material* terdiri atas empat kelompok, yaitu :

1. Material jadi

Material jadi merupakan material buatan pabrik yang didatangkan ke proyek dan sudah siap di pasang secara langsung, seperti tegel, batu, plafond, kaca, genteng, dan lain sebagainya.

2. Material campuran

Material campuran merupakan material yang didatangkan ke proyek dan sudah dalam bentuk campuran seperti beton *ready mix*, *asphalt hot mix*.

3. *Raw material* (bahan baku)

Raw material merupakan material buatan pabrik yang didatangkan ke proyek berupa bahan mentahguna untuk diproses di proyekseperti batu, pasir, kayu, besi beton, semen, dan sebagainya.

4. Material *prefab*

Material *prefab* merupakan material pelengkap yang dirangkai dahulu di luar *site* seperti misalnya beton *precast*, rangka baja, kusen, daun pintu/ jendela dan lain-lain.

2.2.2 Faktor penyebab sisa material konstruksi

Banyak faktor yang dapat mengakibatkan timbulnya sisa material konstruksi (*material waste*) di lapangan. Menurut pendapat yang dikemukakan oleh Asiyanto (2010) *Material Waste* dapat terjadi karena hal-hal seperti berikut :

- Penyusutan *quantity*

Penyusutan *quantity* terjadi saat dilakukannya pengantaran material ke proyek dan saat pembongkaran material menuju gudang atau lokasi penyimpanan. Penyusutan *quantity* dapat terjadi pada proses pemindahan material dari suatu tempat ke tempat lain dalam satu lokasi proyek. Beberapa material lepas seperti pasir atau kerikil merupakan contoh material yang bisa mengalami penyusutan.

- *Quantity* yang ditolak (*reject*)

Material yang diterima pada *site* harus dilakukan suatu proses pengujian terlebih dahulu supaya dapat diketahui apakah material tersebut layak atau tidak jika digunakan sebagai bahan bangunan. Pengujian yang kurang teliti mengakibatkan ditolaknya sebagian dari material yang tidak memenuhi persyaratan baik dari segi mutu, ukuran, bentuk, warna, dan lain-lain.

- *Quantity* yang rusak

Material yang diperlakukan kurang baik dapat menyebabkan kerusakan pada material itu sendiri, khususnya untuk jenis-jenis material yang rapuh serta yang mudah dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban udara, tekanan, dan lain-lain. Kerusakan material juga dapat terjadi karena penyimpanan yang tidak memperhatikan kondisi fisik suatu material

- *Quantity* yang hilang

Material-material yang banyak terdapat pada *took* bebas maupun yang dijual di pasaran karena banyak diperlukan oleh masyarakat seperti semen, cat, bata dan lain-lain rawan hilang, baik karena dicuri maupun karena keteledoran pemilik proyek. Kurangnya sistem pengamanan dan sistem kontrol yang lemah akan semakin memperbesar kemungkinan hilangnya material-material tersebut.

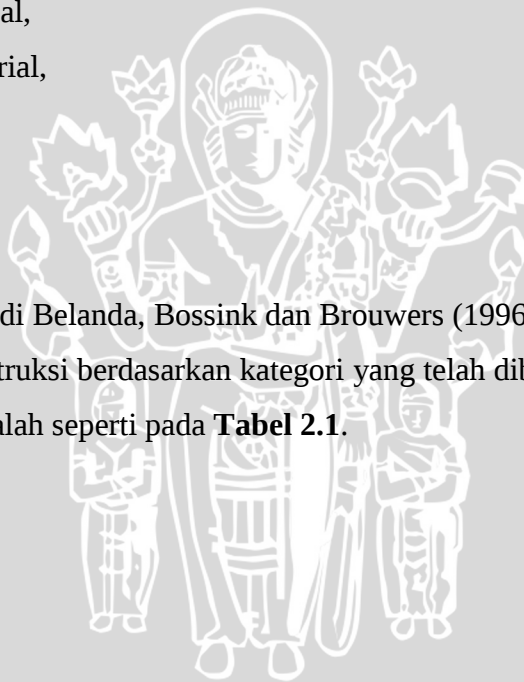
- *Quantity* akibat kelebihan penggunaan

Kelebihan penggunaan material banyak dilakukan oleh para pelaksana yang menggunakan material secara langsung baik secara sengaja maupun tidak. *Waste* disebabkan oleh *over method*, *over quality* atau ketidaktelitian tentang ukuran/dimensi, sehingga dimensi pekerjaan yang terjadi lebih besar dari gambar. Kelebihan penggunaan material juga dapat mengakibatkan pekerjaan mengalami pengulangan dengan salah satu penyebabnya adalah metode yang kurang efisien

Menurut Gavilan dan Bernold (1994), Beberapa faktor penyebab timbulnya *materialwaste* di lapangan dibagi menjadi 6 kategori, sebagai berikut:

- Desain
- pengadaan material,
- penanganan material,
- pelaksanaan,
- residual,
- dan faktor lain.

Dalam penelitiannya di Belanda, Bossink dan Brouwers (1996), yang menyebabkan terjadinya sisa material konstruksi berdasarkan kategori yang telah dibuat oleh Gavilan dan Bernold pada tahun 1994 adalah seperti pada **Tabel 2.1**.



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

Sumber	Penyebab
Desain	▪ Kesalahan pada dokumen kontrak ▪ Ketidaklengkapan dokumen kontrak ▪ Perubahan pada desain ▪ Pemilihan spesifikasi produk ▪ Pemilihan produk berkualitas rendah ▪ Kurangnya perhatian terhadap ukuran produk yang digunakan ▪ Desainer/ Perencana kurang mengenal dengan baik jenis-jenis produk yang lain ▪ Kurangnya keikutsertaan kontraktor ▪ Kurangnya pengetahuan tentang konstruksi
Pengadaan	▪ Kesalahan dalam pemesanan ▪ Kelebihan, kekurangan dalam pemesanan ▪ Pemesanan material tidak dapat dilakukan dalam kuantitas yang kecil ▪ Pembelian material yang tidak sesuai dengan spesifikasi
Penanganan	▪ Kerusakan yang terjadi pada saat pengiriman material/ akibat transportasi ke lokasi proyek ▪ Kerusakan material akibat penyimpanan yang tidak baik ▪ Kemasan material yang tidak baik ▪ Pelemparan material yang kurang hati-hati

Tabel 2.1 Lanjutan

Sumber	Penyebab
Pelaksanaan	▪ Kesalahan yang dilakukan oleh pekerja ▪ Peralatan yang tidak berfungsi dengan baik ▪ Cuaca yang tidak menentu/ buruk ▪ Kecelakaan kerja ▪ Kesalahan penggunaan material sehingga perlu diganti ▪ Metode peletakan pondasi ▪ Kelebihan kuantitas material akibat perencanaan yang kurang benar ▪ Informasi tipe dan ukuran material yang akan digunakan terlambat untuk disampaikan kepada kontraktor.
Residual	▪ Sisa pemotongan material yang tidak dapat digunakan kembali ▪ Kesalahan dalam pemotongan material ▪ Kesalahan pemesanan material karena kurangnya pengetahuan akan kebutuhan material ▪ Sisa dari proses penggunaan material ▪ Kemasan
Lain-lain	▪ Kehilangan material akibat kerusakan ataupun pencurian ▪ Kurangnya pengontrolan dan manajemen sisa material

Penelitian Formoso (2002) menyebutkan penyebab dan cara mencegah *waste material* berdasarkan jenis materialnya ditunjukkan pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Penyebab dan Cara Meminimalkan *waste material*

Jenis Material	Penyebab	Cara Meminimalkan
Baja Tulangan	- Hasil proses pemotongan tulangan - Masalah pada fabrikasi, yakni tulangan yang dihasilkan diameternya lebih besar/ tidak sesuai rencana - Kesalahan dalam penggunaan	- Pengoptimalan proses pemotongan tulangan - Peningkatan dalam control penggunaan tulangan
Beton Ready mix	- Volume beton yang didatangkan oleh <i>supplier</i> lebih sedikit dari volume yang dipesan - Deviasi dimensi pada elemen struktur, akibat perencanaan bekisting yang buruk dan ketidaktelitian alat ukur - Proses ekskavasi yang kurang presisi (pada pekerjaan pondasi)	- Perhitungan volume beton dilakukan pada saat beton telah selesai dicor ke dalam bekisting - Perencanaan bekisting lebih teliti - Pengukuran dilakukan lebih presisi

Tabel 2.2 Lanjutan

Jenis Material	Penyebab	Cara Meminimalkan
Semen	▪ Produksi mortar di tempat (<i>insitu</i>), kurangnya informasi kepada pekerja untuk memproduksi campuran mortar yang berbeda ▪ Penanganan dan transportasi yang kurang baik ▪ Pemakaian berlebih pada <i>joint</i> pasangan bata	▪ Penanganan dan transportasi material yang lebih baik ▪ Desain/ perencanaan yang lebih baik ▪ Penggunaan material sesuai spek teknis proyek
Pasir, Kapur, Mortar	▪ Proses penanganan dan pengiriman material yang kurang baik	▪ Penanganan dan pengiriman material lebih baik ▪ Disarankan menggunakan <i>ready to use mortar mix</i>
Batu Bata	▪ Pengiriman yang kurang baik ▪ Proses bongkar muat material bata kurang hati-hati ▪ Kesalahan pemotongan bata di lapangan	▪ Pemotongan bata dilakukan lebih teliti ▪ Proses pengiriman dan bongkar muat yang lebih baik dan hati-hati
Keramik	▪ Sisa proses pemotongan keramik ▪ Perencanaan yang kurang tepat	▪ Pengoptimalan pemotongan keramik ▪ Perencanaan lebih teliti
Pipa dan Kabel	▪ Desain yang kurang tepat ▪ Hasil pemotongan pipa dan kabel	▪ Perencanaan/ desain lebih baik dan tepat ▪ Optimalisasi pemotongan pipa dan kabel

2.2.3 Kuantitas sisa material konstruksi

Asiyanto (2010) memberikan pendapat bahwa kuantitas sisa material konstruksi dapat diartikan sebagai volume material atau prosentase material yang sudah tidak digunakan lagi dalam pelaksanaan konstruksi suatu bangunan. Kuantitas material sisa berhubungan erat dengan kemampuan suatu proyek dalam merencanakan dan menggunakan material konstruksi. Semakin kecil sisa material yang dihasilkan maka menunjukkan bahwa semakin efisien pula sebuah proyek dalam menggunakan anggaran. Kuantitas sisa material mencakup kuantitas yang susut akibat proses pengiriman material, kuantitas yang ditolak karena tak sesuai dengan spesifikasi standar teknis, kuantitas material yang rusak akibat perlakuan yang kurang baik, kuantitas yang hilang karena sistem kontrol yang tidak baik, dan kuantitas kelebihan penggunaan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Intan (2005) setiap proyek konstruksi, kuantitas *materialwaste* diketahui dari volume siap pakai di lapangan dikurangi dengan volume material desain berdasarkan gambar rencana dan *bill of quantity* (BQ), kemudian dikurangi sisa stok material di lapangan.

2.2.4 Biaya sisa material konstruksi

Biaya sisa material konstruksi dapat didefinisikan sebagai biaya proyek yang timbul akibat pembelian material konstruksi namun material tersebut tidak digunakan dalam konstruksi bangunan. Biaya sisa material konstruksi termasuk salah satu penyebab kerugian yang terjadi pada suatu pembangunan konstruksi. Semakin besar biaya yang dikeluarkan untuk sisa material konstruksi, maka akan semakin besar pula total kerugian dihasilkan. Biaya sisa material konstruksi dapat didapatkan dengan melihat jumlah hasil prosentase kuantitas material dikalikan biaya material konstruksi.

2.3 Metode FTA (*Fault Tree Analysis*)

Fault Tree merupakan teknik untuk mengidentifikasi kegagalan (*failure*) yang pertama kali dikenalkan oleh *Bell Telephone Laboratories* pada tahun 1962 dan kemudian diperbaiki oleh *Boeing company* yang memanfaatkan FT secara kualitatif maupun kuantitatif dengan memperkenalkan program komputer untuk melakukan analisa (Priyanta, 2000: 112).

2.3.1 Definisi FTA (*Fault Tree Analysis*)

Menurut U.S. Nuclear Regulatory Commision (1981: 34), FTA atau kepanjangan dari *Fault Tree Analysis* didefinisikan sebagai sebuah teknik analisa dimana terjadi kejadian yang tidak diinginkan (*undesired event*) dari sebuah sistem yang akan dianalisa kondisi lingkungan dan operasionalnya untuk menemukan cara mengetahui bagaimana kejadian yang tidak diinginkan ini bisa terjadi.

Fault Tree Analysis mengacu pada fungsi yang analisisnya berawal dari *system level* (*top*) yang merupakan titik awal pengidentifikasian mode kegagalan suatu sistem dan meneruskannya kebawah. Fungsi ini dikenal sebagai "*top down approach*".

FTA dapat menentukan potensi kejadian yang menyebabkan kegagalan suatu sistem engineering dan probabilitas yang terjadi. Dalam mengkonstruksi FTA, harus menentukan terlebih dahulu kegagalan suatu sistem yang merupakan *TOP event* yang kemudian sistem akan dianalisa untuk menentukan kemungkinan yang didefinisikan pada *TOP event*.

Setelah penyebab terjadinya *TOP event* didapatkan, penyebab-penyebab tersebut akan dihubungkan dke *TOP event* dengan menggunakan *logical link*. Fault tree menggambarkan kondisi dari *basic event* (komponen-komponen dasar) serta hubungan antara *basic event* dan *TOP event*. Logika gate merupakan simbol grafis yang digunakan untuk menyatakan hubungan tersebut. Event yang masuk ke gerbang logika sangat menentukan output yang akan dihasilkan dari gerbang tersebut.

2.3.2 Simbol-simbol pada FTA (*Fault Tree Analysis*)

Simbol-simbol yang terdapat pada FTA dibagi menjadi tiga, yaitu simbol kejadian, simbol gerbang, dan simbol transfer.

a. Simbol Kejadian

Simbol kejadian merupakan simbol yang berisi kejadian/event pada sistem. Berikut simbol-simbol tersebut:

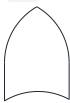
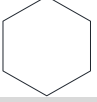
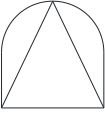
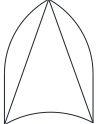
Tabel 2.3 Simbol Kejadian (*U.S. Nuclear Regulatory Commision, 1981*)

No.	Simbol	Nama Simbol	Keterangan Simbol
1.		<i>Basic event</i>	Menyatakan kegagalan mendasar yang tidak perlu dicari lagi penyebab dari event tersebut.
2.		<i>Conditioning event</i>	Menyatakan kondisi maupun batasan yang khusus dimana diterapkan pada gerbang logika (biasanya gerbang <i>Inhibit</i> dan <i>Priority AND</i>).
3.		<i>Intermediate event</i>	Merupakan kesalahan event yang muncul dikarenakan oleh input gagal yang masuk ke gerbang.
4.		<i>Undeveloped event</i>	Menyatakan sebuah event yang tidak diteliti lebih lanjut karena informasi yang tidak tersedia maupun karena konsekuensi dari event yang tidak penting.
5.		<i>External event</i>	Menyatakan sebuah event yang tidak termasuk dalam kejadian gagal dan diharapkan muncul secara normal

Simbol gerbang berfungsi untuk menyatakan hubungan kejadian input yang mengarah ke kejadian output. Berikut simbol-simbol tersebut:

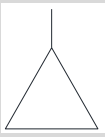
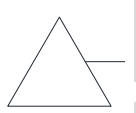


Tabel 2.4 Simbol Gerbang (*U.S. Nuclear Regulatory Commision, 1981*)

No.	Simbol	Nama Simbol	Keterangan Simbol
1.		Gerbang OR	Menyatakan <i>event output</i> terjadi jika setidaknya satu dari <i>input</i> terjadi.
2.		Gerbang AND	Menyatakan <i>eventoutput</i> terjadi jika semua <i>input</i> terjadi.
3.		<i>Inhibit</i>	Menyatakan gerbang AND dengan kondisi memungkinkan yang dipengaruhi oleh kondisi tertentu ketika <i>event output</i> terjadi jika satu <i>input</i> terjadi.
4.		<i>Priority AND</i>	Menyatakan gerbang AND dengan <i>event output</i> terjadi jika semua <i>input</i> terjadi di rangkaian khusus yang dipengaruhi oleh kondisi tertentu.
5.		<i>Exclusive OR</i>	Menyatakan gerbang OR dengan <i>event output</i> terjadi jika tepat satu <i>input</i> terjadi.

b. Simbol Transfer

Tabel 2.5 Simbol Transfer (*U.S. Nuclear Regulatory Commision, 1981*)

No.	Simbol	Nama Simbol	Keterangan Simbol
1.		<i>Transfer In</i>	Menyatakan bahwa <i>fault tree</i> dikembangkan lebih lanjut pada kejadian yang memiliki hubungan dengan <i>Transfer Out</i> .
2.		<i>Tansfer Out</i>	Menyatakan bahwa bagian dari <i>fault tree</i> harus berkaitan dengan <i>Transfer In</i> .

2.3.3 Langkah-langkah menggunakan FTA (*Fault Tree Analysis*)

Menurut Priyanta (2000, 113) pada umumnya terdapat 5 tahapan yang dilakukan untuk menganalisa menggunakan FTA (*Fault Tree Analysis*), yaitu:

1. Mendefinisikan masalah dan kondisi batas dari suatu sistem yang akan ditinjau
2. Menggambarkan model grafis *fault tree*
3. Mengidentifikasi *minimal cut set* dari analisa *fault tree*
4. Menganalisa kualitatif dari *fault tree*
5. Menganalisa kuantitatif dari *fault tree*

Berikut merupakan penjabaran mengenai tahapan-tahapan diatas:

1. Mendefinisikan masalah dan kondisi batas

Terdapat dua langkah yang harus dilakukan, yaitu:

- Mendefinisikan kejadian kritis (*critical event*) yang dianalisa
- Mendefinisikan kondisi batas (*boundary condition*)

TOP event merupakan *critical event* atau kejadian kritis yang akan dianalisa secara normal. Deskripsi *TOP event* seharusnya memberikan jawaban dari pernyataan berikut:

- What (apa) mendeskripsikan kejadian kritis yang sedang terjadi.
- Where (dimana) mendeskripsikan dimana terjadinya kejadian kritis tersebut.
- When (kapan) mendeskripsikan kapan terjadinya kejadian kritis tersebut.

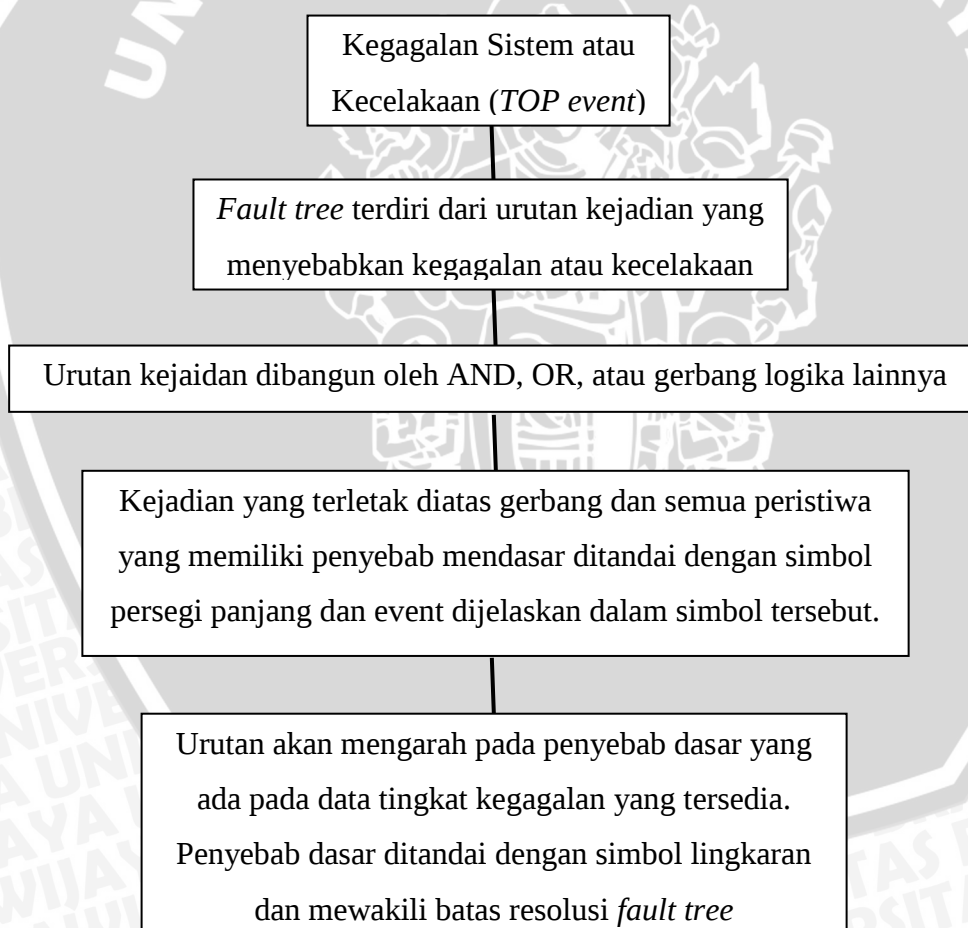
Ada beberapa pemahaman yang harus dimiliki dari kondisi batas agar analisis dapat dilakukan secara konsisten, yaitu:

- Batas fisik sistem yaitu memilih bagian dari sistem yang perlu dimasukkan dalam analisa dan yang tidak.
- Kondisi awal yaitu kondisi pengoperasian sistem saat *TOP event* terjadi.
- Kondisi batas eksternal yaitu kondisi luar yang disertakan dalam analisa.
- Level dari resolusi yaitu detail pengidentifikasian penyebab kegagalan.

2. Menggambarkan model grafis *fault tree*

Setiap penggambaran model *fault tree* bermula dari *TOP event*. Oleh sebab itu, pengidentifikasian *fault event* (kejadian gagal) maupun penyebab terjadinya *TOP event* harus dilakukan secara teliti. Gerbang logika akan mengoneksikan penyebab-penyebab ini ke *TOP event*. Level pertama dari sebuah *fault tree* yang sering disebut *TOP structure* harus disusun secara terstruktur. *TOP structure* ini diambil dari kegagalan modul-modul utama maupun fungsi utama dari sistem.

Selanjutnya, analisa dilakukan level demi level hingga semua *fault event* telah dikembangkan pada resolusi yang dikehendaki. Analisa ini merupakan analisa deduktif dimana dilakukan dengan mengulang pertanyaan “Apa alasan terjadinya event ini?”. Berikut adalah gambar yang menunjukkan struktur fundamental dari sebuah *fault tree*



Gambar 2.1 Struktur Fundamental *Fault Tree*

Dalam pengkonstruksian sebuah *fault tree* terdapat beberapa aturan yang harus dipenuhi, yakni:

a. Mendiskripsikan *fault event*

Setiap *basic event* (kejadian dasar) harus didefinisikan dengan teliti (apa, kapan, dimana) dalam sebuah kotak.

b. Mengevaluasi *fault event*

Suatu kejadian dasar dalam suatu *fault tree* merupakan *primary failures* yang menunjukkan komponen merupakan penyebab dari kegagalan. Sedangkan *secondary failures* dan *command faults* merupakan *intermediate event* yang membutuhkan investigasi mendalam untuk mengetahui alasan utama.

c. Melengkapi semua gerbang logika

Semua masukan dari beberapa kejadian ke gerbang tertentu harus didefinisikan dengan lengkap dan dideskripsikan sebelum memproses gerbang lainnya. *Fault tree* harus diselesaikan pada tiap level sebelum memulai level lainnya.

3. Mengidentifikasi *minimal cut set* dari analisa *fault tree*

Fault tree membentuk berbagai kombinasi dari *fault event* yang mengarah pada *TOP event* atau sistem kesalahan kritis. Kombinasi dari beberapa *fault event* ini disebut *cut set*. *Cut set* merupakan *basic event* yang jika terjadi akan mengakibatkan terjadinya *TOP event*. Jika *Cut set* yang tidak dapat direduksi tanpa menghilangkan statusnya maka disebut sebagai *minimal cut set*. Sedangkan jumlah *basic event* yang berbeda di dalam sebuah *minimal cut set* disebut dengan *orde cut set*.

4. Menganalisa kualitatif dari *fault tree*

5. Menganalisa kuantitatif dari *fault tree*

(Priyanta, 2000)

Dalam menganalisa kualitatif dan kuantitatif pada *fault tree* terlebih dahulu dicari *minimal cut set*nya dengan menggunakan Aljabar Boolean. Setelah itu analisa kualitatif akan mendapat hasil kejadian-kejadian yang mengarah langsung pada penyebab terjadinya *TOP event*. Sedangkan untuk mencari analisa kuantitatif dengan menggunakan teori

reliabilitas dimana akan didapatkan seberapa besar nilai keandalan dari sistem yang mengalami kegagalan karena pengaruh *basic event* terhadap *TOP event*.

2.4 Aljabar Boolean

Menurut (Widjanarka, 2006: 73) Aljabar Boolean berfungsi untuk melakukan penyederhanaan atau menguraikan rangkaian logika yang kompleks sehingga menjadi rangkain logika yang lebih sederhana. Selain dalam logika, Aljabar Boolean juga berperan sangat penting di bidang lain seperti teori peluang/kemungkinan, teori informasi/komunikasi, teori himpunan dan lain-lain.

2.4.1 Definisi Aljabar Boolean

Misalkan:

- Dua operator biner: $+$ dan $.$
- Sebuah operator uner: $'$
- B : himpunan yang didefinisikan pada operator $+$, $.$ dan $'$
- 0 dan 1 adalah dua elemen yang berbeda dari B

Disebut aljabar Boolean jika $a, b, c \in B$.

Untuk mempunyai sebuah aljabar Boolean, harus memperlihatkan:

1. Elemen-elemen himpunan B .
2. Kaidah operasi untuk biner dan operator uner.
3. Memenuhi aksioma-aksioma.

2.4.2 Ekspresi Boolean

Misalkan $(B, +, ., ')$ merupakan sebuah aljabar Boolean, maka ekspresi Boolean dalam $(B, +, ., ')$ adalah:

- i. Setiap elemen di dalam B
- ii. Setiap perubah
- iii. Jika e_1 dan e_2 adalah ekspresi Boolean, maka $e_1 + e_2$, $e_1 . e_2$, e_1' adalah ekspresi Boolean.

Dua ekspresi Boolean dinyatakan ekuivalen yang dilambangkan dengan $' = '$ jika keduanya mempunyai nilai yang sama untuk setiap pemberian nilai-nilai kepada n perubah.

2.4.3 Notasi operator

OR, AND, dan NOT (komplemen) merupakan operator logika dasar yang terdapat dalam aljabar Boolean.

1. Operator OR (atau) merupakan penjumlahan Boolean mempunyai simbol (+) dimana variabel Boolean $x \in B$ bernilai:

$$1 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$0 + 1 = 1$$

$$0 + 0 = 0$$

2. Operator AND (dan) merupakan perkalian Boolean mempunyai simbol (.) dimana variabel Boolean $x \in B$ bernilai:

$$1 \cdot 1 = 1$$

$$1 \cdot 0 = 0$$

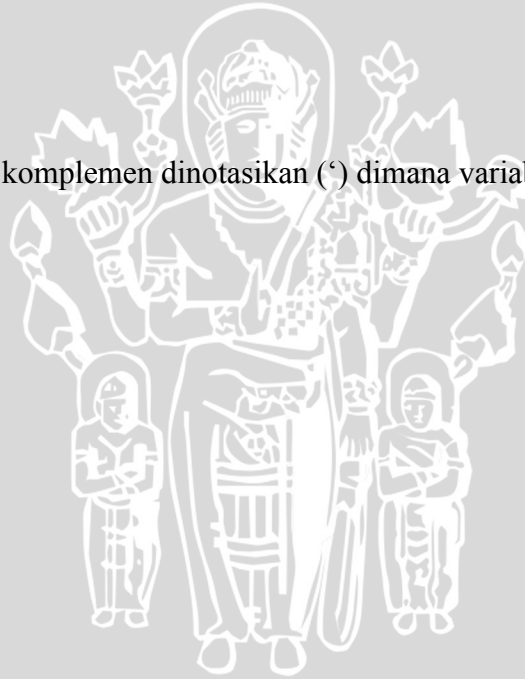
$$0 \cdot 1 = 0$$

$$0 \cdot 0 = 0$$

3. Operator NOT atau komplemen dinotasikan (') dimana variabel $x \in B$ bernilai:

$$0' = 1$$

$$1' = 0$$



2.4.4 Hukum-hukum Aljabar Boolean

Tabel berikut merupakan hukum-hukum yang terdapat pada Aljabar Boolean.

Tabel 2.6 Hukum-hukum Aljabar Boolean

Jenis Hukum		Gerbang OR	Gerbang AND
1.	Komutatif	$A+B=B+A$	$A \cdot B=B \cdot A$
2.	Asosiatif	$A+(B+C)=(A+B)+C$	$A \cdot (B \cdot C)=(A \cdot B) \cdot C$
3.	Distributif	$A \cdot (B+C)=A \cdot B+A \cdot C$	$A+B \cdot C=(A+B) \cdot (A+C)$
4.	Teorema Dualitas	$A+0=A=A \cdot 1$ $A \cdot (B+C)=A \cdot B+A \cdot C$	$A \cdot 1=A=A+0$ $A+B \cdot C=(A+B)(A+C)$
5.	Aljabar Boole jika dengan 1 identitas	$A+0=A$ $A+1=A$ $A \cdot A=A$	$A \cdot 0=0$ $A \cdot 1=A$ $A \cdot A=A$
6.	Aljabar Boole jika dengan pembalikannya	$A+\bar{A}=1$	$A \cdot \bar{A}=0$
7.	De Morgan	$\overline{A+B}=\bar{A} \cdot \bar{B}$	$\overline{A \cdot B}=\bar{A} + \bar{B}$
8.	Aljabar Boole jumlah hasil kali	$A+A \cdot B=A$ $A+\bar{A} \cdot B=A+B$	$A \cdot (A+B)=A$ $A \cdot (\bar{A}+B)=A \cdot B$

Hukum aljabar Boolean diatas dapat digunakan untuk mencari *minimal cut set* dimana merupakan penyederhanaan ekspresi Boolean yang didapat dari *fault tree*.

(halaman kosong)



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif, yakni penelitian yang bukan bersifat eksperimen dan ditujukan untuk mengumpulkan informasi berupa data primer mengenai status gejala yang ada, yaitu keadaan gejala menurut apa adanya pada saat penelitian dilakukan. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan literatur dan data sekunder yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, kemudian menentukan metode yang dilakukan.

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data-data yang didasarkan pada fakta-fakta yang telah ada ataupun yang telah dilakukan di lapangan serta mengumpulkan teori-teori yang ada yang digunakan untuk penelitian ini. Setelah pengumpulan data dan teori, dilakukan perumusan masalah, penentuan tujuan penelitian, batasan-batasan masalah yang membatasi penelitian serta manfaat dari penelitian. Setelah itu dilakukan analisis data-data tersebut dengan metode yang telah ditentukan, sehingga didapatkan beberapa kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah.

3.2 Subyek dan Obyek Penelitian

Subyek penelitian ini adalah menganalisa sisa material konstruksi dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Sedangkan obyek penelitian adalah Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang.

3.3 Proses Pelaksanaan Penelitian

Proses pelaksanaan penelitian “ANALISA SISA MATERIAL KONSTRUKSI PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM MALANG” dilakukan dalam beberapa tahap sebagai berikut :

1. Tahap persiapan
2. Tahap pengumpulan data
3. Tahap menganalisa data

3.3.1 Tahap persiapan penelitian

Tahap persiapan ini meliputi penentuan tema, materi penelitian, latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian.

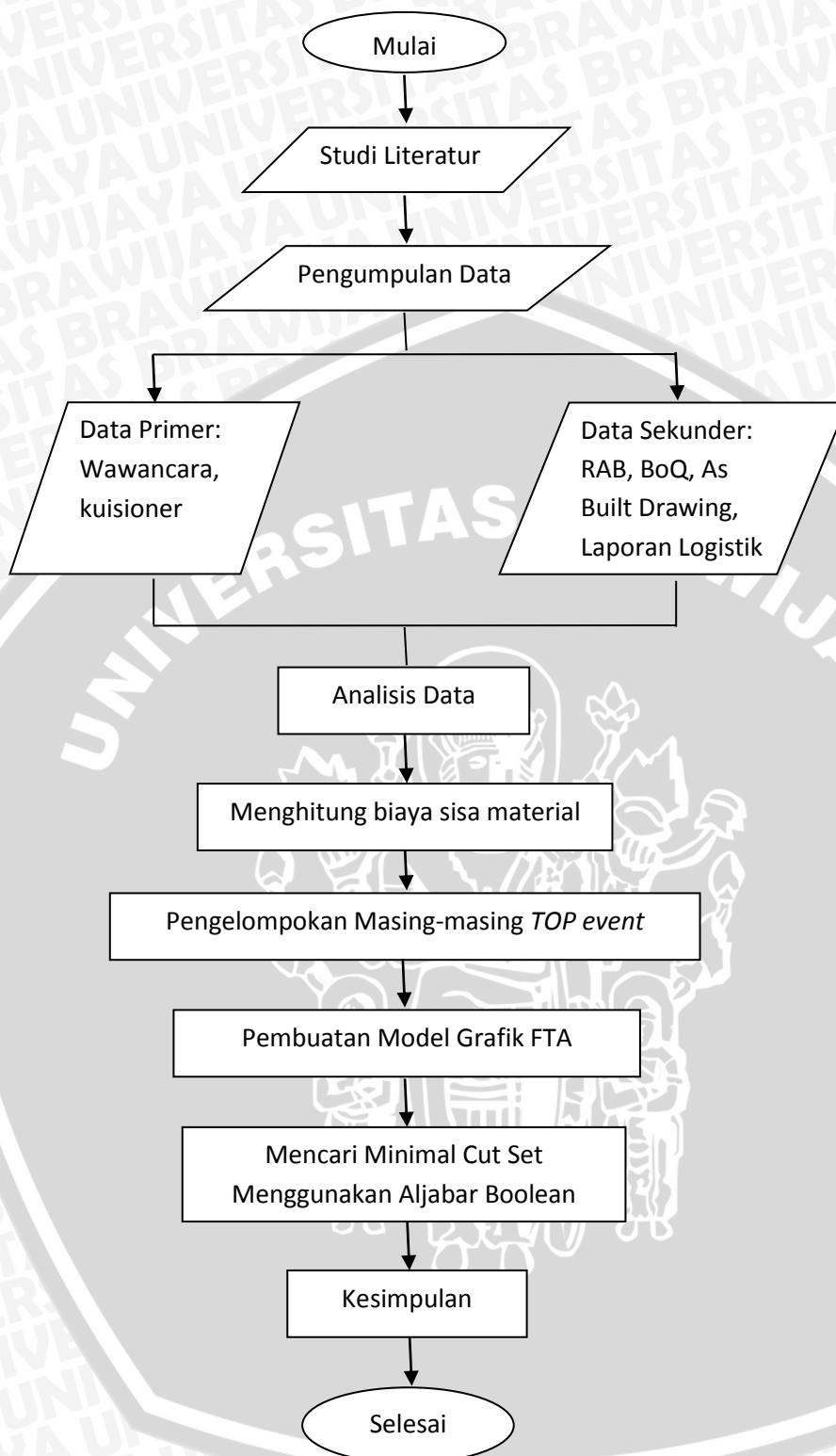
3.3.2 Tahap pengumpulan data

Tahap pengumpulan data ini dikumpulkan data-data dan sumber-sumber untuk membantu dalam penelitian. Data-data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder, yakni:

1. Data primer diperoleh secara langsung dari obyek penelitian yang berupa kuisisioner dan penjelasan atau keterangan dari pihak kontraktor atau pihak pengguna jasa/ *user* mengenai faktor-faktor penyebab timbulnya sisa material pada proyek konstruksi.
2. Data sekunder diperoleh secara tidak langsung, didapatkan dari data-data Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Univeritas Islam Malang. Data sekunder yang dipakai dalam penelitian ini antara lain RAB (Rencana Anggaran Biaya), *Bill of Quantity*, *As Built Drawing*, dan laporan logistik.

3.3.3 Tahap menganalisis data

Pada tahapan ini dijelaskan mengenai garis besar langkah-langkah penyusunan laporan penelitian yang ditampilkan pada bagan alir (*flowchart*) yang dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

(halaman kosong)



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Data Proyek

Lokasi yang diambil untuk penelitian merupakan proyek pembangunan gedung 8 lantai Pascasarjana Univesitas Islam Malang. Lokasi Proyek konstruksi dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1. Lokasi Proyek Pembangunan

Berikut merupakan data umum proyek:

Nama Proyek : Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang

Lokasi : Jl. MT. Haryono No. 93, Malang

Total Luas Bangunan : 4284 m²

Pemilik Proyek : Yayasan Unisma

Jl. MT. Haryono No. 93, Malang

Konsultan Perencana : Team Teknis Unisma

Jl. MT. Haryono No. 93, Malang

Konsultan MK : Team Teknis Unisma

Jl. MT. Haryono No. 93, Malang

Kontraktor Pelaksana : PT. Karya Sepakat Kita

Jl. Arif Rahman Hakim 8, Ponorogo

Nomor Kontrak : 273/E.03/Y.X/2015

Nilai Kontrak : Rp. 17.307.063.915,-

Waktu Pelaksanaan : 330 hari kalender

Dalam menganalisis penulisan ini dibutuhkan data-data yang diperoleh dari proyek. Data yang diperlukan adalah kuisisioner dari pihak kontraktor mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya sisa material pada pelaksanaan proyek. Selain itu untuk mengevaluasi sisa material pada proyek, penelitian ini juga membutuhkan data teknis sebagai berikut:

1. *As Built Drawing*
2. *Bill of Quantity*
3. Daftar Harga Satuan Bahan
4. Laporan Harian

4.2 Analisis Kuantitas dan Biaya Sisa Material

Dalam menganalisis kuantitas serta biaya sisa material pada penelitian ini dibutuhkan beberapa tahapan seperti berikut:

4.2.1 Penentuan material yang berpotensi menjadi sisa material

Sebelum memulai analisis perhitungan volume material yang terpasang, langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan jenis-jenis material yang terpasang dengan cara pembagian kuisioner pada 5 (orang) pelaksana proyek seperti yang terdapat pada **lampiran 2** yang merupakan kuisioner pendahuluan. Kuisioner tersebut berisi pilihan atas beberapa jenis material yang digunakan pada proyek seperti yang terdapat pada **Tabel 4.1**. Adanya kuisioner pendahuluan ini bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis material yang berpotensi menghasilkan sisa material pada proyek.

Tabel 4.1. Hasil rekapitulasi jenis-jenis material yang digunakan pada proyek

No.	Jenis Material	No.	Jenis Material
1.	Pasir Urug	14.	Listplank Aluminium
2.	Batu Kali	15.	Genteng KIA
3.	Besi Tulangan	16.	Bubungan
4.	Beton	17.	Aksesoris Puncak Atap
5.	Baja Profil WF	18.	Bata Ringan
6.	Baja Profil Canal	19.	Keramik
7.	Usuk Reng Galvalum	20.	Rangka Plafond Galvalum
8.	Plat Plendes 10 mm	21.	Gypsum Board
9.	Anchor d.24 mm	22.	List Gypsum
10.	Plat Siku	23.	Tiang Pancang
11.	Trekstang Gording d. 10 mm	24.	Semen PC
12.	Mur Baut	25.	Kaca
13.	Aluminium Foil Double Side	26.	Alumunium (Kusen)

Sumber : RAB Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana UNISMA

Para responden akan memilih material mana saja yang berpotensi menghasilkan sisa material pada proyek ini dan jenis-jenis material tersebut yang nantinya akan dianalisis kuantitas dan biaya sisa materialnya. Pada **Tabel 4.2** merupakan hasil rekapitulasi kuisioner pendahuluan yang merupakan pilihan responden:

Tabel 4.2. Hasil rekapitulasi kuisioner pendahuluan

No.	Jenis Material	Jumlah Responden
1	Pasir Urug	2
2	Batu Kali	2
3	Besi Tulangan	5
4	Beton	4
5	Baja Profil WF	2
6	Baja Profil Canal	2
7	Usuk Reng Galvalum	4
8	Genteng	3
9	Bata Ringan	4
10	Keramik	5
11	Rangka Plafond Galvalum	5
12	Gypsum Board	5
13	Tiang Pancang	3
14	Kaca	4
15	Alumunium (Kusen)	5

4.2.2 Perhitungan kuantitas material terpasang

Tahap selanjutnya adalah perhitungan kuantitas material terpasang yang mana material yang akan dihitung ialah jenis-jenis material yang terpilih pada kuisioner pendahuluan. Material terpasang merupakan material yang menjadi komponen penyusun dari suatu elemen bangunan. Perhitungan kuantitas material terpasang dilakukan berdasarkan *as built drawing* yang terdapat pada **lampiran 1**. Untuk jenis material baja tulangan agar didapatkan hasil yang lebih akurat digunakan data bestad atau pembesian. Perhitungan kuantitas atau volume sisa material pada tiap material yang terpilih terdapat pada **lampiran 3**. Berikut merupakan rekapitulasi hasil kuantitas atau volume sisa material pada tiap-tiap material yang terpilih pada proyek.

Tabel 4.3. Rekapitulasi Kuantitas Material Terpasang

No.	Material	Jenis/ Ukuran	Kuantitas	Satuan
1.	Tulangan	D22	124786,60	kg
		D19	50300,40	kg
		D16	18625,50	kg
		D13	5884,50	kg
		D10	131003,30	kg
2.	Beton	<i>Ready mix</i>	2036,60	m3
3.	Tiang Pancang	Beton pracetak	2223,60	m1
4.	Batu Kali	15/20 cm	37,80	m3
5.	Pasir	Urug	85,81	m3
6.	Bata Ringan	60x20x10 cm	138,80	m3
7.	Keramik	Granit Tile 60x60/ ESSENZA	4847,82	m2
		Granit Tile Tangga 30x60 ESSENZA	176,88	m2
		Tegel Keramik KM 40x40/ Roman	265,25	m2
		Tegel Keramik 20x20 dinding KM/ Rmn	677,91	m2
8.	Genteng	KIA 32 x 31,4 cm	8396,00	bh
9.	Galvalum	Hollow 4x4 cm	3673,10	m1
		Hollow 2x4 cm	18858,93	m1
10.	Gypsum Board	JAYABOARD 9 mm	1800,26	lbr
11.	Alumunium	3inch SILVER INDAL	3700,27	m1

4.2.3 Perhitungan material siap pakai

Material siap pakai merupakan material pembelian pada proyek. Kuantitas ini didapatkan berdasarkan data laporan harian/mingguan yang terdapat pada **lampiran1**. Pada laporan harian/mingguan dapat diketahui jenis serta jumlah material yang dibeli atau masuk selama pelaksanaan proyek konstruksi. Berikut merupakan rekapitulasi pembelian setiap jenis material pada proyek Unisma.

Tabel 4.4. Rekapitulasi pembelian material pada Proyek Unisma

No.	Material	Jenis/ Ukuran	Kuantitas	Satuan
1.	Tulangan	D22	125738,43	kg
		D19	50766,40	kg
		D16	19421,35	kg
		D13	6329,26	kg
		D10	131079,30	kg
2.	Beton	<i>Ready mix</i>	2038,50	m3
3.	Tiang Pancang	Beton pracetak	2628,00	m1
4.	Batu Kali	15/20 cm	39,85	m3
5.	Pasir	Urug	88,00	m3
6.	Bata Ringan	60x20x10 cm	140,40	m3
7.	Keramik	Granit Tile 60x60/ ESSENZA	4860,00	m2
		Granit Tile Tangga 30x60 ESSENZA	179,82	m2
		Tegel Keramik KM 40x40/ Roman	277,44	m2
		Tegel Keramik 20x20 dinding KM/ Rmn	680,00	m2
8.	Genteng	KIA 32 x 31,4 cm	8540,00	bh
9.	Galvalum	Hollow 4x4 cm	3780,00	m1
		Hollow 2x4 cm	19020,00	m1
10.	Gypsum Board	JAYABOARD 9 mm	1870,00	lbr
11.	Alumunium	3inch SILVER INDAL	3720,00	m1
		3,5 cm	780,00	m1

4.2.4 Perhitungan kuantitas dan biaya sisa material

Kuantitas sisa material diperoleh dari hasil perhitungan kuantitas siap pakai dikurangi kuantitas terpasang. Untuk perhitungan biaya sisa material diperoleh dari kuantitas sisa material dikali harga satuan material. Perhitungan kuantitas dan biaya sisa material terdapat pada **lampiran3**. Berikut merupakan hasil perhitungan biaya seluruh sisa material yang terpilih.

Tabel 4.5. Hasil perhitungan biaya sisa material

No.	Material	Biaya Sisa Material (Rp)
1.	Tiang Pancang	93.012.000,00
2.	Tulangan D22	8.328.505,00
3.	Tulangan D16	6.963.675,00
4.	Keramik Granit Tile 60x60/ ESSENZA	4.361.514,00
5.	Tulangan D19	4.077.487,50
6.	Tulangan D13	3.891.629,25
7.	Bata Ringan 60x20x10 cm	1.804.427,10
8.	Genteng KIA 32 x 31,4 cm	1.800.000,00
9.	Alumunium 3inch SILVER INDAL	1.578.560,00
10.	Gypsum Board JAYABOARD 9 mm	1.381.564,72
11.	Tegel Keramik KM 40x40/ Roman	1.365.728,00
12.	Beton <i>ready mix</i>	1.313.710,32
13.	Galvalum Hollow 2x4 cm	1.127.466,67
14.	Galvalum Hollow 4x4 cm	1.015.550,00
15.	Keramik Granit Tile Tangga 30x60 ESSENZA	926.100,00
16.	Tulangan D10	665.000,00
17.	Tegel Keramik 20x40 dinding KM/ Roman	240.304,00
18.	Batu Kali 15/20 cm	215.460,00
19.	Pasir Urug	153.440,00
	Σ	136.442.921,56

4.3 Analisis FTA (*Fault Tree Analysis*)

Dalam menganalisis penyebab terjadinya sisa material menggunakan *Fault Tree Analysis* dibutuhkan beberapa tahapan sebagai berikut:

4.3.1 Menentukan *top event*

Tahap awal dalam mengidentifikasi menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah dengan penentuan *top event*. *Top event* atau kejadian puncak adalah identifikasi dari kegagalan atau kesalahan suatu sistem yang terlebih dahulu ditentukan dalam pembuatan suatu model grafis *Fault Tree Analysis* (FTA). *Top event* yang diperoleh, ditentukan dari hasil perhitungan sisa material dengan nilai terbesar dalam segi biaya.

Sehingga, terdapat 2 (dua) material yang akan dijadikan *top event* dalam penelitian ini yaitu baja tulangan dan tiang pancang. Dari tiap *top event* yang ada akan dianalisis kejadian-kejadian yang mengakibatkannya terjadi dengan membuatnya model grafis *fault tree* yang akan diteliti lebih lanjut hingga ke penyebab kejadian dasarnya.

4.3.2 Menentukan faktor-faktor penyebab terjadinya sisa material

Setelah mendapatkan *top event* tahap selanjutnya adalah menentukan faktor-faktor penyebab terjadinya sisa material yang merupakan penjelasan atau gambaran umum dari *top event* atau kejadian puncak. Faktor-faktor penyebab terjadinya sisa material ini diperoleh dari studi literatur dan juga dari kondisi lapangan yang mana dilakukan dengan cara pembagian kuisioner seperti yang tertera pada **lampiran2**.

Berikut adalah faktor-faktor penyebab sisa material pada tiap *top event*:

4.3.2.1 Baja tulangan

Dari data yang didapat, penyebab terjadinya sisa material baja tulangan antara lain sebagai berikut:

Tabel 4.6. Penyebab sisa material baja tulangan

Faktor Desain	
1.	Adanya perubahan desain
2.	Kontraktor salah dalam pengadaan
3.	Kurang memperhatikan ukuran produk
4.	Ketidaklengkapan dokumen kontrak
Faktor Pengadaan Material	
1.	Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil
2.	Pemesanan melebihi kebutuhan
Faktor Penanganan Material	
1.	Meletakkan material tidak pada tempatnya
2.	Kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material
Faktor Pelaksanaan	
1.	Material tercecer saat pemasangan
2.	Peralatan yang tidak berfungsi
3.	Sisa material tidak dapat dipakai

4.3.2.2 Tiang pancang

Dari data yang didapat, penyebab terjadinya sisa material pancang antara lain sebagai berikut:

Tabel 4.7. Penyebab sisa material tiang pancang

Faktor Pengadaan Material	
1.	Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil
2.	Rusaknya material pada saat pembelian
Faktor Penanganan Material	
1.	Kualitas material yang diterima menurun
2.	Kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material
Faktor Pelaksanaan	
1.	Peralatan yang tidak berfungsi
2.	Sisa material tidak dapat dipakai

4.3.3 Penggambaran FTA (*Fault Tree Analysis*)

Setelah mendapatkan faktor-faktor penyebab sisa material, langkah berikutnya ialah membuat analisis tentang penyebab sisa material tersebut dengan cara penggambaran model grafis FTA (*Fault Tree Analysis*). Berikut ini merupakan penggambaran model FTA tiap *top event*:

4.3.3.1 Baja tulangan

Baja tulangan merupakan salah satu *top event* terpilih yang dikarenakan baja tulangan merupakan salah satu dari 2 (dua) material yang menghasilkan sisa paling merugikan atau paling besar dalam hal biaya. Berikut analisis dari sisa material baja tulangan dengan model grafis FTA.

Terjadinya sisa material baja tulangan disebabkan oleh 4 (empat) *event*, diantaranya adalah faktor desain, faktor pengadaan material, faktor penanganan material, dan faktor pelaksanaan. Keempat *event* ini merupakan *event* pertama. Hal ini dikarenakan posisi simbol kejadiannya sejajar dan juga merupakan kejadian utama penyebab terjadinya sisa material baja tulangan. OR *gate* merupakan simbol gerbang yang digunakan untuk menghubungkan *top event* dengan keempat kejadian tersebut. Digunakannya OR *gate* dikarenakan salah satu atau lebih dari keempat kejadian tersebut lebih dominan menyebabkan *top event* terjadi. Jika simbol OR *gate* digunakan itu berarti salah satu kejadian menyebabkan terjadinya sisa material.

Event pertama pada faktor desain menggunakan simbol kejadian *Intermediate event*. Ini disebabkan kejadian tersebut merupakan kejadian yang dapat diteliti lagi penyebab dasarnya. Selanjutnya, simbol gerbang OR digunakan untuk menghubungkan kejadian pertama ke kejadian kedua. Ini dikarenakan salah satu atau bahkan lebih *input* yang masuk menyebabkan munculnya *output*. Terjadinya sisa material baja tulangan oleh faktor desain disebabkan oleh 4 kejadian yaitu *intermediate event* adanya perubahan desain, *intermediate event* kontraktor salah dalam pengadaan, *undeveloped event* kurang memperhatikan ukuran produk, dan *intermediate event* ketidaklengkapan dokumen. Keempat *event* ini dihubungkan oleh simbol gerbang OR. *Event* kurangnya memperhatikan ukuran produk menggunakan simbol *undeveloped event* dikarenakan kejadian ini tidak diketahui lagi informasi lebih tentang penyebab dasarnya. *Event* adanya perubahan desain

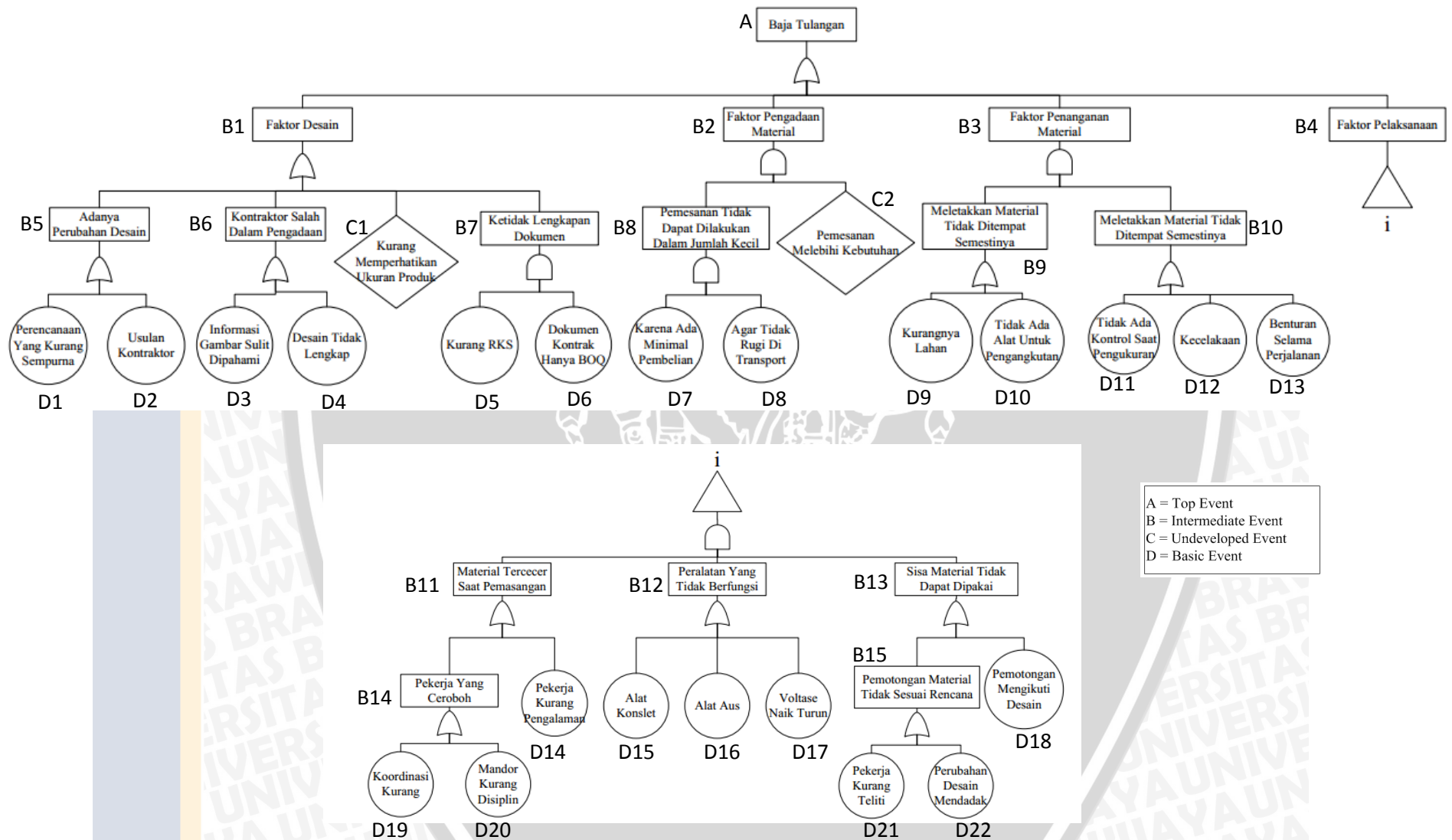
menggunakan *intermediate event* karena kejadian tersebut dapat diketahui lagi penyebabnya yaitu perencanaan yang kurang sempurna dan atau usulan kontraktor yang dihubungkan dengan simbol gerbang OR. Kedua *event* penyebab *intermediate event* ini memakai simbol *basic event* dimana kedua kejadian ini sudah tidak perlu lagi dicari penyebabnya. Sedangkan *event* kontraktor salah dalam pengadaan disebabkan oleh informasi gambar sulit dipahami dan atau desain tidak lengkap. Keduanya memakai simbol *basic event* dan dihubungkan oleh simbol gerbang OR. Dan yang terakhir untuk penyebab faktor desain yaitu *event* ketidaklengkapan dokumen yang mana disebabkan oleh dua *basic event* yaitu kurang RKS dan dokumen kontrak hanya BoQ. Kedua *event* tersebut dihubungkan dengan simbol gerbang AND. Hal ini dikarenakan kedua *event* ini sama-sama menyebabkan terjadinya *event* ketidaklengkapan dokumen.

Event pertama pada faktor pengadaan material menggunakan simbol kejadian *Intermediate event*. Dari *event* pertama menuju *event* kedua digunakan simbol gerbang AND. Terjadinya sisa material baja tulangan oleh faktor pengadaan material disebabkan oleh pemesanan yang tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil dan pemesanan yang melebihi kebutuhan. Kedua kejadian tersebut sama-sama menyebabkan terjadinya sisa material oleh pengadaan material. *Event* pemesanan yang melebihi kebutuhan menggunakan simbol *undeveloped event* dikarenakan kejadian ini tidak diketahui lagi informasi yang lebih tentang penyebab dasarnya. Kemudian untuk *event* pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil menggunakan *intermediate event* karena *event* tersebut dapat diketahui penyebabnya yaitu karena adanya minimal pembelian dan agar tidak rugi dalam hal transportasi. Kedua *event* tersebut merupakan *basic event* yang dihubungkan dengan simbol gerbang AND.

Event pertama pada faktor penanganan material menggunakan simbol kejadian *Intermediate event*. Dari *event* pertama menuju *event* kedua digunakan simbol gerbang AND. Penyebab terjadinya kejadian faktor penanganan material adalah meletakkan material yang tidak sesuai pada tempatnya dan kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material. Kedua kejadian tersebut menggunakan simbol *intermediate event*. *Event* meletakkan material tidak ditempat yang semestinya disebabkan oleh kurangnya lahan dan atau tidak adanya alat untuk pengangkutan. Kedua *event* tersebut merupakan *basic event* yang dihubungkan dengan simbol gerbang OR. Sedangkan untuk *event* kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material disebabkan oleh tiga *event* yaitu

tidak adanya kontrol saat pengukuran, kecelakaan dan atau benturan selama perjalanan. Ketiga *event* tersebut merupakan *basic event* yang dihubungkan oleh simbol gate OR.

Event pertama pada faktor pelaksanaan menggunakan simbol kejadian *Intermediate event*. Dari *event* pertama menuju *event* kedua digunakan simbol gerbang AND. Faktor pelaksanaan disebabkan oleh tiga *event* yaitu material yang tercecer saat pemasangan, peralatan yang tidak berfungsi dan sisa material yang tidak dapat dipakai lagi. Ketiga *event* tersebut memakai *intermediate event* karena kejadian dasar ketiga *event* tersebut masih bisa diteliti lagi. Penyebab *intermediate event* material yang tercecer saat pemasangan yaitu *intermediate event* pekerja yang ceroboh dan atau *basic event* pekerja yang kurang berpengalaman. Kedua *event* tersebut dihubungkan dengan simbol gerbang OR. Untuk *intermediate event* pekerja yang ceroboh disebabkan oleh dua *basic event* yang dihubungkan dengan simbol gerbang OR yaitu koordinasi pekerja yang kurang dan mandor yang kurang disiplin. Selanjutnya untuk *event* kedua peralatan yang tidak berfungsi disebabkan oleh tiga *basic event* yang dihubungkan dengan simbol gerbang OR yaitu alat yang konslet, alat yang aus dan atau voltase naik turun. Dan *event* kedua yang terakhir yaitu sisa material yang tidak dapat dipakai lagi disebabkan dua *event* yang dihubungkan oleh simbol gerbang OR. Kedua *event* tersebut adalah pemotongan material yang tidak sesuai rencana yang merupakan *intermediate event* dan atau pemotongan mengikuti desain yang merupakan *basic event*. *Intermediate event* pemotongan material yang tidak sesuai rencana disebabkan oleh dua *basic event* yaitu pekerja yang kurang teliti dan perubahan desain yang mendadak. Kedua *basic event* ini dihubungkan dengan simbol gerbang AND.



Gambar 4.2. Model grafis *fault tree analysis* baja tulangan dan Penamaan eventnya

Hasil model grafis *Fault Tree Analysis* dari baja tulangan pada **Gambar 4.2** dapat dibuktikan pada hasil *brainstorming* dari responden yang ada pada **lampiran4**. Model dari simbol gerbang OR dan AND dibuat berdasarkan dua pilihan yaitu ‘salah satu kejadian dominan terjadi’ yang menggunakan simbol gerbang OR dan ‘gabungan kejadian’ yang menggunakan simbol gerbang AND. Pada pilihan ‘salah satu kejadian dominan terjadi’ mengacu pada simbol gerbang OR dikarenakan *event* disebabkan oleh salah satu kejadian yang paling dominan terjadi. Sedangkan untuk pilihan ‘gabungan kejadian’ mengacu pada simbol gerbang AND dikarenakan semua kejadian yang terjadi menyebabkan adanya *top event* atau *intermediate event*.

4.3.3.2 Tiang pancang

Tiang pancang merupakan salah satu *top event* terpilih yang dikarenakan tiang pancang adalah salah satu dari 2 (dua) material yang menghasilkan sisa paling merugikan atau paling besar dalam hal biaya setelah baja tulangan. Berikut ini merupakan analisis dari sisa material tiang pancang dengan model grafis FTA.

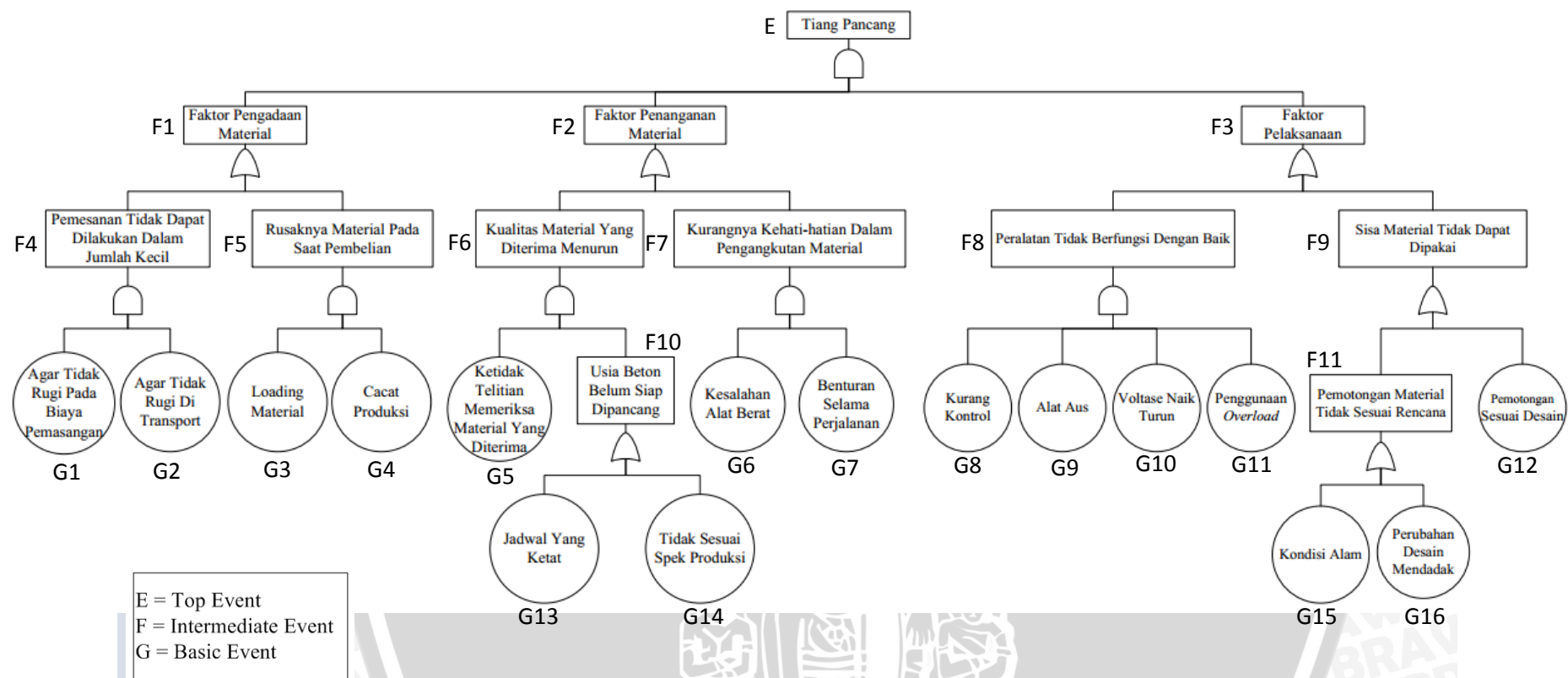
Terjadinya sisa material tiang pancang disebabkan oleh 3 (tiga) *event*, yaitu faktor pengadaan material, faktor penanganan material dan faktor pelaksanaan. Ketiga *event* ini merupakan *event* pertama penyebab terjadinya sisa material tiang pancang. Hal ini disebabkan karena letak ketiga simbol kejadian tersebut sejajar. Simbol gerbang AND ialah simbol gerbang yang digunakan untuk menghubungkan *top event* dengan ketiga *event* pertama tersebut. Digunakannya AND *gate* karena ketiga kejadian tersebut sama-sama menyebabkan *top event* terjadi.

Event pertama pada faktor pengadaan material menggunakan simbol kejadian *Intermediate event*. Ini disebabkan kejadian tersebut merupakan kejadian yang dapat diteliti lagi penyebab dasarnya. Selanjutnya simbol gerbang OR digunakan untuk menghubungkan *event* pertama ke *event* kedua. Ini dikarenakan salah satu atau lebih input yang masuk menyebabkan munculnya output. Terjadinya sisa material tiang pancang oleh faktor pengadaan material disebabkan oleh 2 (dua) *event* yaitu pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil dan rusaknya material saat pengangkutan. Kedua *event* tersebut merupakan *Intermediate event*. *Event* pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil merupakan *intermediate event* yang mana *event* tersebut dapat diketahui lagi penyebab dasarnya yaitu agar tidak rugi pada biaya pemasangan dan agar tidak rugi pada biaya transport. Kedua *event* tersebut dihubungkan oleh simbol gerbang AND dan

merupakan *basic event*. Sedangkan *event* rusaknya material pada saat pembelian merupakan *intermediate event* yang disebabkan oleh 2 (dua) *basic event* yaitu kurangnya kehati-hatian pada saat loading material dan cacat produksi. Kedua *basic event* tersebut dihubungkan oleh simbol gerbang AND.

Event pertama pada faktor penanganan material menggunakan simbol kejadian *Intermediate event*. Dari *event* pertama menuju *event* kedua digunakan simbol gerbang OR. Penyebab terjadinya *event* faktor penanganan material adalah *intermediate event* kualitas material yang diterima menurun dan atau *intermediate event* kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material. *Event* kualitas material yang diterima menurun disebabkan oleh ketidaktelitian memeriksa material yang diterima yang mana merupakan *basic event* dan usia beton belum siap dipancang yang merupakan *intermediate event*. Untuk *event* usia beton belum siap dipancang disebabkan oleh dua *basic event* yang dihubungkan oleh simbol gerbang OR yaitu jadwal proyek yang ketat dan atau beton tidak sesuai spek produksi. Sedangkan untuk *event* kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material disebabkan oleh kesalahan alat berat dan benturan saat perjalanan yang mana keduanya merupakan *basic event* yang dihubungkan oleh simbol gerbang AND.

Event pertama pada faktor pelaksanaan menggunakan simbol kejadian *intermediate event*. Dari *event* pertama menuju *event* kedua digunakan simbol gerbang OR. Faktor pelaksanaan disebabkan oleh dua *event* yaitu sisa material yang tidak dapat dipakai lagi dan peralatan yang tidak berfungsi dengan baik. *Event* peralatan tidak berfungsi dengan baik merupakan *intermediate event* yang disebabkan oleh 4 (empat) *basic event* yang dihubungkan oleh simbol gerbang AND yaitu kurangnya kontrol, alat yang aus, voltase yang naik turun dan penggunaan alat yang overload. Sedangkan *event* sisa material tidak dapat dipakai lagi disebabkan oleh 2 (dua) *event* yang dihubungkan oleh simbol gerbang OR yaitu *intermediate event* pemotongan material tidak sesuai rencana dan *basic event* pemotongan mengikuti desain. Untuk *event* pemotongan tidak sesuai rencana disebabkan oleh kondisi alam dan atau perubahan desain mendadak. Kedua *event* tersebut merupakan *basic event* yang dihubungkan oleh simbol gerbang OR.



Gambar 4.3. Model grafis *fault tree analysis* tiang pancang dan Penamaan eventnya

Hasil model grafis *Fault Tree Analysis* dari tiang pancang pada **Gambar 4.3.** dapat dibuktikan pada hasil brainstorming dari responden yang ada pada **lampiran 4.** Model dari simbol gerbang OR dan AND dibuat berdasarkan dua pilihan yaitu ‘salah satu kejadian dominan terjadi’ yang menggunakan simbol gerbang OR dan ‘gabungan kejadian’ yang menggunakan simbol gerbang AND. Pada pilihan ‘salah satu kejadian dominan terjadi’ mengacu pada simbol gerbang OR dikarenakan *event* disebabkan oleh salah satu kejadian yang paling dominan terjadi. Sedangkan untuk pilihan ‘gabungan kejadian’ mengacu pada simbol gerbang AND dikarenakan semua kejadian yang terjadi menyebabkan adanya *top event* atau *intermediate event*.

4.3.4 Mencari *minimal cut set*

Setelah penggambaran model grafis *fault tree analysis* selesai, tahap selanjutnya adalah mencari *minimal cut set*. Dalam mencari *minimal cut set* hal pertama yang dilakukan ialah menentukan *cut set*. *Cut set* sendiri didefinisikan sebagai kejadian dasar atau *basic event* yang jika terjadi menyebabkan *top event* terjadi yang berarti menyebabkan terjadinya sisa material. Sebuah *cut set* akan dikatakan sebagai *minimal cut set* apabila *cut set* tersebut tidak dapat direduksi tanpa menghilangkan status sebagai *cut set* itu sendiri. Salah satu cara untuk mencari *minimal cut set* yaitu dengan menggunakan Aljabar Boolean.

4.3.4.1 Baja Tulangan

Langkah awal dalam mencari *minimal cut set* adalah memberi penamaan pada setiap *event* yang terjadi pada model grafis *fault tree analysis*. Penamaan *event* pada FTA baja tulangan ada pada **Gambar 4.2.**

Setelah melakukan penamaan, langkah selanjutnya adalah mencari cut set dengan menggunakan aljabar Boolean. Berikut ini merupakan aljabar Boolean dari grafis FTA:

$$A = B1 + B2 + B3 + B4$$

$$B1 = B5 + B6 + C1 + B7$$

$$B2 = B8 \cdot C2$$

$$B3 = B9 \cdot B10$$

$$B4 = B11 \cdot B12 \cdot B13$$

$$B5 = D1 + D2$$

$$B6 = D3 + D4$$

$$B7 = D5 \cdot D6$$

$$B8 = D7 \cdot D8$$

$$B9 = D9 + D10$$

$$B10 = D11 + D12 + D13$$

$$B11 = B14 + D14$$

$$B12 = D15 + D16 + D17$$

$$B13 = B15 + D18$$

$$B14 = D19 + D20$$

$$B15 = D21 + D22$$

Langkah selanjutnya adalah mencari *minimal cut set* dari aljabar Boolean diatas untuk mendapatkan kombinasi beberapa kejadian hingga hasilnya tidak dapat desederhanakan lagi. Hasil dari kombinasi kejadian-kejadian tersebut merupakan penyebab dari *top event* terjadi. Berikut ini adalah kombinasi dari aljabar Boolean sesuai dengan hukum-hukumnya:

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



$$\begin{aligned}
A &= B1 + B2 + B3 + B4 \\
&= (B5 + B6 + C1 + B7) + (B8 \cdot C2) + (B9 \cdot B10) + (B11 \cdot B12 \cdot B13) \\
&= ((D1 + D2 + D3 + D4 + C1) + D5 \cdot D6) + (D7 \cdot D8 \cdot C2) + ((D9 + D10) \cdot \\
&\quad (D11 + D12 + D13)) + ((B14 + D14) \cdot (D15 + D16 + D17) \cdot (B15 + D18)) \\
&= (D1 + D2 + D3 + D4 + C1 + D5 \cdot D6) + (D7 \cdot D8 \cdot C2) + ((D9 + D10) \cdot \\
&\quad (D11 + D12 + D13)) + ((D19 + D20 + D14) \cdot (D15 + D16 + D17) \cdot (D21 \\
&\quad + D22 + D18)) \\
&= D1 + D2 + D3 + D4 + C1 + (D5 \cdot D6) + (D7 \cdot D8 \cdot C2) + (D9 \cdot D11) + \\
&\quad (D9 \cdot D12) + (D9 \cdot D13) + (D10 \cdot D11) + (D10 \cdot D12) + (D10 \cdot D13) + \\
&\quad (D15 \cdot D19 \cdot D21) + (D15 \cdot D20 \cdot D21) + (D14 \cdot D15 \cdot D21) + (D16 \cdot \\
&\quad D19 \cdot D21) + (D16 \cdot D20 \cdot D21) + (D14 \cdot D16 \cdot D21) + (D17 \cdot D19 \cdot \\
&\quad D21) + (D17 \cdot D20 \cdot D21) + (D14 \cdot D17 \cdot D21) + (D15 \cdot D19 \cdot D22) + \\
&\quad (D15 \cdot D20 \cdot D22) + (D14 \cdot D15 \cdot D22) + (D16 \cdot D19 \cdot D22) + (D20 \cdot \\
&\quad D16 \cdot D22) + (D14 \cdot D16 \cdot D22) + (D17 \cdot D19 \cdot D22) + (D20 \cdot D17 \cdot \\
&\quad D22) + (D14 \cdot D17 \cdot D22) + (D15 \cdot D18 \cdot D19) + (D15 \cdot D20 \cdot D18) + \\
&\quad (D14 \cdot D15 \cdot D18) + (D16 \cdot D18 \cdot D19) + (D16 \cdot D18 \cdot D20) + (D14 \cdot \\
&\quad D16 \cdot D18) + (D17 \cdot D18 \cdot D19) + (D17 \cdot D18 \cdot D20) + (D14 \cdot D17 \cdot \\
&\quad D18)
\end{aligned}$$

Sehingga, didapatkanlah *minimal cut set* dari Aljabar Boolean diatas.

Tabel 4.8. *Minimal cut set* baja tulangan

No.	Kombinasi Event	No.	Kombinasi Event
1	D1	21	D17 · D20 · D21
2	D2	22	D14 · D17 · D21
3	D3	23	D15 · D19 · D22
4	D4	24	D15 · D20 · D22
5	C1	25	D14 · D15 · D22
6	D5 · D6	26	D16 · D19 · D22
7	D7 · D8 · C2	27	D20 · D16 · D22
8	D9 · D11	28	D14 · D16 · D22
9	D9 · D12	29	D17 · D19 · D22
10	D9 · D13	30	D20 · D17 · D22
11	D10 · D11	31	D14 · D17 · D22
12	D10 · D12	32	D15 · D19 · D18
13	D10 · D13	33	D15 · D20 · D18
14	D15 · D19 · D21	34	D14 · D15 · D18
15	D15 · D20 · D21	35	D16 · D18 · D19
16	D14 · D15 · D21	36	D16 · D18 · D20
17	D16 · D19 · D21	37	D14 · D16 · D18
18	D16 · D20 · D21	38	D17 · D18 · D19
19	D14 · D16 · D21	39	D17 · D18 · D20
20	D17 · D19 · D21	40	D14 · D17 · D18

Hasil dari Aljabar Boolean pada **Tabel 4.8.** adalah 40 *minimal cut set* yang merupakan kombinasi *basic event* (kejadian dasar) yang menyebabkan *top event* terjadi. Maka penyebab dari terjadinya sisa material baja tulangan adalah:

1. Perencanaan yang kurang sempurna.
2. Usulan kontraktor.
3. Informasi gambar sulit dipahami.
4. Desain tidak lengkap.
5. Kurang memperhatikan produk.
6. Kurang RKS dan dokumen kontrak hanya BoQ.
7. Karena ada minimal pembelian dan agar tidak rugi di transport dan pemesanan melebihi kebutuhan.
8. Kurangnya lahan dan tidak ada kontrol saat pengukuran.

9. Kurangnya lahan dan kecelakaan.
10. Kurangnya lahan dan benturan selama perjalanan.
11. Tidak ada alat untuk pengangkutan dan tidak ada kontrol saat pengangkutan.
12. Tidak ada alat untuk pengangkutan dan kecelakaan.
13. Tidak alat untuk pengangkutan dan benturan selama perjalanan.
14. Alat konlet dan koordinasi kurang dan pekerja kurang teliti.
15. Alat konslet dan mandor kurang disiplin dan pekerja kurang teliti.
16. Pekerja kurang pengalaman dan alat konslet dan pekerja kurang teliti.
17. Alat aus dan koordinasi kurang dan pekerja kurang teliti.
18. Alat aus dan mandor kurang disiplin dan pekerja kurang teliti.
19. Pekerja kurang pengalaman dan alat aus dan pekerja kurang teliti.
20. Voltase naik turun dan koordinasi kurang dan pekerja kurang teliti.
21. Voltase naik turun dan mandor kurang disiplin dan pekerja kurang teliti.
22. Pekerja kurang pengalaman dan voltase naik turun dan pekerja kurang teliti.
23. Alat konslet dan koordinasi kurang dan perubahan desain mendadak.
24. Alat konslet dan mandor kurang disiplin dan perubahan desain mendadak
25. Pekerja kurang pengalaman dan alat konslet dan perubahan desain mendadak.
26. Alat aus dan koordinasi kurang dan perubahan mendadak.
27. Alat aus dan mandor kurang disiplin dan perubahan desain mendadak.
28. Pekerja kurang pengalaman dan alat aus dan perubahan desain mendadak.
29. Voltase naik turun dan koordinasi kurang dan perubahan desain mendadak.
30. Voltase naik turun dan mandor kurang disiplin dan perubahan desain mendadak.
31. Pekerja kurang pengalaman dan voltase naik turun dan perubahan desain mendadak.
32. Alat konslet dan pemotongan mengikuti desain dan koordinasi kurang.
33. Alat konslet dan pemotongan mengikuti desain dan mandor kurang disiplin.
34. Pekerja kurang pemngalaman dan alat konslet dan pemotongan mengikuti desain.
35. Alat aus dan pemotongan mengikuti desain dan koordinasi kurang.
36. Alat aus dan pemotongan mengikuti desain dan mandor kurang disiplin.
37. Pekerja kurang pengalaman dan alat aus dan pemotongan mengikuti desain.
38. Voltase naik turun dan pemotongan mengikuti desain dan koordinasi kurang.
39. Voltase naik turun dan pemotongan mengikuti desain dan mandor kurang disiplin.
40. Pekerja kurang pengalaman dan voltase naik turun dan pemotongan mengikuti desain.

Setelah mendapatkan *minimal cut set* diatas langkah selanjutnya adalah mencari kejadian yang merupakan faktor dominan yang menyebabkan terjadinya sisa material baja tulangan yang mana kejadian tersebut merupakan kejadian yang sering muncul. Adapun hal tersebut dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.9. Banyaknya kejadian muncul pada baja tulangan

No.	Event	Jumlah	No.	Event	Jumlah	No.	Event	Jumlah
1	C1	1	9	D7	1	17	D15	9
2	C2	1	10	D8	1	18	D16	9
3	D1	1	11	D9	3	19	D17	9
4	D2	1	12	D10	3	20	D18	9
5	D3	1	13	D11	2	21	D19	9
6	D4	1	14	D12	2	22	D20	9
7	D5	1	15	D13	2	23	D21	9
8	D6	1	16	D14	9	24	D22	9

Banyaknya jumlah kejadian yang muncul pada *minimal cut set* dapat dilihat pada **Tabel 4.9.** yang mana kejadian tersebut merupakan kejadian dasar yang menyebabkan terjadinya sisa material pada baja tulangan. Pada penelitian ini diberi batasan untuk jumlah kejadian yang dihitung paling sering muncul yaitu 20% dari jumlah *minimal cut set* baja tulangan. Dari batasan tersebut maka diambil jumlah banyaknya muncul minimal 8 (delapan) pada setiap kejadian. Berdasarkan tabel banyaknya kejadian muncul terdapat 9 (sembilan) kejadian yang memenuhi syarat yaitu D14, D15, D16, D17, D18, D19, D20, D21 dan D22 dengan jumlah 9 kali muncul. Sehingga kejadian dasar yang dominan menyebabkan terjadinya sisa material pada baja tulangan ialah pekerja yang kurang pengalaman, alat yang konslet, alat yang sudah aus, voltase listrik naik turun, pemotongan mengikuti desain, koordinasi yang kurang, mandor kurang disiplin, pekerja kurang teliti dan perubahan desain yang mendadak.

4.3.4.1 Tiang pancang

Seperti baja tulangan, langkah pertama dalam mencari *minimal cut set* adalah memberikan penamaan pada setiap *event* yang terjadi pada model grafis *fault tree analysis*. Penamaan event pada FTA tiang pancang dapat dilihat pada **Gambar 4.3.**

Setelah melakukan penamaan, langkah selanjutnya adalah mencari cut set dengan menggunakan aljabar Boolean. Berikut ini merupakan aljabar Boolean dari grafis FTA:

$$E = F1 \cdot F2 \cdot F3$$

$$F1 = F4 + F5$$

$$F2 = F6 + F7$$

$$F3 = F8 + F9$$

$$F4 = G1 \cdot G2$$

$$F5 = G3 \cdot G4$$

$$F6 = G5 \cdot F10$$

$$F7 = G6 \cdot G7$$

$$F8 = G8 \cdot G9 \cdot G10 \cdot G11$$

$$F9 = F11 + G12$$

$$F10 = G13 + G14$$

$$F11 = G15 + G16$$

Langkah selanjutnya adalah mencari *minimal cut set* dari aljabar Boolean diatas untuk mendapatkan kombinasi beberapa kejadian hingga hasilnya tidak dapat desederhanakan lagi. Hasil dari kombinasi kejadian-kejadian tersebut merupakan penyebab dari *top event* terjadi. Berikut ini adalah kombinasi dari aljabar Boolean sesuai dengan hukum-hukumnya:

$$E = F1 \cdot F2 \cdot F3$$

$$= (F4 + F5) \cdot (F6 + F7) \cdot (F8 + F9)$$

$$= ((G1 \cdot G2) + (G3 \cdot G4)) \cdot ((G5 \cdot F10) + (G6 \cdot G7)) \cdot ((G8 \cdot G9 \cdot G10 \cdot G11) + (F11 + G12))$$

$$= ((G1 \cdot G2) + (G3 \cdot G4)) \cdot ((G5 \cdot (G13 + G14)) + (G6 \cdot G7)) \cdot ((G8 \cdot G9 \cdot$$

$$\begin{aligned}
& G10 \cdot G11) + (G15 + G16 + G12)) \\
& = ((G1 \cdot G2) + (G3 \cdot G4)) \cdot ((G5 \cdot G13) + (G5 \cdot G14)) + (G6 \cdot G7)) \cdot ((G8 \cdot \\
& \quad G9 \cdot G10 \cdot G11) + G15 + G16 + G12) \\
& = (G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G8 \cdot G9 \cdot G10 \cdot G11 \cdot G13) + (G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G13 \cdot G15) \\
& \quad + (G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G13 \cdot G16) + (G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G12 \cdot G13) + (G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot \\
& \quad G8 \cdot G9 \cdot G10 \cdot G11 \cdot G14) + (G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G14 \cdot G15) + (G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot \\
& \quad G14 \cdot G16) + (G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G12 \cdot G14) + (G1 \cdot G2 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G8 \cdot G9 \cdot \\
& \quad G10 \cdot G11) + (G1 \cdot G2 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G15) + (G1 \cdot G2 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G16) + (G1 \cdot \\
& \quad G2 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G12) + (G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G8 \cdot G9 \cdot G10 \cdot G11 \cdot G13) + (G3 \cdot G4 \\
& \quad \cdot G5 \cdot G13 \cdot G15) + (G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G13 \cdot G16) + (G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G12 \cdot G13) \\
& \quad + (G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G8 \cdot G9 \cdot G10 \cdot G11 \cdot G14) + (G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G14 \cdot G15) + \\
& \quad (G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G14 \cdot G16) + (G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G12 \cdot G14) + (G3 \cdot G4 \cdot G6 \cdot G7 \\
& \quad \cdot G9 \cdot G9 \cdot G10 \cdot G11) + (G3 \cdot G4 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G15) + (G3 \cdot G4 \cdot G6 \cdot G7 \cdot \\
& \quad G16) + (G3 \cdot G4 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G12)
\end{aligned}$$

Sehingga, didapatkanlah *minimal cut set* dari Aljabar Boolean diatas.

Tabel 4.10. *Minimal cut set tiang pancang*

No.	Kombinasi Event
1	$G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G8 \cdot G9 \cdot G10 \cdot G11 \cdot G13$
2	$G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G13 \cdot G15$
3	$G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G13 \cdot G16$
4	$G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G12 \cdot G13$
5	$G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G8 \cdot G9 \cdot G10 \cdot G11 \cdot G14$
6	$G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G14 \cdot G15$
7	$G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G14 \cdot G16$
8	$G1 \cdot G2 \cdot G5 \cdot G12 \cdot G14$
9	$G1 \cdot G2 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G8 \cdot G9 \cdot G10 \cdot G11$
10	$G1 \cdot G2 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G15$
11	$G1 \cdot G2 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G16$
12	$G1 \cdot G2 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G12$
13	$G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G8 \cdot G9 \cdot G10 \cdot G11 \cdot G13$
14	$G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G13 \cdot G15$
15	$G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G13 \cdot G16$
16	$G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G12 \cdot G13$
17	$G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G8 \cdot G9 \cdot G10 \cdot G11 \cdot G14$
18	$G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G14 \cdot G15$
19	$G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G14 \cdot G16$
20	$G3 \cdot G4 \cdot G5 \cdot G12 \cdot G14$
21	$G3 \cdot G4 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G9 \cdot G9 \cdot G10 \cdot G11$
22	$G3 \cdot G4 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G15$
23	$G3 \cdot G4 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G16$
24	$G3 \cdot G4 \cdot G6 \cdot G7 \cdot G12$

Hasil

dari Aljabar Boolean pada **Tabel 4.10.** adalah 24 *minimal cut set* yang merupakan kombinasi *basic event* (kejadian dasar) yang menyebabkan *top event* terjadi. Maka penyebab dari terjadinya sisa material tiang pancang adalah:

1. Agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan ketidakteletian memeriksa material yang diterima dan jadwal yang ketat dan faktor peralatan yaitu kurangnya kontrol, alat aus, voltase naik turun, penggunaan overload.
2. Agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan ketidakteletian memeriksa material yang diterima dan jadwal yang ketat dan kondisi alam.
3. Agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan ketidakteletian memeriksa material yang diterima dan jadwal yang ketat dan perubahan desain mendadak.
4. Agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan ketidakteletian memeriksa material yang diterima dan pemotongan sesuai desain dan jadwal yang ketat.

5. Agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan ketidakteitian memeriksa material yang diterima dan tidak sesuai spek produksi dan faktor peralatan yaitu kurangnya kontrol, alat aus, voltase naik turun, penggunaan overload.
6. Agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan ketidakteitian memeriksa material yang diterima dan tidak sesuai spek produksi dan kondisi alam.
7. Agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan ketidakteitian memeriksa material yang diterima dan tidak sesuai spek produksi dan perubahan desain mendadak.
8. Agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan ketidakteitian memeriksa material yang diterima dan pemotongan sesuai desain dan tidak sesuai spek produksi.
9. Agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan kesalahan alat berat dan benturan saat perjalanan dan faktor peralatan yaitu kurangnya kontrol, alat aus, voltase naik turun, penggunaan overload.
10. Agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan kesalahan alat berat dan benturan saat perjalanan dan kondisi alam.
11. Agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan kesalahan alat berat dan benturan saat perjalanan dan perubahan desain mendadak.
12. Agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan kesalahan alat berat dan benturan saat perjalanan dan pemotongan sesuai desain.
13. Ketidakhati-hatian pada saat loading material dan cacat produksi dan ketidakteitian memeriksa material yang diterima dan jadwal yang ketat dan faktor peralatan yaitu kurangnya kontrol, alat aus, voltase naik turun, penggunaan overload.
14. Ketidakhati-hatian pada saat loading material dan cacat produksi dan ketidakteitian memeriksa material yang diterima dan jadwal yang ketat dan kondisi alam.
15. Ketidakhati-hatian pada saat loading material dan cacat produksi dan ketidakteitian memeriksa material yang diterima dan jadwal yang ketat dan perubahan desain mendadak.
16. Ketidakhati-hatian pada saat loading material dan cacat produksi dan ketidakteitian memeriksa material yang diterima dan pemotongan sesuai desain dan jadwal yang ketat.
17. Ketidakhati-hatian pada saat loading material dan cacat produksi dan ketidakteitian memeriksa material yang diterima dan tidak sesuai spek produksi dan faktor peralatan yaitu kurangnya kontrol, alat aus, voltase naik turun, penggunaan overload.

18. Ketidakhati-hatian pada saat loading material dan cacat produksi dan ketidakteitian memeriksa material yang diterima dan tidak sesuai spek produksi dan kondisi alam.
19. Ketidakhati-hatian pada saat loading material dan cacat produksi dan ketidakteitian memeriksa material yang diterima dan tidak sesuai spek produksi dan perubahan desain mendadak.
20. Ketidakhati-hatian pada saat loading material dan cacat produksi dan ketidakteitian memeriksa material yang diterima dan pemotongan sesuai desain dan tidak sesuai spek produksi.
21. Ketidakhati-hatian pada saat loading material dan cacat produksi dan kesalahan alat berat dan benturan saat perjalanan dan faktor peralatan yaitu kurangnya kontrol, alat aus, voltase naik turun, penggunaan overload.
22. Ketidakhati-hatian pada saat loading material dan cacat produksi dan kesalahan alat berat dan benturan saat perjalanan dan kondisi alam.
23. Ketidakhati-hatian pada saat loading material dan cacat produksi dan kesalahan alat berat dan benturan saat perjalanan dan perubahan desain mendadak.
24. Ketidakhati-hatian pada saat loading material dan cacat produksi dan kesalahan alat berat dan benturan saat perjalanan dan pemotongan sesuai desain.

Setelah mendapatkan *minimal cut set* diatas langkah selanjutnya adalah mencari kejadian yang merupakan faktor dominan yang menyebabkan terjadinya sisa material tiang pancang yang mana kejadian tersebut merupakan kejadian yang sering muncul. Adapun hal tersebut dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.11. Banyaknya kejadian muncul pada tiang pancang

No.	Event	Jumlah
1	G1 · G2	12
2	G3 · G4	12
3	G5	16
4	G6 · G7	8
5	G8 · G9 · G10 · G11	6
6	G12	6
7	G13	8
8	G14	8
9	G15	6
10	G16	6

Banyaknya jumlah kejadian yang muncul pada *minimal cut set* dapat dilihat pada **Tabel 4.11.** yang mana kejadian tersebut merupakan kejadian dasar yang menyebabkan terjadinya sisa material pada Tiang Pancang. Pada penelitian ini diberi batasan untuk jumlah kejadian yang dihitung paling sering muncul yaitu 50% dari jumlah *minimal cut set* tiang pancang. Dari batasan tersebut maka diambil jumlah banyaknya muncul minimal 12 (dua belas) pada setiap kejadian. Berdasarkan tabel banyaknya kejadian muncul terdapat 5 (lima) kejadian yang memenuhi syarat yaitu $G1 \cdot G2$ dan $G3 \cdot G4$ dengan jumlah 12 kali muncul serta $G5$ dengan jumlah 16 kali muncul. Sehingga kejadian dasar yang dominan menyebabkan terjadinya sisa material pada tiang pancang ialah agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan ketidakhati-hatian saat loading material dan cacat produksi dan ketidaktelitian memeriksa material yang diterima.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai analisis penyebab terjadinya sisa material menggunakan metode *Fault Tree Analysis* yang dilakukan oleh peneliti pada proyek pembangunan gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Material yang berpotensi menghasilkan sisa material pada proyek penelitian adalah baja tulangan, pasir, beton *ready mix*, batu kali, bata ringan, keramik, galvalum, *gypsum board*, aluminium, kaca, baja profil, genteng dan tiang pancang.
2. Total biaya yang ditimbulkan akibat sisa material pada proyek pembangunan gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang yaitu Rp. 136.442.921,56 ,-
3. Langkah awal untuk membuat model grafis *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah dengan menentukan *top event* terlebih dahulu. Selanjutnya dicari kejadian-kejadian yang menyebabkannya terjadi. Kejadian-kejadian tersebut disimbolkan dalam berbagai bentuk simbol kejadian yaitu *intermedate event*, *basic event* dan *undeveloped event*. Kejadian-kejadian yang saling berhubungan dan merupakan sebab-akibat dihubungkan dengan simbol gerbang AND dan OR. Kejadian-kejadian dasar yang menyebabkan *top event* terjadi pada model grafis FTA dapat diketahui lebih lanjut dengan menggunakan perhitungan Aljabar Boolean.
4. Penyebab utama sisa material baja tulangan terjadi adalah pekerja yang kurang pengalaman, alat yang konslet, alat yang sudah aus, voltase listrik naik turun, pemotongan mengikuti desain, koordinasi yang kurang, mandor kurang disiplin, pekerja kurang teliti dan perubahan desain yang mendadak. Sedangkan penyebab utama sisa material tiang pancang terjadi adalah agar tidak rugi pada biaya pemasangan & transport dan ketidakhati-hatian saat loading material dan cacat produksi dan ketidakteelitian memeriksa material yang diterima.

5.2 Saran

Penelitian ini sangat membantu peneliti dalam memperoleh pengetahuan baru dalam menganalisis penyebab terjadinya sisa material dengan menggunakan *Fault Tree Analysis*. Selain itu penelitian ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut dalam penelitian selanjutnya dengan mengambil variabel lainnya dari sisa material ataupun metode yang digunakan.

1. Dalam hal kuisioner, peneliti juga perlu memperhatikan lagi secara teliti dan detail format dan tata cara pembuatan kuisioner faktor-faktor penyebab sisa material agar proyek yang diteliti dapat dianalisis dengan jelas dan mudah. Untuk hasil *brainstorming* seharusnya perlu didiskusikan lebih mendalam lagi.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. 2010. *Manajemen Produksi Untuk Jasa Konstruksi*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Formoso, C. T. 2002. Material waste in building industry: main causes and prevention. *Journal of Construction Engineering and Management*. pp 316-325
- Gavilan, R. M., L.E Bernold. 1994. Source evaluation of solid waste in building construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. pp 536-552
- Intan, S. R.S., Alifen, L. & Arijanto. 2005. Analisa dan evaluasi sisa material konstruksi: sumber penyebab, kuantitas, dan biaya. *Jurnal Dimensi Teknik Sipil*. Vol 7 no 1 hal 36-45
- Nurlina, S. 2008. *Struktur Beton*. Malang: UM Press.
- Priyanta, D. 2000. *Keandalan dan Perawatan*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Sagel, R., Kole, P & Kusuma, G. 1993. *Pedoman Pekerjaan Beton Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*. Jakarta: Erlangga.
- Suseno, H. 2010. *Bahan Bangunan untuk Teknik Sipil*. Malang: Bargie Media.
- Vesely, W.E. 1981. *Fault Tree Handbook*. Washington D.C: U.S. Nuclear Regulatory Commission.

(halaman kosong)



LAMPIRAN



(halaman kosong)



LAMPIRAN 1

DATA PROYEK

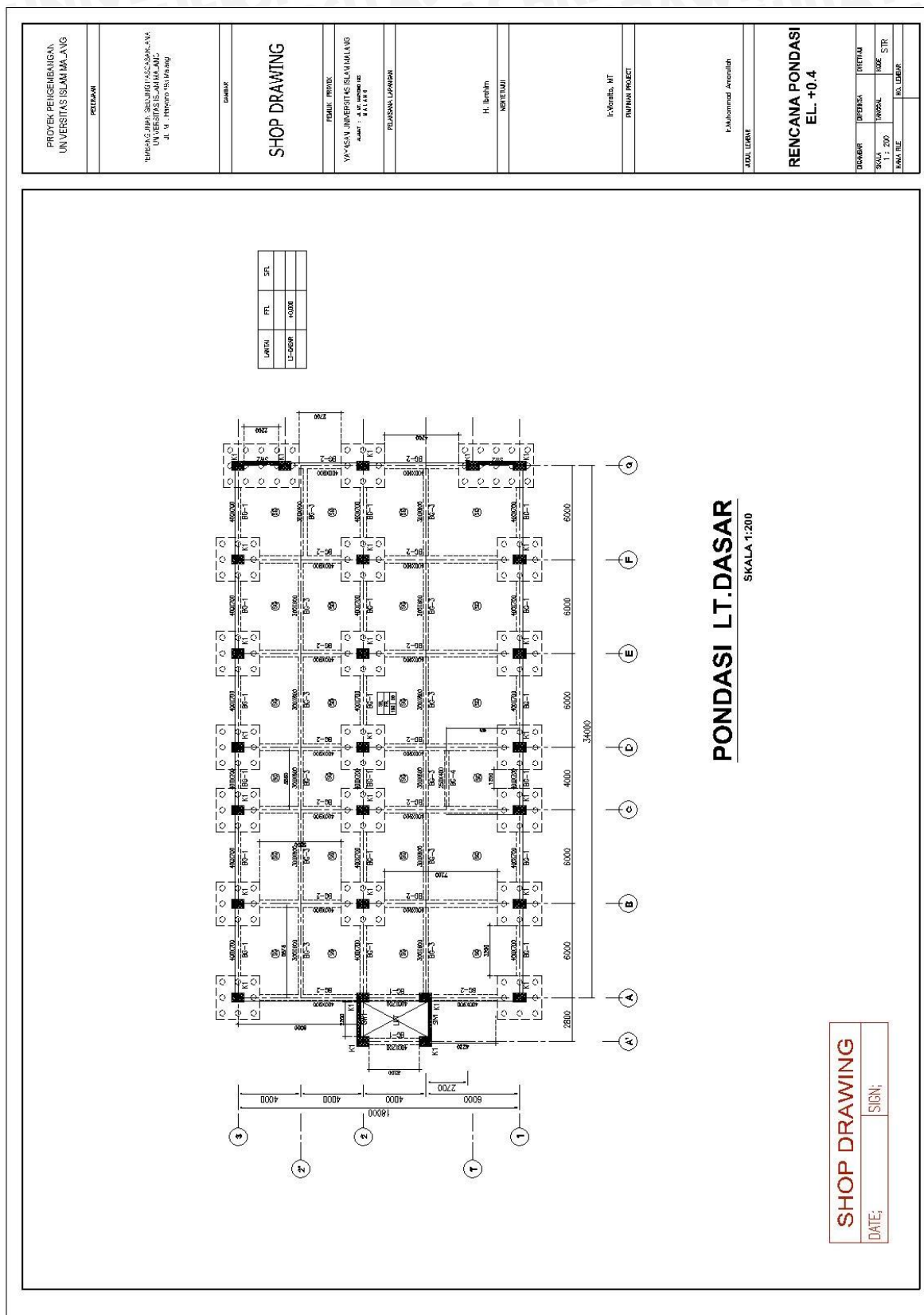


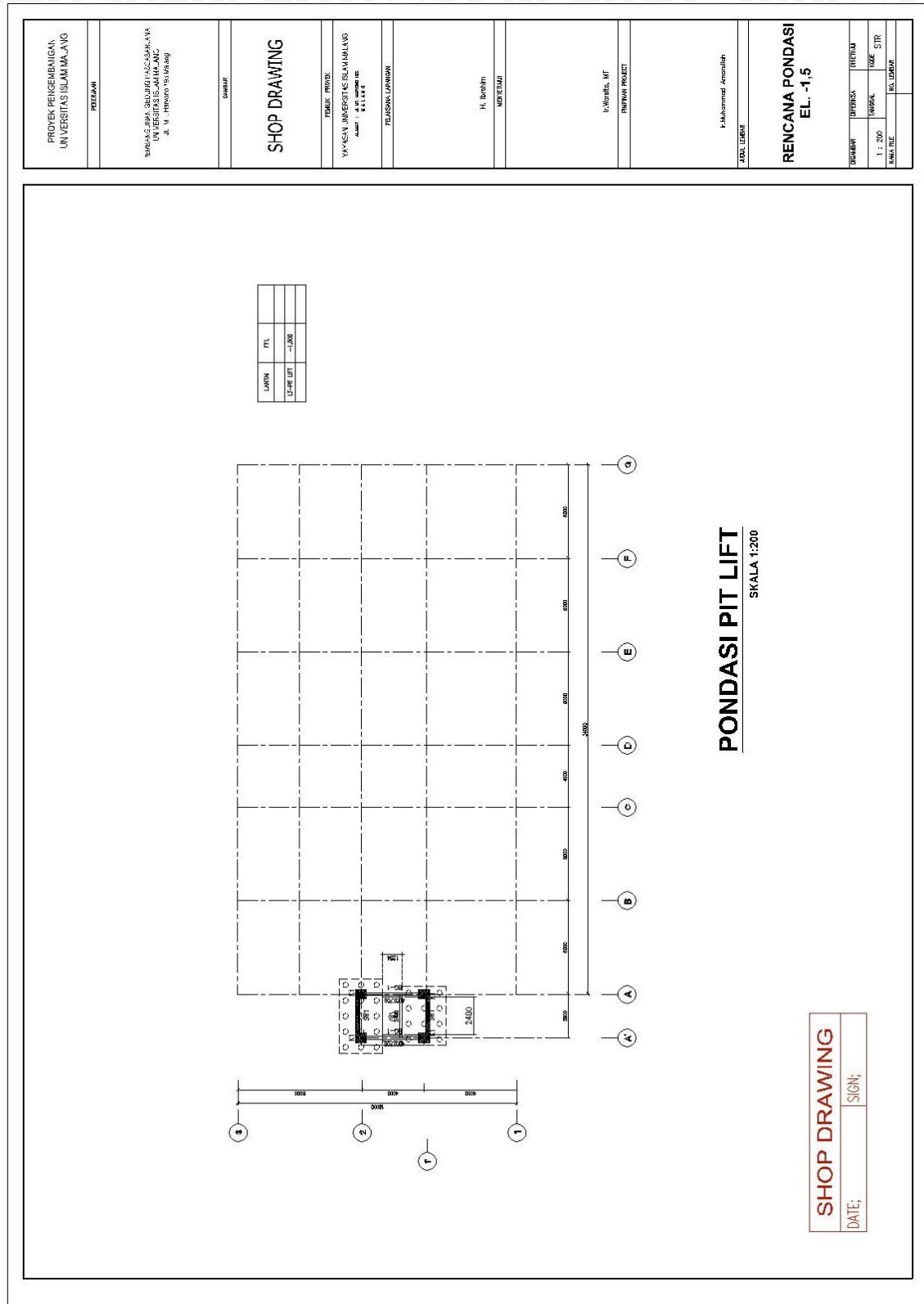
DAFTAR HARGA BAHAN DAN UPAH

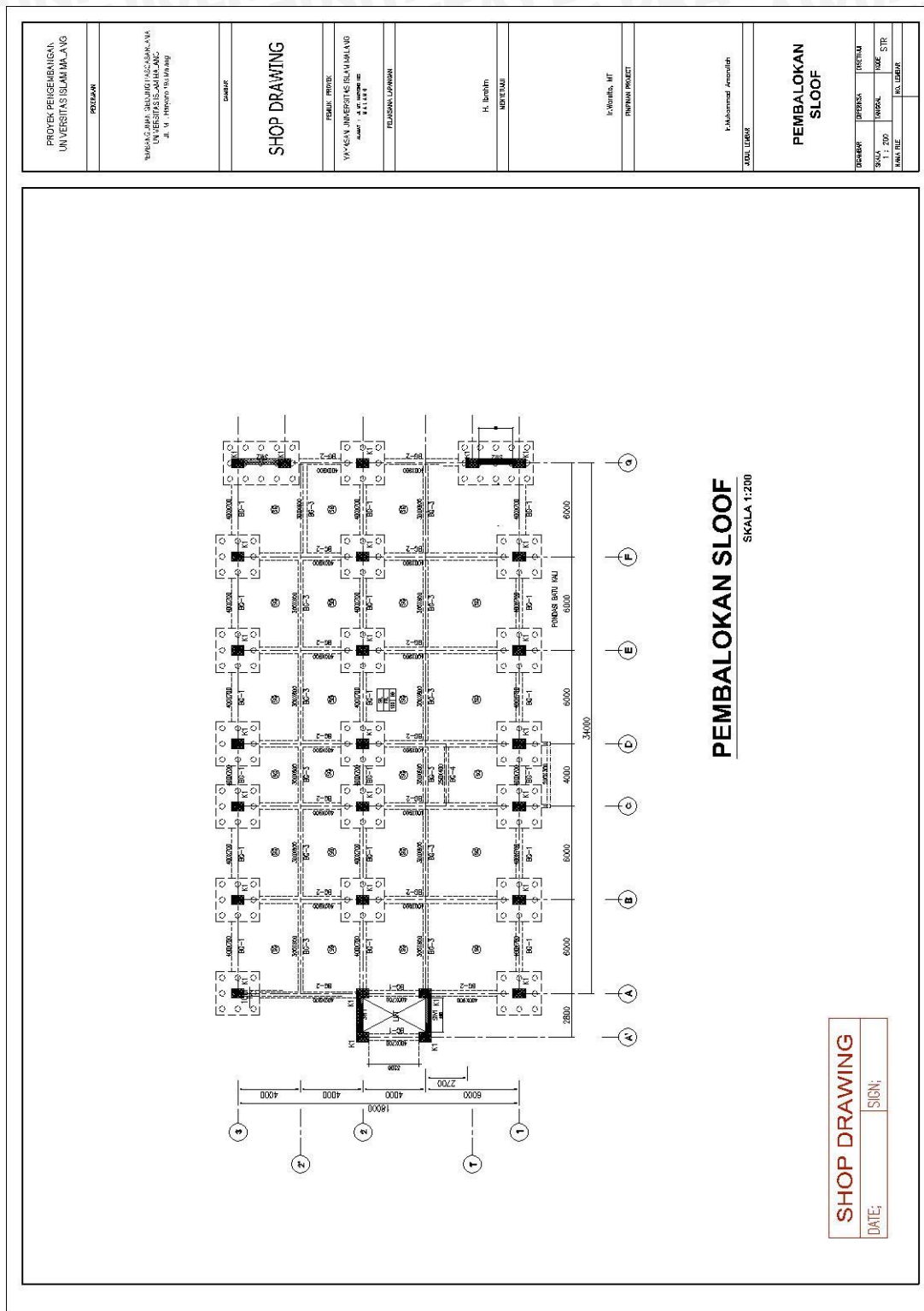
KEGIATAN : UNIVERSITAS ISLAM MALANG (UNISMA)
PEKERJAAN : PEMBANGUNAN GEDUNG PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM MALANG

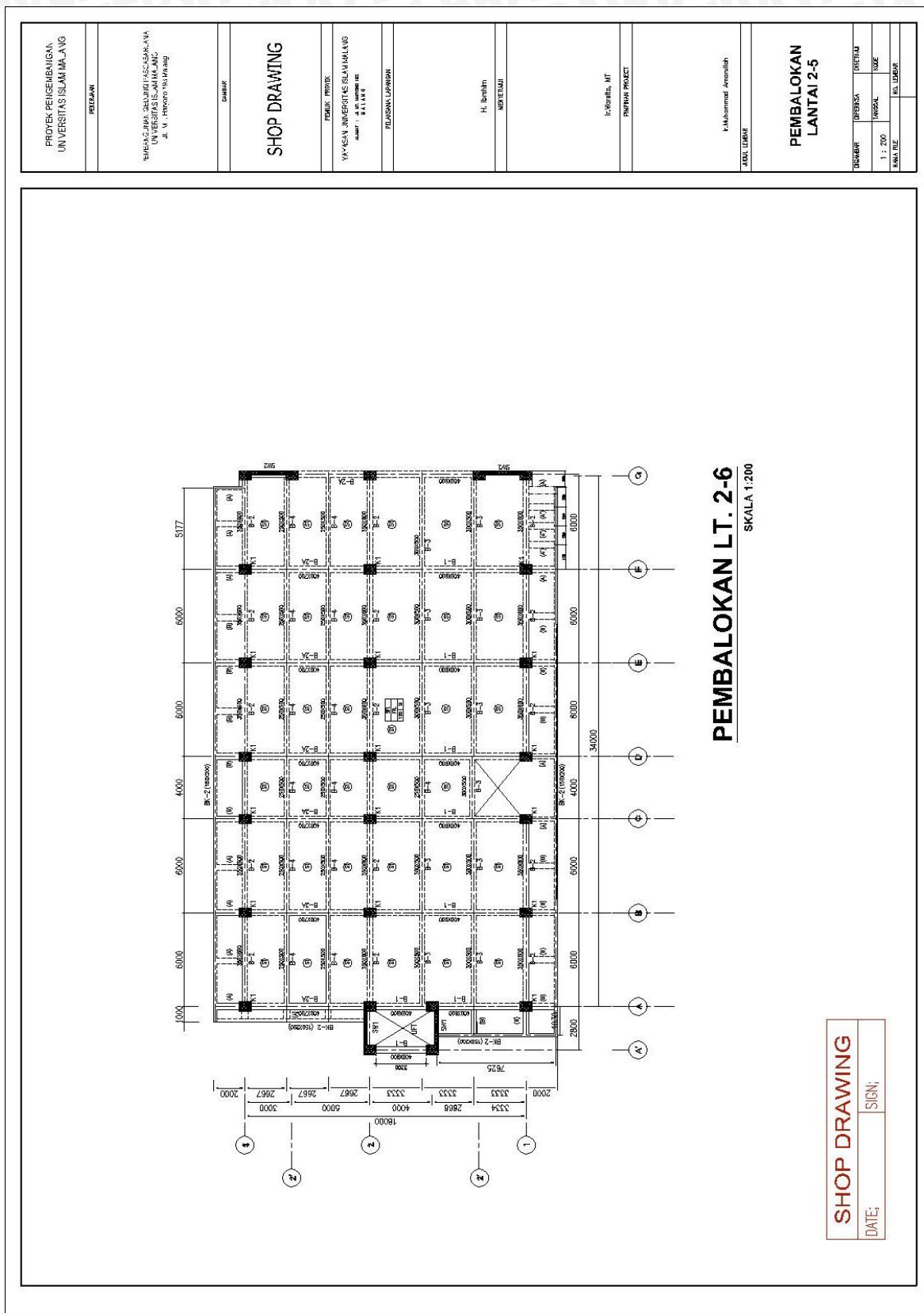
NO	URAIAN	SATUAN	HARGA
I	HARGA SATUAN BAHAN		
1	Sirtu	m ³	75.000,00
2	Pasir urug	m ³	70.000,00
3	Pasir pasang halus	m ³	115.000,00
4	Pasir cor (beton) kasar	m ³	120.000,00
5	Beton ready mix	m ³	690.000,00
6	Batu belah	m ³	105.000,00
7	Tenslah Pecah Mesin 2-3 Cm	m ³	225.000,00
8	Batu Merah 5x11x22 cm	bj	450,00
9	Bata Ringan 600x200x100mm	m3	1.125.000,00
10	Pancang beton Ø 35	m1	230.000,00
11	Buis Beton U 30 Cm	bh	45.000,00
12	Buis Beton O 30 Cm	bh	55.000,00
13	Portland Semen	kg	1.350,00
14	PM-100 – Superior Thin Bed Mortar	kg	1.850,00
15	Semen Warna	kg	1.450,00
16	Keramik Tile 60 x 60, Produksi Essensa Sekwalitas	m ²	358.000,00
17	Tegel Keramik KM 40x40/ Roman	m ²	112.000,00
18	Keramik Stepnosing 8 x 60 cm Essensa	Bh	30.000,00
19	Tegel Keramik 20x20 dinding KM/ Roman	m ²	115.000,00
19	Tegel plint Granit 10 x 60, Essensa atau sekualitas KW1	Bh	22.500,00
20	Keramik Tile 30 x 60, Produksi Essensa Sekwalitas	m ²	315.000,00
21	Genteng Keramik KIA	Bh	12.500,00
22	Bubungan Genteng Keramik	Bh	22.000,00
23	Gypsum board 12 mm ex. Jayaboard	lbr	108.000,00
24	Gypsum board 9 mm ex. Jayaboard	lbr	70.000,00
25	Calsi board 4 mm ex. Jayaboard	lbr	80.000,00
26	List plafond gypsum 12 cm	m'	9.500,00
27	Besi beton polos	kg	8.250,00
28	Besi beton ulir	kg	8.750,00
29	Kawat Wiremesh M8 - 15	m ²	60.000,00
30	Besi Profil L, Canal	kg	9.500,00
31	Besi Profil WF / H	kg	9.500,00
32	kawat bendrat	kg	14.500,00
33	Besi Strip	kg	9.500,00
34	Paku Usuk 2" - 4"	kg	16.500,00
35	Paku Plafond	kg	16.500,00
36	Angkur baut HTB Ø 24	Bh (terpasang)	45.000,00
37	Profil Usuk UK-75 - 0.55 mm	m ¹	15.000,00
38	Reng R30 - 0.5 mm	m ¹	9.000,00

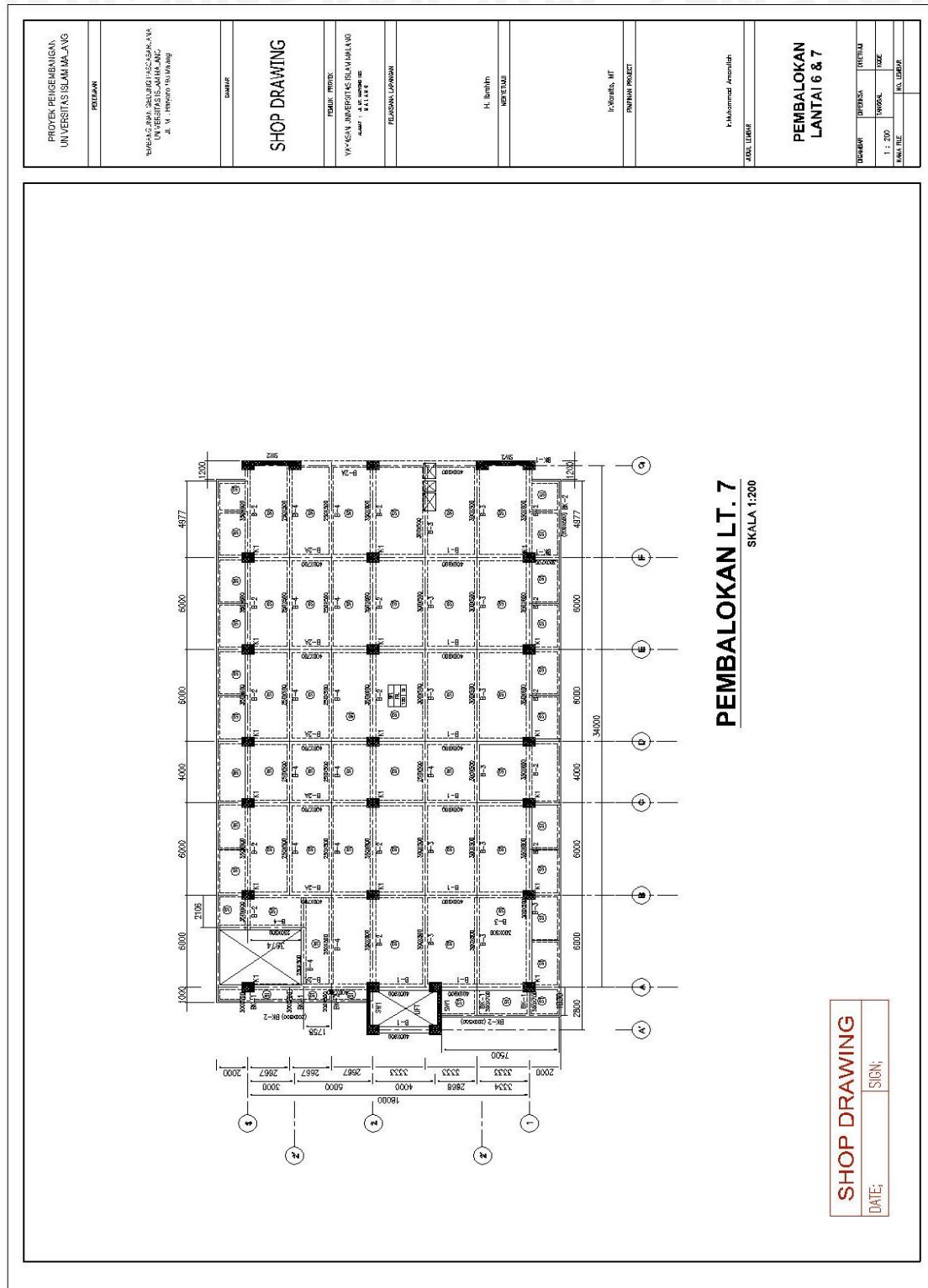
NO	URAIAN	SATUAN	HARGA
39	Plat kopel 0.50 mm	bh	
40	Root Hanger	Bh	8.250,00
41	Batu Ampyang	m2	48.500,00
42	Lem kayu kuning	kg	30.250,00
43	Lem kayu putih ex rajawali	kg	17.600,00
44	Aluminium Profil Kusen 3" sekualitas <i>Indal</i>	m ¹	80.000,00
45	Aluminium Profil Pintu / Jendela sekualitas <i>Indal</i>	m ¹	80.000,00
46	Aluminium Profil Lis Kaca	m ¹	6.200,00
47	Kusen dan Pintu PVC Maspion	Unit (terpasang)	450.000,00
48	Jendela Nako	bh	60.000,00
49	Skrup Fixer	bh	200,00
50	Meni Besi	kg	33.500,00
51	Plamir Tembok	kg	17.000,00
52	Cat tembok Penutup Catylac	kg	38.000,00
53	Cat dasar tembok Catylac	kg	35.000,00
54	Cat tembok Penutup Dulux Weather Shield	kg	47.500,00
55	Cat dasar tembok Dulux Weather Shield	kg	45.000,00
56	Vernis Batu Alam	ltr	55.000,00
57	Meni Kayu	ltr	22.000,00
58	Plamir Kayu	kg	18.000,00
59	Cat Kayu	kg	27.500,00
60	Thinner	Ltr	27.500,00
61	Stop Kran 1"	Bh	23.000,00
62	Sealant	Tube	7.500,00
63	Playwood Tebal 4 mm	Lbr	55.000,00
64	Playwood Tebal 12 mm	Lbr	125.000,00
65	Kuas 4"	Bh	20.000,00
66	Paku Klem (no.4)	Dos	45.000,00
67	Kertas Gosok	Lbr	3.850,00
68	Kayu meranti balok	m ³	4.000.000,00
69	Balok Kayu kamper	m ³	8.000.000,00
70	Kayu kamper papan	m ³	8.500.000,00
71	Kayu perancah	m ³	3.000.000,00
72	Multiplek 12 mm	lbr	125.000,00
58	Teakwood 4 mm	lbr	45.000,00
59	Dolken Kayu Galam, Ø (8-10)cm, panjang 4 m	btg	16.500,00
60	Kayu Papan Kelas III	m ³	2.500.000,00
61	Kayu Balok Kelas III	m ³	2.500.000,00
62	Minyak Begesting	ltr	17.000,00
63	Kaca Polos 5 mm	m ²	105.000,00
64	Kaca Polos 12 mm	m ²	850.000,00
65	Kaca STOPSOL LIGHT GREEN 5 mm	m ²	105.000,00



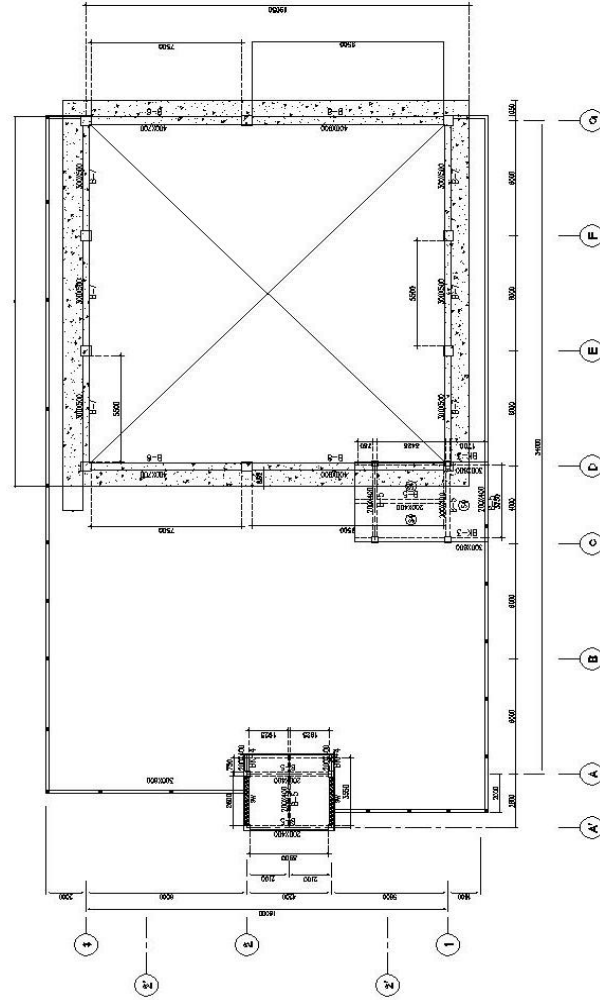








[illegible]



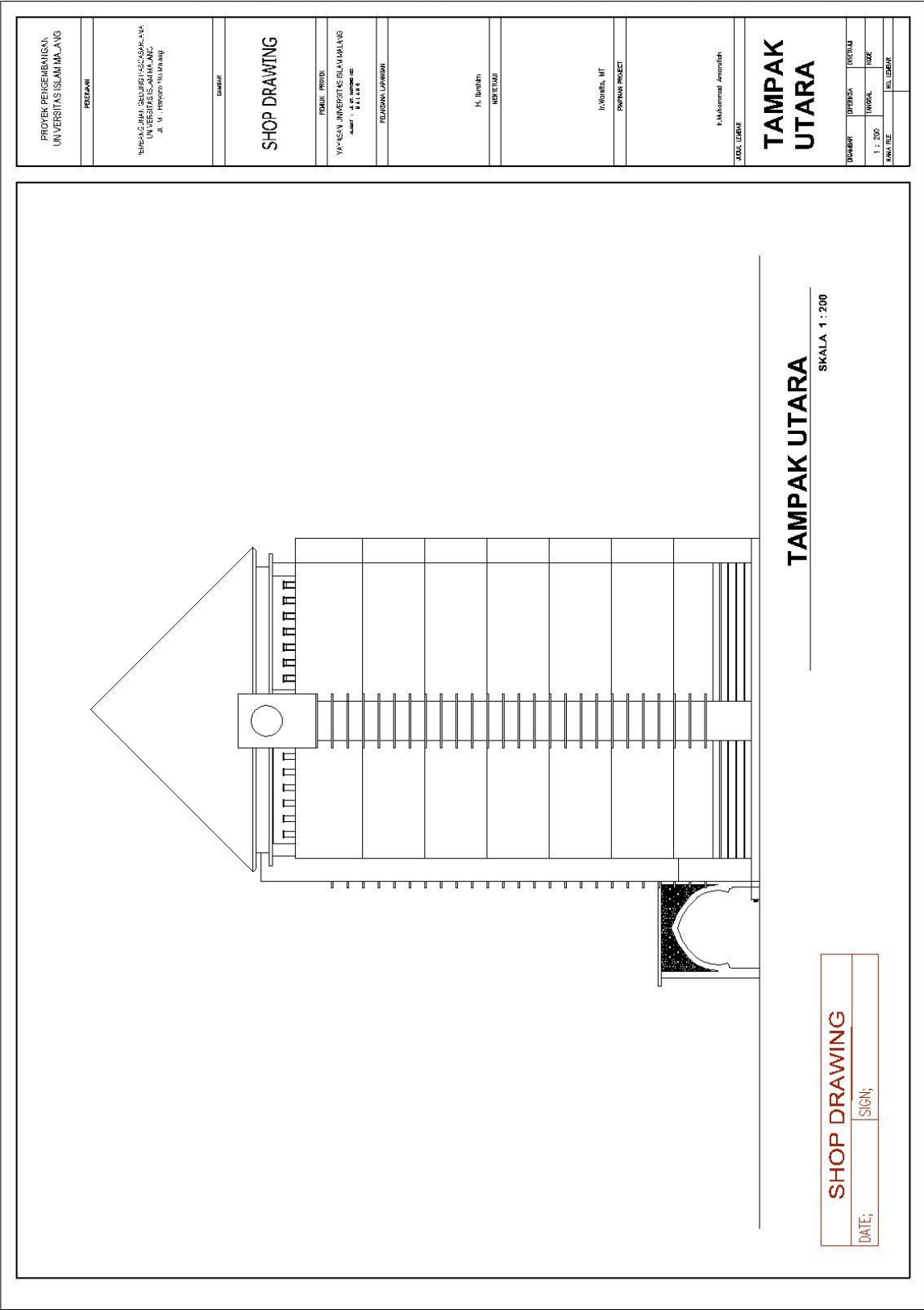
PEMBALOKAN ATAP LIFT

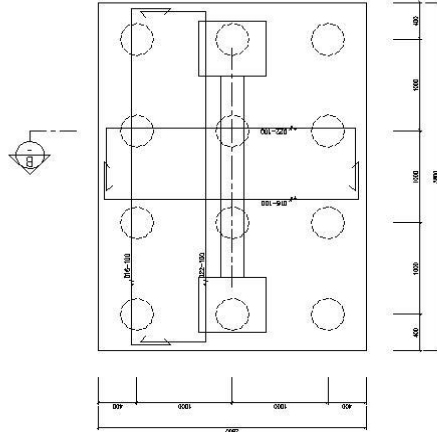
KALA 1:200

PROYEK PENGEMBANGAN UNIVERSITAS ISLAM AL-AWQAF	
PETA KAJIAN	
BERSAMA SERTA BERKAITAN DENGAN UNIVERSITAS ISLAM AL-AWQAF Jl. M. HUSAINI RUMAH	
SHOP DRAWING	
REVISI	
YAYASAN UNIVERSITAS ISLAM AL-AWQAF Jl. M. HUSAINI RUMAH	
PELAKSANA UPAH	
H. Ibrahim	
MURTI MUJI	
I. Nurhidayah, MT	
PIMPINAN PROJEK	
I. Muhammad Anwarudin	
JUDUL LEMBAR	
PENBALOKAN ATAP LIFT	
DOKUMEN	DOKUMEN
1 : 200	1 : 200
KALKULASI	KALKULASI
RUBRIK	RUBRIK

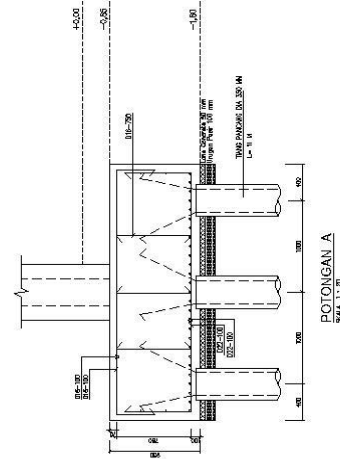
DICAMBAR	DIFERENSA	DIREKTUM
1 : 200	TANGGAL	NODE
MATA RILE		NO. LEMBAR

[illegible]

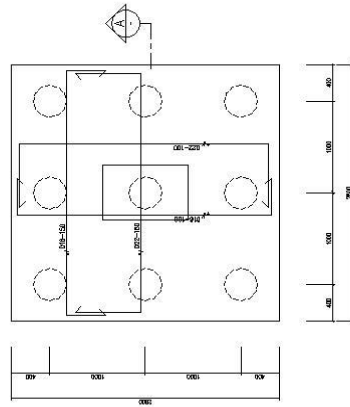
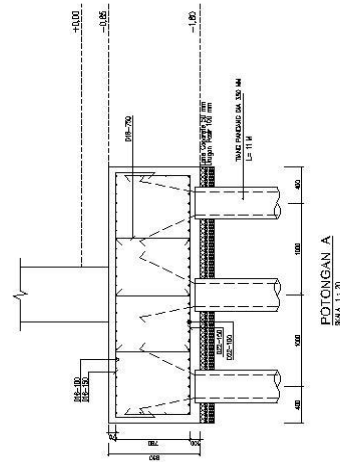


[illegible]

$P(\text{H}) = 0.5$
 $P(\text{T}) = 0.5$



POTONGAN A

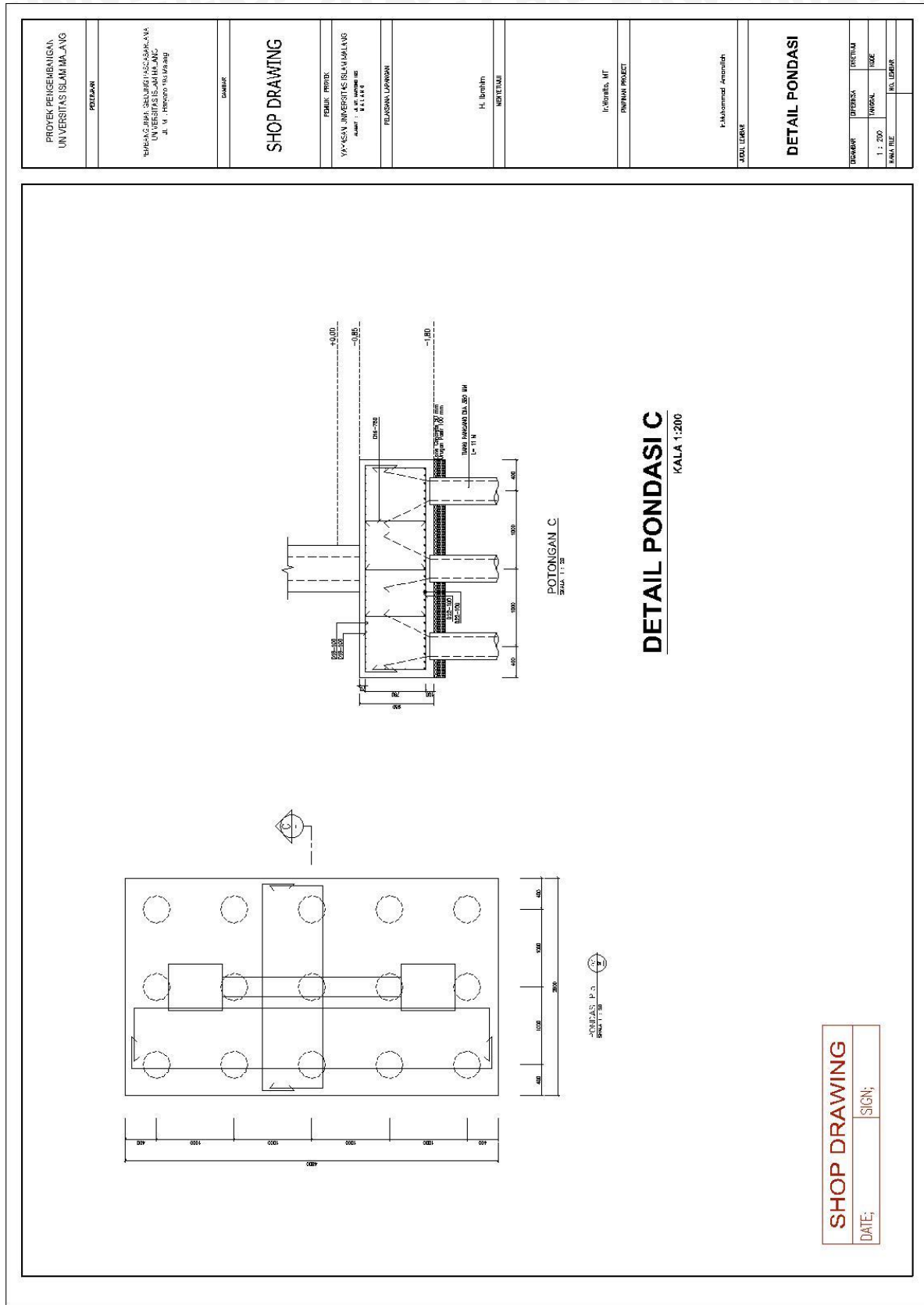
[illegible]

POTONGAN A
SKALA 1 : 20

DETAIL PONDASI

ALA 1:200

DATE:
SIGN:



PROJEK PENGEMBANGAN UNIVERSITAS ISLAM MALANG	
PERUMAHAN BRAWIJAYA UNIVERSITAS ISLAM MALANG A. M. Hidayatul Hidayat	
SHOP DRAWING	
PERUMAHAN UNIVERSITAS ISLAM MALANG A. M. Hidayatul Hidayat	
PERUMAHAN UNIVERSITAS ISLAM MALANG	
H. Ibrahim MESTER	
I. Samsi, MT PERUMAHAN	
I. Muhammad Amrullah KOLAM	
TAMPAK TIMUR	
TUGAS 1 : 200 NAMA FILE	DESAIN RENCANA 1 : 200 NAMA FILE

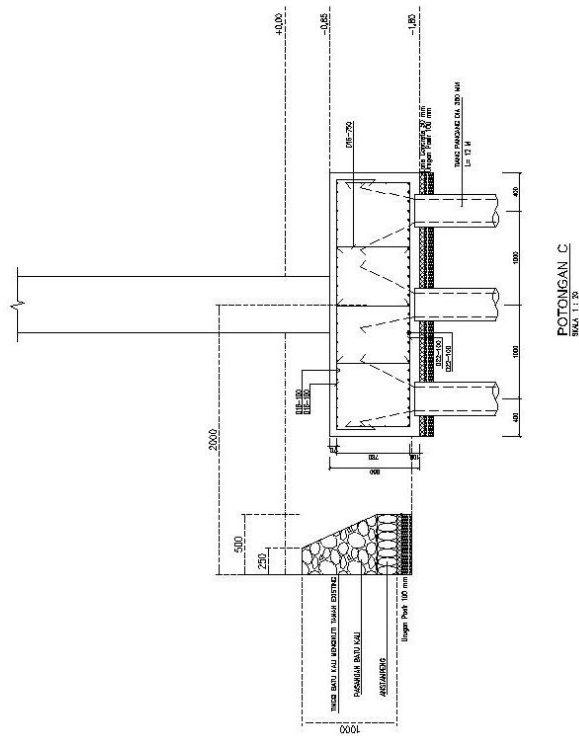
TAMPAK TIMUR

SHOP DRAWING

DATE: SIGN:

SHOP DRAWING	
DATE:	SIGN:

[illegible]



DETAIL PONDASI BATUKALI TERAS

KALA 1:200

DATE: _____ SIGN: _____

PROYEK PENGEMBANGAN UNIVERSITAS ISLAM MALANG			
POKOKAN			
BUREAU OF ARCHITECTURE UNIVERSITAS ISLAM MALANG Jl. M. Husein Sastranegara			
SHOP DRAWING			
TEKNIK PROYEK			
KEMAH, UNIVERSITAS ISLAM MALANG Jalan M. Husein Sastranegara No. 1			
PELAKSANA LUPRAN			
H. Ibrahim			
SUPERVISI			
I. Samsudin, MT			
PROJEK PROYEK			
I. Muhammad, Arsitek			
JADWAL LUPRAN			
DETAIL PONDASI			
DESAIN	PERSEKSI	POKOKAN	POKOKAN
1 : 200	1 : 200	1 : 200	1 : 200
KATA PENGANTAR		KATA PENGANTAR	

[illegible]

LAMPIRAN 2

KUISIONER PENYEBAB SISA MATERIAL



KUISIONER PENDAHULUAN

Tanggal :

Responden :

Jabatan :

Petunjuk Pengisian

- Berilah tanda centang ($\checkmark$) pada jawaban yang anda pilih
- Isi (.....) sesuai dengan pendapat anda

➤ Jenis-jenis material yang **berpotensi** menjadi *waste material* (sisa material) pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang :

- | | |
|--|---|
| ☐ Pasir Urug | ☐ Alumunium Foil Double Side |
| ☐ Batu Kali | ☐ Listplank Alumunium |
| ☐ Besi Tulangan | ☐ Genteng |
| ☐ Beton | ☐ Cat |
| ☐ Baja Profil WF | ☐ Aksesoris Puncak Atap |
| ☐ Baja Profil Canal | ☐ Bata Ringan |
| ☐ Usuk Reng Galvalum | ☐ Keramik |
| ☐ Plat Plendes 10 mm | ☐ Rangka Plafond Galvalum |
| ☐ Anchor d.24 mm | ☐ Gypsum Board |
| ☐ Plat Siku | ☐ List Gypsum |
| ☐ Trekstang Gording d.10 mm | ☐ Tiang Pancang |
| ☐ Mur Baut | ☐ Semen PC |
| ☐ Kaca | ☐ Alumunium |
| ☐ | ☐ |

KUISIONER

Tanggal :

Nama :

Petunjuk Pengisian

- Berilah tanda centang (V) pada jawaban yang anda pilih
- Isi (. . .) sesuai dengan pendapat anda

1. Pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang, Anda mewakili dari pihak:

- ☐ Pengguna Jasa / User
- ☐ Kontraktor
- ☐ Pengawas

2. Faktor Penyebab Sisa Material:

- ☐ Desain
- ☐ Pengadaan Material
- ☐ Penanganan Material
- ☐ Pelaksanaan
- ☐ Lainnya, Sebutkan

.....

.....

.....

.....

.....



Penyebab sisa material pada **BAJA TULANGAN**

Kategori Penyebab Sisa Material	Peristiwa yang Memungkinkan Menjadi Penyebab Sisa Material
Desain	☐ Kesalahan pada dokumen kontrak ☐ Ketidaklengkapan dokumen kontrak ☐ Adanya perubahan desain dari pengembang disebabkan perencanaan yang kurang sempurna ☐ Informasi gambar yang kurang dimengerti / tidak jelas menyebabkan kontraktor salah dalam pengadaan material ☐ Gambar kerja yang sulit dipahami ☐ Pemilihan produk berkualitas rendah ☐ Kurang berkoordinasi dengan kontraktor dan kurang berpengetahuan tentang konstruksi ☐ Kurang memperhatikan ukuran dari produk yang digunakan
Pengadaan Material	☐ Tidak sesuai spesifikasi karena ketidakdetilan / kecerobohan ☐ Kesalahan pemesanan ☐ Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil ☐ Pemasok mengirim barang tidak sesuai dengan spesifikasi ☐ Pemesanan melebihi kebutuhan ☐ Rusaknya material pada waktu pembelian / saat pengiriman
Penanganan Material	☐ Meletakkan material tidak ditempat semestinya menyebabkan material tersebut berkurang ☐ Ketidaktelitian memeriksa material dari supplier menyebabkan material yang diterima ada yang rusak ☐ Kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material ke lokasi proyek ☐ Material yang tidak dikemas dengan baik
Pelaksanaan	☐ Pekerja yang kurang berpengalaman atau ceroboh yang menyebabkan material tercecer pada saat pemasangan ☐ Pemotongan material tidak sesuai rencana yang menyebabkan material terbuang sia-sia ☐ Peralatan yang tidak berfungsi dengan baik ☐ Penggunaan material yang salah sehingga perlu diganti ☐ Jumlah yang dibutuhkan tidak diketahui karena perencanaan yang tidak sempurna ☐ Pengukuran dimensi yang tidak akurat sehingga terjadi kelebihan volume

Penyebab sisa material pada **TIANG PANCANG**

Kategori Penyebab Sisa Material	Peristiwa yang Memungkinkan Menjadi Penyebab Sisa Material
Desain	☐ Kesalahan pada dokumen kontrak ☐ Ketidaklengkapan dokumen kontrak ☐ Adanya perubahan desain dari pengembang disebabkan perencanaan yang kurang sempurna ☐ Informasi gambar yang kurang dimengerti / tidak jelas menyebabkan kontraktor salah dalam pengadaan material ☐ Gambar kerja yang sulit dipahami ☐ Pemilihan produk berkualitas rendah ☐ Kurang berkoordinasi dengan kontraktor dan kurang berpengetahuan tentang konstruksi ☐ Kurang memperhatikan ukuran dari produk yang digunakan
Pengadaan Material	☐ Tidak sesuai spesifikasi karena ketidakdetilan / kecerobohan ☐ Kesalahan pemesanan ☐ Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil ☐ Pemasok mengirim barang tidak sesuai dengan spesifikasi ☐ Pemesanan melebihi kebutuhan ☐ Rusaknya material pada waktu pembelian / saat pengiriman
Penanganan Material	☐ Meletakkan material tidak ditempat semestinya menyebabkan material tersebut berkurang ☐ Ketidakteitian memeriksa material dari supplier menyebabkan material yang diterima ada yang rusak ☐ Kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material ke lokasi proyek ☐ Material yang tidak dikemas dengan baik
Pelaksanaan	☐ Pekerja yang kurang berpengalaman atau ceroboh yang menyebabkan material tercecer pada saat pemasangan ☐ Pemotongan material tidak sesuai rencana yang menyebabkan material terbuang sia-sia ☐ Peralatan yang tidak berfungsi dengan baik ☐ Penggunaan material yang salah sehingga perlu diganti ☐ Jumlah yang dibutuhkan tidak diketahui karena perencanaan yang tidak sempurna ☐ Pengukuran dimensi yang tidak akurat sehingga terjadi kelebihan volume

(halaman kosong)



LAMPIRAN 3

PERHITUNGAN KUANTITAS DAN BIAYA SISA MATERIAL PROYEK



BAJA TULANGAN

REKAPITULASI KEBUTUHAN TULANGAN UTAMA KOLOM

LANTAI	JENIS KOLOM	DIAMETER TULANGAN	JUMLAH KEB.	PANJANG	PANJANG POTONGAN EFEKTIF
1	K1	22	728	7,98	8,0
2	K1	22	728	4,88	4,9
3	K1	22	624	4,88	4,9
4	K1	22	624	4,88	4,9
5	K1	22	572	4,88	4,9
6	K1	22	520	4,88	4,9
7.1	K1	22	320	4,88	4,9
7.2	K1	22	220	2,00	2,0
Atap	KA-1	19	160	2,00	2,0
Atap	KA-2	16	72	2,00	2,0

REKAPITULASI KEBUTUHAN TULANGAN SHEARWALL

Tulangan Vertikal

LANTAI	JENIS SHEARWALL	DIAMETER TULANGAN	JUMLAH KEB.	PANJANG	PANJANG POTONGAN EFEKTIF
1	SW1	22	22	8,7	8,7
2	SW1	22	22	5,7	5,9
3	SW1	22	22	5,7	5,9
4	SW1	22	22	5,7	5,9
5	SW1	22	22	5,7	5,9
6	SW1	22	22	5,7	5,9
7	SW1	22	22	5,7	5,9
Atap	SW1	22	22	2	2,0

REKAPITULASI KEBUTUHAN SENGKANG KOLOM

LANTAI	JENIS KOLOM	DIAMETER TULANGAN	JUMLAH KEB.	PANJANG	PANJANG POTONGAN EFEKTIF
1	0,55 x 0,75	10	936	2,7	2,7
2	0,55 x 0,75	10	936	2,7	2,7
3	0,55 x 0,75	10	832	2,7	2,7
4	0,55 x 0,75	10	832	2,7	2,7
5	0,55 x 0,75	10	832	2,7	2,7
6	0,55 x 0,75	10	832	2,7	2,7
7.1	0,55 x 0,75	10	512	2,7	2,7
7.2	0,45 x 0,45	10	200	1,9	1,9
Atap	0,45 x 0,45	10	160	1,9	1,9
Atap	0,35 x 0,35	10	60	1,5	1,5

REKAPITULASI KEBUTUHAN TULANGAN SHEARWALL

Tulangan Vertikal

LANTAI	JENIS SHEARWALL	DIAMETER TULANGAN	JUMLAH KEB.	PANJANG	PANJANG POTONGAN EFEKTIF
1	SW2	22	22	8,7	8,7
2	SW2	22	22	5,7	5,9
3	SW2	22	22	5,7	5,9
4	SW2	22	22	5,7	5,9
5	SW2	22	22	5,7	5,9
6	SW2	22	22	5,7	5,9
7	SW2	22	22	5,7	5,9
Atap	SW2	22	22	2	2,0

REKAPITULASI KEBUTUHAN TULANGAN SHEARWALL

Tulangan Horizontal

LANTAI	JENIS SHEARWALL	DIAMETER TULANGAN	JUMLAH KEB.	PANJANG	PANJANG POTONGAN EFEKTIF
1	SW1	16	50	2,8	2,7
2	SW1	16	40	2,8	2,7
3	SW1	16	40	2,8	2,7
4	SW1	16	40	2,8	2,7
5	SW1	16	40	2,8	2,7
6	SW1	16	40	2,8	2,7
7	SW1	16	40	2,8	2,7
Atap	SW1	16	20	2,8	2,7

REKAPITULASI KEBUTUHAN TULANGAN PILECAP

JENIS PILECAP	JUMLAH PC	ARAH TULANGAN	DIAMETER TULANGAN	PANJANG	JUMLAH KEB.	PANJANG POTONGAN EFEKTIF
P9	18	Ly (Atas)	16	3,56	319	3,56
P12	1	Ly (Atas)	16	4,56	27	4,56
P15	3	Ly (Atas)	16	5,56	80	5,56

JENIS PILECAP	JUMLAH PC	ARAH TULANGAN	DIAMETER TULANGAN	PANJANG	JUMLAH KEB.	PANJANG POTONGAN EFEKTIF
P9	18	Lx (Atas)	16	3,56	479	3,56
P12	1	Lx (Atas)	16	3,56	37	3,56
P15	3	Lx (Atas)	16	3,56	140	3,56

JENIS PILECAP	JUMLAH PC	ARAH TULANGAN	DIAMETER TULANGAN	PANJANG	JUMLAH KEB.	PANJANG POTONGAN EFEKTIF
P9	18	Ly (Bawah)	22	3,96	319	3,96
P12	1	Ly (Bawah)	22	4,96	27	4,96
P15	3	Ly (Bawah)	22	5,96	80	5,96

JENIS PILECAP	JUMLAH PC	ARAH TULANGAN	DIAMETER TULANGAN	PANJANG	JUMLAH KEB.	PANJANG POTONGAN EFEKTIF
P9	18	Lx (Bawah)	22	3,96	479	4,00
P12	1	Lx (Bawah)	22	3,96	37	4,00
P15	3	Lx (Bawah)	22	3,96	140	4,00

JENIS PILECAP	JUMLAH PC	ARAH TULANGAN	DIAMETER TULANGAN	PANJANG	JUMLAH KEB.	PANJANG POTONGAN EFEKTIF
P9	18	Senggang	16	0,88	255	0,88
P12	1	Senggang	16	0,88	17	0,88
P15	3	Senggang	16	0,88	59	0,88

HASIL REKAPITULASI TULANGAN

No.	Material	Lantai	Jumlah (kg)
1.	Tulangan D22	1	31883,5
		2	16939,4
		3	15420,8
		4	15420,8
		5	14661,5
		6	13902,2
		7	12293,0
		Atap	4265,2
		Total	124786,6
2.	Tulangan D19	1	8313,1
		2	6043,4
		3	6043,4
		4	6043,4
		5	6043,4
		6	6043,4
		7	4265,8
		Atap	7504,6
		Total	50300,4
3.	Tulangan D16	1	8870,9
		2	1383,6
		3	1383,6
		4	1383,6
		5	1383,6
		6	1383,6
		7	1047,9
		Atap	1788,7
		Total	18625,5

No.	Material	Lantai	Jumlah (kg)
4.	Tulangan D13	1	158,7
		2	718,8
		3	718,8
		4	718,8
		5	718,8
		6	718,8
		7	710,5
		Atap	1421,1
		Total	5884,5
5.	Tulangan D10	1	5885,3
		2	19319,9
		3	19146,6
		4	19146,6
		5	19146,6
		6	19146,6
		7	16882,4
		Atap	12329,3
		Total	131003,3

BETON READY MIX

Lantai	No.	Struktur	Jenis	Dimensi (m)			Jumlah	Volume Beton m3
				Panjang	Lebar	Tinggi/ Tebal		
1	1.	Kolom	K 1	0,8	0,6	5	26	62,4
	2.	Shearwall	SW 1	2,2	0,4	5	2	8,8
			SW 2	2,2	0,4	5	2	8,8
	3.	Balok Sloof	BG-1	0,7	0,4	6	15	25,2
			BG-1	0,7	0,4	4	5	5,6
			BG-2	0,9	0,4	10	6	21,6
			BG-2	0,9	0,4	8	7	20,16
			BG-2	0,9	0,4	6	1	2,16
			BG-3	0,6	0,3	6	10	10,8
			BG-3	0,6	0,3	4	2	1,44
			BG-4	0,4	0,25	4	1	0,4
	4.	Pilecap	P 9	2,8	2,8	0,95	18	134,064
			P 12	3,8	2,8	0,95	1	10,108
			P 15	4,8	2,8	0,95	3	38,304
	5.	Plat	SG	34	18	0,07	1	42,84
			S1	2,4	1,254	0,12	1	0,361
							?	393,037
2	1.	Kolom	K 1	0,8	0,6	4	26	49,92
	2.	Shearwall	SW 1	2,2	0,4	4	2	7,04
			SW 2	2,2	0,4	4	2	7,04
	3.	Balok	B 1	0,9	0,4	10	7	25,2
			B 1	0,9	0,4	4	2	2,88
			B 2A	0,7	0,4	8	7	15,68
			B 2	0,6	0,35	4	2	1,68
			B 2	0,6	0,35	6	15	18,9
			B 2	0,6	0,35	2,8	2	1,176
			B 3	0,5	0,3	4	1	0,6
			B 3	0,5	0,3	6	10	9
			B 4	0,5	0,25	6	10	7,5
			B 4	0,5	0,25	4	3	1,5
			BK-1	0,7	0,3	1	26	5,46
				0,5	0,3	1	26	3,9
			BK-1	0,7	0,3	0,5	3	0,315
				0,5	0,3	0,5	3	0,225
			BK-1	0,7	0,3	1	2	0,42
				0,5	0,3	1	2	0,3
			BK-2	0,2	0,15	87,1	1	2,613
	4.	Plat	S 1	34,5	18,35	0,12	1	73,7658
			S 1	34,3	1,825	0,12	1	7,5117
			S 1	7,8	0,8	0,12	1	0,7464
			S 1	7,6	1,73	0,12	1	1,57776
			S 1	12,4	1,825	0,12	1	2,70465
			S 1	17,3	1,825	0,12	1	3,7887
							?	251,444
3	1.	Kolom	K 1	0,8	0,6	4	26	49,92
	2.	Shearwall	SW 1	2,2	0,3	4	2	5,28
			SW 2	2,2	0,3	4	2	5,28
	3.	Balok	B 1	0,9	0,4	10	7	25,2
			B 1	0,9	0,4	4	2	2,88
			B 2A	0,7	0,4	8	7	15,68
			B 2	0,6	0,35	4	2	1,68
			B 2	0,6	0,35	6	15	18,9
			B 2	0,6	0,35	2,8	2	1,176
			B 3	0,5	0,3	4	1	0,6
			B 3	0,5	0,3	6	10	9
			B 4	0,5	0,25	6	10	7,5
			B 4	0,5	0,25	4	3	1,5
			BK-1	0,7	0,3	1	26	5,46
				0,5	0,3	1	26	3,9

4	1.	Kolom	K 1	0,8	0,6	4	26	49,92
	2.	Shearwall	SW 1	2,2	0,3	4	2	5,28
			SW 2	2,2	0,3	4	2	5,28
	3.	Balok	B 1	0,9	0,4	10	7	25,2
			B 1	0,9	0,4	4	2	2,88
			B 2A	0,7	0,4	8	7	15,68
			B 2	0,6	0,35	4	2	1,68
			B 2	0,6	0,35	6	15	18,9
			B 2	0,6	0,35	2,8	2	1,176
			B 3	0,5	0,3	4	1	0,6
			B 3	0,5	0,3	6	10	9
			B 4	0,5	0,25	6	10	7,5
			B 4	0,5	0,25	4	3	1,5
			BK-1	0,7	0,3	1	26	5,46
				0,5	0,3	1	26	3,9
			BK-1	0,7	0,3	0,5	3	0,315
				0,5	0,3	0,5	3	0,225
			BK-1	0,7	0,3	1	2	0,42
				0,5	0,3	1	2	0,3
			BK-2	0,2	0,15	87,1	1	2,613
	4.	Plat	S 1	34,5	18,35	0,12	1	73,7658
			S 1	34,3	1,825	0,12	1	7,5117
			S 1	7,8	0,8	0,12	1	0,7464
			S 1	7,6	1,73	0,12	1	1,57776
			S 1	12,4	1,825	0,12	1	2,70465
			S 1	17,3	1,825	0,12	1	3,7887
						?		247,924
5	1.	Kolom	K 1	0,8	0,6	4	26	49,92
	2.	Shearwall	SW 1	2,2	0,2	4	2	3,52
			SW 2	2,2	0,2	4	2	3,52
	3.	Balok	B 1	0,9	0,4	10	7	25,2
			B 1	0,9	0,4	4	2	2,88
			B 2A	0,7	0,4	8	7	15,68
			B 2	0,6	0,35	4	2	1,68
			B 2	0,6	0,35	6	15	18,9
			B 2	0,6	0,35	2,8	2	1,176
			B 3	0,5	0,3	4	1	0,6
			B 3	0,5	0,3	6	10	9
			B 4	0,5	0,25	6	10	7,5
			B 4	0,5	0,25	4	3	1,5
			BK-1	0,7	0,3	1	26	5,46
				0,5	0,3	1	26	3,9
			BK-1	0,7	0,3	0,5	3	0,315
				0,5	0,3	0,5	3	0,225
			BK-1	0,7	0,3	1	2	0,42
				0,5	0,3	1	2	0,3
			BK-2	0,2	0,15	87,1	1	2,613
	4.	Plat	S 1	34,5	18,35	0,12	1	73,7658
			S 1	34,3	1,825	0,12	1	7,5117
			S 1	7,8	0,8	0,12	1	0,7464
			S 1	7,6	1,73	0,12	1	1,57776
			S 1	12,4	1,825	0,12	1	2,70465
			S 1	17,3	1,825	0,12	1	3,7887
						?		244,404
6	1.	Kolom	K 1	0,8	0,6	4	26	49,92
	2.	Shearwall	SW 1	2,2	0,2	4	2	3,52
			SW 2	2,2	0,2	4	2	3,52
	3.	Balok	B 1	0,9	0,4	10	7	25,2
			B 1	0,9	0,4	4	2	2,88
			B 2A	0,7	0,4	8	7	15,68
			B 2	0,6	0,35	4	2	1,68
			B 2	0,6	0,35	6	15	18,9
			B 2	0,6	0,35	2,8	2	1,176
			B 2	0,6	0,35	2,8	2	1,176

7	1.	Kolom	K 1	0,8	0,6	4	26	49,92	
	2.	Shearwall	SW 1	2,2	0,2	4	2	3,52	
			SW 2	2,2	0,2	4	2	3,52	
	3.	Balok	B 1	0,9	0,4	10	7	25,2	
			B 1	0,9	0,4	4	2	2,88	
			B 2A	0,7	0,4	8	7	15,68	
			B 2	0,6	0,35	4	2	1,68	
			B 2	0,6	0,35	6	13	16,38	
			B 2	0,6	0,35	2,8	2	1,176	
			B 3	0,5	0,3	4	1	0,6	
			B 3	0,5	0,3	6	10	9	
			B 4	0,5	0,25	3,57	1	0,44625	
			B 4	0,5	0,25	4	3	1,5	
			BK-1	0,7	0,3	1	26	5,46	
				0,5	0,3	1	26	3,9	
			BK-1	0,7	0,3	0,5	3	0,315	
				0,5	0,3	0,5	3	0,225	
			BK-1	0,7	0,3	1	2	0,42	
				0,5	0,3	1	2	0,3	
	BK-2	0,2	0,15	87,1	1	2,613			
	4.	Plat	S 1	34,5	18,35	0,12	1	73,7118	
			S 1	34,3	1,825	0,12	1	7,5117	
			S 1	7,8	0,8	0,12	1	0,7464	
			S 1	7,6	1,73	0,12	1	1,57776	
			S 1	12,4	1,825	0,12	1	2,70465	
			S 1	17,3	1,825	0,12	1	3,7887	
					?	234,77626			
Atap	1.	Kolom	KA 1	0,5	0,5	2	10	5	
			KA 2	0,4	0,4	2	6	1,92	
	2.	Shearwall	SW 1	2,2	0,2	2	2	1,76	
			SW 2	2,2	0,2	2	2	1,76	
	3.	Balok	B 1	0,9	0,4	10	5	18	
			B 1	0,9	0,4	8	1	2,88	
			B 1	0,9	0,4	4	2	2,88	
			B 2	0,6	0,35	8	4	6,72	
			B 2	0,6	0,35	6	12	15,12	
			B 2	0,6	0,35	4	2	1,68	
			B 3	0,5	0,3	4	1	0,6	
			B 3	0,5	0,3	6	4	3,6	
			B 4	0,5	0,25	6	4	3	
			B 4	0,5	0,25	4	3	1,5	
BK-1	0,7	0,3	1	26	5,46				
	0,5	0,3	1	26	3,9				
BK-1	0,7	0,3	0,5	3	0,315				
	0,5	0,3	0,5	3	0,225				
	BK-1	0,7	0,3	1	2	0,42			
		0,5	0,3	1	2	0,3			
	BK-2	0,2	0,15	87,1	1	2,613			
	B 5	0,4	0,2	4,2	2	0,672			
	B 5	0,4	0,2	3,75	3	0,9			
	B 5	0,4	0,2	3,55	1	0,284			
	B 5	0,4	0,2	2,6	2	0,416			
	BK 4	0,4	0,2	0,75	2	0,12			
	B 6	0,7	0,4	7,5	2	4,2			
	B 7	0,5	0,3	6	6	5,4			
	B 8	0,9	0,4	9,5	2	6,84			
	4.	Plat	S 1	34,5	18,35	0,12	1	36,9879	
			S 1	34,3	1,825	0,12	1	7,5117	
			S 1	7,8	0,8	0,12	1	0,7464	
			S 1	7,6	1,73	0,12	1	1,57776	
			S 1	12,4	1,825	0,12	1	2,70465	
			S 1	17,3	1,825	0,12	1	3,7887	
								?	151,80211

REKAPITULASI BETON TANGGA

Lantai	Volume Beton (m3)
1	5,50
2	3,84
3	3,84
4	3,84
5	3,84
Σ	20,88

Total Volume Terpasang Beton *Ready Mix*:

Lantai	Volume Beton (m3)
1	393,037
2	251,444
3	247,924
4	247,924
5	244,404
6	244,404
7	234,776
Atap	151,802
Tangga	20,881
Σ	2036,60

TIANG PANCANG

*Panjang tiang pancang : 12 m

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P1	1	9,3	15	188,50
	2	9,3	15	188,50
	3	9,3	15	188,50
	4	9,3	15	188,50
	5	9,3	15	188,50
	6	9,3	14	175,93
	7	9,4	15	188,50
	8	9,3	15	188,50
	9	9,3	15	188,50
	10	9	15	188,50
	11	9,2	15	188,50
	12	9,3	15	188,50
	13	8	15	188,50
	14	8	15	188,50
	15	9,3	15	188,50
	?	136,6		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P2	1	9	15	188,50
	2	9,3	14	175,93
	3	9,3	14	175,93
	4	8,2	15	188,50
	5	9,3	15	188,50
	6	9,3	14	175,93
	7	7	15	188,50
	8	9,4	15	188,50
	9	9,4	14	175,93
	?	80,2		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P3	1	9,1	15	188,50
	2	9	15	188,50
	3	7,2	14	175,93
	4	8,9	14	175,93
	5	8	14	175,93
	6	8,6	15	188,50
	7	8,4	15	188,50
	8	9	15	188,50
	9	9	15	188,50
	10	9	15	188,50
	11	8,7	15	188,50
	12	7,8	15	188,50
	13	7,6	15	188,50
	14	8,7	15	188,50
	15	8,7	15	188,50
	?	127,7		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P4	1	9	15	188,50
	2	9	15	188,50
	3	7,5	15	188,50
	4	8,5	15	188,50
	5	7	15	188,50
	6	8,7	15	188,50
	7	8,8	14	175,93
	8	7,3	15	188,50
	9	7,2	15	188,50
	?	73		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P5	1	12	12	226,19
	2	12	12	226,19
	3	12	12	226,19
	4	12	12	226,19
	5	12	12	226,19
	6	11	13	245,04
	7	9,2	13	245,04
	8	12	12	226,19
	9	12	12	226,19
	?	104,2		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P6	1	12	12	226,19
	2	12	12	226,19
	3	12	13	245,04
	4	10	13	245,04
	5	9,5	13	245,04
	6	12	13	245,04
	7	12	13	245,04
	8	9	13	245,04
	9	10	13	245,04
	?	98,5		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P7	1	8,3	14	175,93
	2	8,3	14	175,93
	3	9	14	175,93
	4	8,9	14	175,93
	5	8,5	14	175,93
	6	8,5	14	175,93
	7	7	15	188,50
	8	8,5	14	175,93
	9	8,6	14	175,93
	?	75,6		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P8	1	12	12	226,19
	2	9,2	13	245,04
	3	12	12	226,19
	4	12	12	226,19
	5	12	12	226,19
	6	9,2	13	245,04
	7	12	12	226,19
	8	12	12	226,19
	9	12	12	226,19
	?	102,4		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P9	1	12	12	226,19
	2	12	12	226,19
	3	12	12	226,19
	4	11	13	245,04
	5	12	12	226,19
	6	12	12	226,19
	7	12	12	226,19
	8	12	12	226,19
	9	12	12	226,19
	?	107		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P10	1	9	14	175,93
	2	8,4	15	188,50
	3	8	15	188,50
	4	7,6	15	188,50
	5	7,4	14	175,93
	6	7,4	14	175,93
	7	7,5	14	175,93
	8	8,3	14	175,93
	9	8	15	188,50
	?	71,6		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P11	1	12	12	226,19
	2	12	12	226,19
	3	12	12	226,19
	4	12	12	226,19
	5	12	12	226,19
	6	11	13	245,04
	7	12	12	226,19
	8	12	12	226,19
	9	12	12	226,19
	?	107		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P12	1	12	12	226,19
	2	12	12	226,19
	3	12	12	226,19
	4	11	12	226,19
	5	12	12	226,19
	6	12	12	226,19
	7	12	12	226,19
	8	12	12	226,19
	9	12	12	226,19
	?	107		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P13	1	8,3	15	188,50
	2	8,7	15	188,50
	3	8	15	188,50
	4	8	15	188,50
	5	8,1	15	188,50
	6	8,4	15	188,50
	7	8,4	14	177,93
	8	8,1	15	188,50
	9	7	15	188,50
	?	73		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P14	1	9,2	13	245,04
	2	12	12	226,19
	3	12	12	226,19
	4	12	12	226,19
	5	8,7	13	245,04
	6	12	12	226,19
	7	12	12	226,19
	8	12	12	226,19
	9	7,8	13	245,04
	?	97,7		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P15	1	12	12	226,19
	2	12	12	226,19
	3	12	12	226,19
	4	8,7	13	245,04
	5	12	12	226,19
	6	11	13	245,04
	7	12	12	226,19
	8	12	12	226,19
	9	8,7	13	245,04
	?	100,4		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P16	1	8,7	15	188,50
	2	9	15	188,50
	3	8,7	15	188,50
	4	8,2	15	188,50
	5	8,4	15	188,50
	6	8	15	188,50
	7	8,3	14	177,93
	8	8,4	15	188,50
	9	8,2	15	188,50
	?	75,9		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P17	1	9,7	13	245,04
	2	12	12	226,16
	3	12	12	226,16
	4	12	12	226,16
	5	12	12	226,16
	6	12	12	226,16
	7	12	12	226,16
	8	12	12	226,16
	9	9,7	14	263,89
	?	103,4		

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P18	1	11	13	245,04
	2	10,2	14	263,89
	3	12	12	226,19
	4	12	12	226,19
	5	12	12	226,19
	6	9,3	14	263,89
	7	8	14	263,89
	8	10,2	14	263,89
	9	12	12	226,19
	?	96,7		

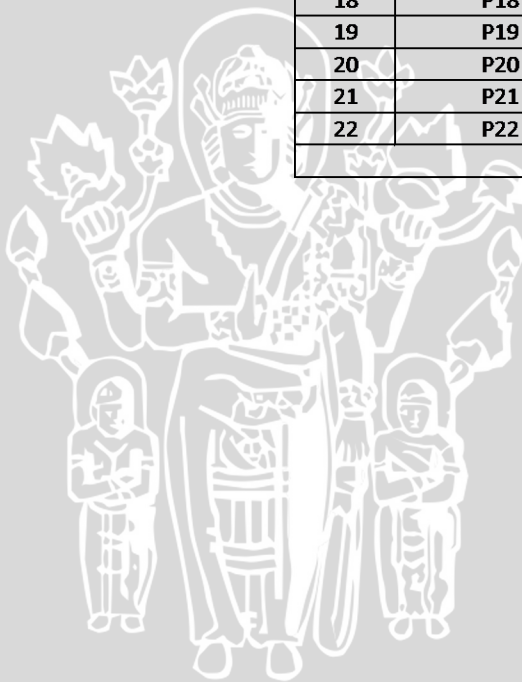
Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P19	1	8,7	15	188,50
	2	9	15	188,50
	3	8,9	15	188,50
	4	8,9	15	188,50
	5	8,9	15	188,50
	6	8,7	15	188,50
	7	7	15	188,50
	8	7,5	15	188,50
	9	7,1	15	188,50
	?	74,7		

REKAPITULASI KEDALAMAN PILE

Pilecap	No. Pile	Kedalaman TP (m)	Mpa	Ton
P22	1	12	13	245,04
	2	9,2	14	263,89
	3	12	12	226,19
	4	12	12	226,19
	5	9,2	14	263,89
	6	11	14	263,89
	7	12	12	226,19
	8	11	14	263,89
	9	12	12	226,19
	10	12	12	226,19
	11	12	13	245,04
	12	12	12	226,19
	?	136,4		

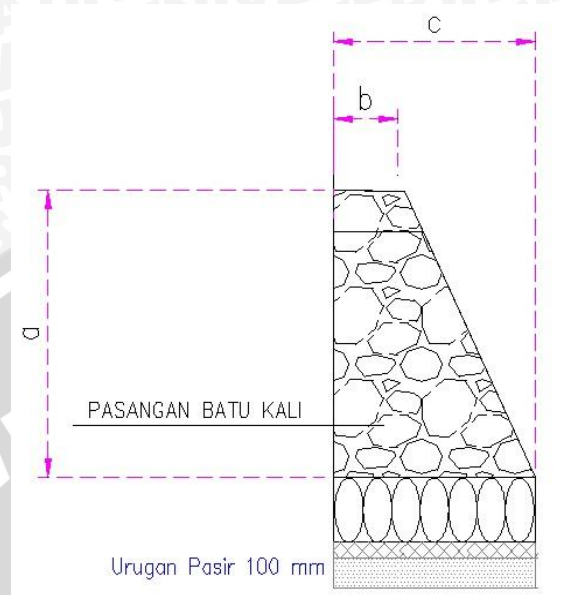
Total Panjang Tiang Pancang Terpasang = 2223,6
 Jumlah Tiang Pancang = 219

No.	Jenis Pilecap	Kedalaman Pile (m)
1	P1	136,6
2	P2	80,2
3	P3	127,7
4	P4	73
5	P5	104,2
6	P6	98,5
7	P7	75,6
8	P8	102,4
9	P9	107
10	P10	71,6
11	P11	107
12	P12	107
13	P13	73
14	P14	97,7
15	P15	100,4
16	P16	75,9
17	P17	103,4
18	P18	96,7
19	P19	74,7
20	P20	100,1
21	P21	174,5
22	P22	136,4
	?	2223,6



BATU KALI

Perhitungan pemakaian material terpasang batu kali



□ Volume

$$a = 1 \text{ m}$$

$$b = 0,2 \text{ m}$$

$$c = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 108 \text{ m}$$

$$\text{Volume pasangan batu kali} = 37,8 \text{ m}^3$$

PASIR**Pasir urug****Pekerjaan lapisan pasir bawah lantai**

$$\text{Luas lantai} = 34 \times 18 = 612 \text{ m}^2$$

$$\text{Tebal Lapisan} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 61,2 \text{ m}^3$$

Pekerjaan lapisan pasir bawah pile cap

Jenis	Jumlah	Panjang	Lebar	Tebal Lapisan	Volume
	buah	m	m	m	m ³
P9	18	2,8	2,8	0,1	14,112
P12	1	3,8	2,8	0,1	1,064
P15	3	4,8	2,8	0,1	4,032
Σ					19,208

Pekerjaan Pondasi batu kali

$$\text{Panjang pondasi} = 108 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pondasi} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Tebal} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 5,4 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total pasir urug} = 85,808 \text{ m}^3$$

BATA RINGAN

Sisi	Lantai	Tinggi Dinding	Panjang Dinding	Luas Dinding
		m	m	m ²
a	b	c	d	e = c x d
Barat	1	4,4	27,44	120,74
		4,4	6,21	27,32
		4,4	1,6	7,04
		4,4	1,6	7,04
	2	4,4	0,55	2,42
		3,399	10,567	35,92
		3,399	6,21	21,11
		3,399	1,6	5,44
	3	3,399	1,6	5,44
		3,399	0,55	1,86945
		3,399	10,567	35,92
		3,399	6,21	21,11
	4	3,399	1,6	5,44
		3,399	1,6	5,44
		3,399	0,55	1,86945
		3,399	10,567	35,92
	5	3,399	6,21	21,11
		3,399	1,6	5,44
		3,399	1,6	5,44
		3,399	0,55	1,86945
	6	3,399	6,21	21,11
		3,399	1,6	5,44
		3,399	1,6	5,44
		3,399	0,55	1,86945
	7	3,399	34,3	116,59
		3,399	1,6	5,44
		3,399	1,6	5,44
		3,399	0,55	1,86945
		0,6	15,85	9,51
		1,5	16,2	24,30
		0,812	18,3	14,86
			?	660,94
Timur	1	4,4	6	26,40
		4,4	1,45	12,76
		4,4	1,45	12,76
		3,399	6,282	21,35
	2	3,399	1,45	9,86
		3,399	1,45	9,86
		3,399	5,5	37,39
		3,399	6,282	21,35
	3	3,399	1,45	9,86
		3,399	1,45	9,86
		3,399	5,5	37,39
		3,399	6,282	21,35
	4	3,399	1,45	9,86
		3,399	1,45	9,86
		3,399	5,5	37,39
		3,399	6,282	21,35
	5	3,399	1,45	9,86
		3,399	1,45	9,86
		3,399	5,5	37,39
		3,399	6,282	21,35
	6	3,399	1,45	9,86
		3,399	1,45	9,86
		3,399	5,5	37,39
		3,399	6,282	21,35
	7	3,399	34,3	116,59
		3,399	1,45	9,86
		3,399	1,45	9,86
		3,399	5,5	37,39
		0,6	15,85	9,51
		1,5	16,2	24,30
		0,812	18,3	14,86
			?	666,56

Utara	1	4,4	3,6	15,84
		4,4	4,15	18,26
		4,4	1,2	5,28
		4,88	2,55	12,44
	2	3,399	3,6	12,24
		3,399	4,15	14,11
		3,399	1,2	4,08
		3,399	2,55	8,67
	3	3,399	3,6	12,24
		3,399	4,15	14,11
		3,399	1,2	4,08
		3,399	2,55	8,67
	4	3,399	3,6	12,24
		3,399	4,15	14,11
		3,399	1,2	4,08
		3,399	2,55	8,67
	5	3,399	3,6	12,24
		3,399	4,15	14,11
		3,399	1,2	4,08
		3,399	2,55	8,67
	6	3,399	3,6	12,24
		3,399	4,15	14,11
		3,399	1,2	4,08
		3,399	2,55	8,67
	7	3,399	3,6	12,24
		3,399	4,15	14,11
		2,9	2,55	7,40
		1,5	6,15	9,23
		1,5	7,3	10,95
		0,812	18,3	14,86
			?	316,04
Selatan	1	0,9	3,5	3,15
		4,4	8,2	36,08
	7	4,6	7,8	35,88
		3,399	1,6	5,44
		3,399	7,2	24,47
		0,812	18,3	14,86
		1,5	6,15	9,23
		1,5	7,3	10,95
			?	140,06

Toilet	1	4,4	6,4	28,16
		4,4	1,595	7,02
		4,4	3,25	28,60
		4,4	1,325	5,83
		4,4	3,255	28,64
		4,4	0,775	6,82
		4,4	0,775	6,82
		4,4	0,775	3,41
		4,4	4,455	19,60
		2,4	4,455	10,69
		2,4	4,455	10,69
		2,4	1,5	3,60
		2,4	1,5	3,60
		2,4	1,5	3,60
		2,4	1,675	4,02
		2,4	1,675	4,02
		2,4	1,675	4,02
		2,4	3,686	8,85
	2 - 6	3,399	6,4	108,77
	5 lantai	3,399	1,235	20,99

	3,399	3,25	55,23
	3,399	1,5	25,49
	3,399	3,105	105,54
	3,399	0,775	26,34
	3,399	0,775	26,34
	3,399	0,775	26,34
	3,399	0,775	26,34
	3,399	4,455	75,71
	2,8	4,455	62,37
	2,8	4,455	62,37
	2,8	1,5	21,00
	2,8	1,5	21,00
	2,8	1,5	21,00
	2,8	1,675	23,45
	2,8	1,675	23,45
	2,8	1,675	23,45
	2,8	4,85	67,90

	3,399	0,715	12,15
	3,399	0,783	13,31
7	3,399	6	20,39
	3,399	3,12	10,60
	3,399	0,682	2,32
	3,399	0,682	2,32
	2,8	1,675	4,69
	2,8	1,675	4,69
	2,8	1,675	4,69
	2,8	0,32	0,90
	2,8	1,891	5,29
	2,8	0,365	1,02
		?	1067,12

REKAPITULASI LUAS DINDING

Sisi	Luas Dinding (m2)
Barat	660,94
Timur	666,56
Utara	316,04
Selatan	140,06
Toilet	1067,12
?	2850,71

Luas Jendela (kaca) =

1350,08

m2

Luas Pintu Barat =

3,1 x 3,625

=

11,24

m2

Luas Pintu Toilet

Jumlah unit pintu = 69

buah

Lebar = 0,7

m

Tinggi = 2,1

m

Luas = 0,7 x 2,1 x 69

= 101,43

m2

=

Tebal dinding =

0,1

m

Volume bata ringan = (Luas Dinding - (Luas Jendela + Luas Pintu)) x Tebal dinding

= ((2850,71 - (1350,08 + 11,24 + 101,43)) x 0,1

= 138,7960648 m3

GENTENG

Jumlah sisi	:	4	
Sudut kemiringan			
atap	:	45	derajat
*tan 45	:	1,00	
Alas	:	20,2	m
Setengah Alas	:	10,117	m
Tinggi kuda-kuda	:	10,117	m
Sisi miring kuda-kuda	:	$\sqrt{(10,117)^2 + (10,117)^2}$	
	:	14,3076	m
Luas atap	:	Alas x Sisi miring kuda-kuda x 2	
	:	20	x 14,3 x 2
	:	579	m ²
Ukuran genteng	:	0,32	x 0,31 m
Isi per m ²	:	14,5	buah
Jumlah genteng	:	8395,5	buah
terpasang	:	8396	buah



GALVALUM				
PLAFOND				
Ukuran 40/40 & 20/40				
Lantai	Panjang (m)	Jumlah Pot.	Total	?
1	1,2	645	774	
Ly	1,2	68	81,6	
	1,1	4	4,4	
	0,7	4	2,8	
	0,6	4	2,4	
	0,98	16	15,68	
	0,82	12	9,84	
	1,2	72	86,4	
	0,73	8	5,84	
	1,2	70	84	
	0,92	5	4,6	
	1,2	26	31,2	
	0,92	3	2,76	
	1,2	84	100,8	
	0,58	3	1,74	
	0,4	31	12,4	
	0,3	4	1,2	
	0,6	8	4,8	
	0,2	8	1,6	
	0,6	21	12,6	1240,7
1	0,6	78	46,8	
Lx	0,6	624	374,4	
	0,6	224	134,4	
	1,2	16	19,2	
	1,2	18	21,6	
	0,4	3	1,2	597,6
2	1,2	644	772,8	
Ly	1,2	68	81,6	
	1,1	4	4,4	
	0,7	4	2,8	
	0,6	4	2,4	
	0,98	16	15,68	
	0,82	12	9,84	
	1,2	72	86,4	
	0,73	8	5,84	
	1,2	70	84	
	0,92	5	4,6	
	1,2	26	31,2	
	0,92	3	2,76	
	1,2	84	100,8	
	0,58	3	1,74	
	0,4	43	17,2	
	0,3	4	1,2	
	0,6	8	4,8	
	0,2	8	1,6	
	0,6	21	12,6	1244,3
2	0,6	78	46,8	
Lx	0,6	624	374,4	
	0,6	224	134,4	
	1,2	16	19,2	
	1,2	18	21,6	
	0,4	3	1,2	
	0,35	26	9,1	606,7
3	1,2	644	772,8	
Ly	1,2	68	81,6	
	1,1	4	4,4	
	0,7	4	2,8	
	0,6	4	2,4	
	0,98	16	15,68	
	0,82	12	9,84	
	1,2	72	86,4	
	0,73	8	5,84	
	1,2	70	84	
	0,92	5	4,6	
	1,2	26	31,2	
	0,92	3	2,76	
	1,2	84	100,8	
	0,58	3	1,74	
	0,4	43	17,2	
	0,3	4	1,2	
	0,6	8	4,8	
	0,2	8	1,6	
	0,6	21	12,6	1244,3
3	0,6	78	46,8	
Lx	0,6	624	374,4	
	0,6	224	134,4	
	1,2	16	19,2	
	1,2	18	21,6	
	0,4	3	1,2	
	0,35	26	9,1	606,7

4	1,2	644	772,8	
Ly	1,2	68	81,6	
	1,1	4	4,4	
	0,7	4	2,8	
	0,6	4	2,4	
	0,98	16	15,68	
	0,82	12	9,84	
	1,2	72	86,4	
	0,73	8	5,84	
	1,2	70	84	
	0,92	5	4,6	
	1,2	26	31,2	
	0,92	3	2,76	
	1,2	84	100,8	
	0,58	3	1,74	
	0,4	43	17,2	
	0,3	4	1,2	
	0,6	8	4,8	
	0,2	8	1,6	
	0,6	21	12,6	1244,3
4	0,6	78	46,8	
Lx	0,6	624	374,4	
	0,6	224	134,4	
	1,2	16	19,2	
	1,2	18	21,6	
	0,4	3	1,2	
	0,35	26	9,1	606,7
5	1,2	644	772,8	
Ly	1,2	68	81,6	
	1,1	4	4,4	
	0,7	4	2,8	
	0,6	4	2,4	
	0,98	16	15,68	
	0,82	12	9,84	
	1,2	72	86,4	
	0,73	8	5,84	
	1,2	70	84	
	0,92	5	4,6	
	1,2	26	31,2	
	0,92	3	2,76	
	1,2	84	100,8	
	0,58	3	1,74	
	0,4	43	17,2	
	0,3	4	1,2	
	0,6	8	4,8	
	0,2	8	1,6	
	0,6	21	12,6	1244,3
5	0,6	78	46,8	
Lx	0,6	624	374,4	
	0,6	224	134,4	
	1,2	16	19,2	
	1,2	18	21,6	
	0,4	3	1,2	
	0,35	26	9,1	606,7
6	1,2	617	740,4	
Ly	1,2	68	81,6	
	1,1	4	4,4	
	0,7	4	2,8	
	0,6	4	2,4	
	0,98	16	15,68	
	0,82	12	9,84	
	1,2	72	86,4	
	0,73	8	5,84	
	1,2	70	84	
	0,92	5	4,6	
	1,2	26	31,2	
	0,92	3	2,76	
	1,2	84	100,8	
	0,58	3	1,74	
	0,4	43	17,2	
	0,3	4	1,2	
	0,6	8	4,8	
	0,2	8	1,6	
	0,6	21	12,6	1211,9
6	0,6	78	46,8	
Lx	0,6	624	374,4	
	0,6	224	134,4	
	1,2	16	19,2	
	1,2	18	21,6	
	0,4	3	1,2	
	0,35	26	9,1	606,7
7	1,2	108	129,6	
Ly	0,58	4	2,32	
	1,2	325	390	
	1,2	340	408	
	1,2	70	84	
	0,4	43	17,2	
	0,3	4	1,2	
	0,6	8	4,8	
	0,2	8	1,6	
	0,6	21	12,6	1051,3
7	1,2	16	19,2	
Lx	1,2	18	21,6	
	0,4	3	1,2	42,0

GALVALUM ATAP

Ukuran 20/40

Panjang Usuk (m)	Jumlah Sisi	Total (m)	Total Batang
a	b	c = a x b	d = c/6
9,4	8	75,2	13
9,2	8	73,6	12
8,65	8	69,2	12
8,2	8	65,6	11
7,7	8	61,6	10
7,2	8	57,6	10
6,7	8	53,6	9
6,2	8	49,6	8
5,6	8	44,8	7
5,15	8	41,2	7
4,7	8	37,6	6
4,2	8	33,6	6
3,7	8	29,6	5
3,2	8	25,6	4
2,7	8	21,6	4
2,2	8	17,6	3
1,7	8	13,6	2
1,2	8	9,6	2
6,25	8	50	8
1,35	8	10,8	2
	?	841,6	140

? Ly 20/40 8481

Total / Panjang 1 batang galvalum = 1413 btlg

? Lx 40/40 3673

Total / Panjang 1 batang galvalum = 612 btlg

Panjang Reng (m)	Jumlah Sisi	Total (m)	Total Batang
a	b	c = a x b	d = c/6
0,34	8	2,72	1
0,61	8	4,88	1
0,87	8	6,96	1
1,135	8	9,08	2
1,4	8	11,2	2
1,665	8	13,32	2
1,93	8	15,44	3
2,195	8	17,56	3
2,46	8	19,68	3
2,725	8	21,8	4
3	8	24	4
3,255	8	26,04	4
3,52	8	28,16	5
3,785	8	30,28	5
4,05	8	32,4	5
4,315	8	34,52	6
4,58	8	36,64	6
4,845	8	38,76	6
5,11	8	40,88	7
5,375	8	43	7
5,64	8	45,12	8
5,905	8	47,24	8
6,17	8	49,36	8
6,435	8	51,48	9
6,7	8	53,6	9
6,97	8	55,76	9
7,23	8	57,84	10
7,5	8	60	10
7,76	8	62,08	10
8,025	8	64,2	11
8,3	8	66,4	11
8,555	8	68,44	11
8,82	8	70,56	12
9,085	8	72,68	12
9,35	8	74,8	12
9,615	8	76,92	13
	?	1433,8	240

HANGER PLAFOND

Ukuran 20/40

Pada galvalum Lx, yakni yang membagi arah (y), dengan jarak =

0,6 m

Lantai	Total m' Lx	Jarak	Jumlah	Panjang	? (m)
a	b	c	d = b/c	e	f = d x e
1	597,6	0,6	996	0,4	398,4
2	606,7	0,6	1011,166667	0,4	404,4666667
3	606,7	0,6	1011,166667	0,4	404,4666667
4	606,7	0,6	1011,166667	0,4	404,4666667
5	606,7	0,6	1011,166667	0,4	404,4666667
6	606,7	0,6	1011,166667	0,4	404,4666667
7	42	0,6	70	0,4	28
				?	2448,733333

Lantai	Total m' Ly	Jarak	Jumlah	Panjang	? (m)
a	b	c	d = b/c	e	f = d x e
1	1240,7	0,6	2067,766667	0,4	827,1066667
2	1244,3	0,6	2073,766667	0,4	829,5066667
3	1244,3	0,6	2073,766667	0,4	829,5066667
4	1244,3	0,6	2073,766667	0,4	829,5066667
5	1244,3	0,6	2073,766667	0,4	829,5066667
6	1211,9	0,6	2019,766667	0,4	807,9066667
7	1051,3	0,6	1752,2	0,4	700,88
				?	5653,92

GYPSUM BOARD						
Lantai	AS	Ukuran	Luas	Jumlah	Luas Terpasang	
a	b	c	d	e	f = d x e	
1	3-2'	1,2 x 2,4	2,88	17	48,96	
		 x ...	2,8575	2	5,715	
			2,7675	2	5,535	
			2,8305	3	8,4915	
			2,7945	3	8,3835	
		0,13 x 2,116	0,27508	1	0,27508	
	2' - 2'	1,2 x 2,4	2,88	27	77,76	
		... x ...	2,6505	1	2,6505	
	2' - 2	1,2 x 2,4	2,88	27	77,76	
			2,832	1	2,832	
	2 - 2'	1,2 x 2,4	2,88	17	48,96	
			2,8	1	2,8	
			2,48	1	2,48	
			2,8	1	2,8	
			2,4	1	2,4	
			2,704	3	8,112	
			2,576	1	2,576	
			2,576	1	2,576	
			2,576	1	2,576	
			2,6505	1	2,6505	
	2 - 2'	1,2 x 2,4	2,88	26	74,88	
			2,832	1	2,832	
			2,8225	26	73,385	
	2' - 2'	1,2 x 2,4	2,88	26	74,88	
			2,8575	1	2,8575	
			2,832	1	2,832	
	2 - 1	1,2 x 2,4	2,88	23	66,24	
			2,592	1	2,592	
	1		0,288	1	0,288	
			1,2 x 1,2	1,44	12	17,28
				1,3825	1	1,3825
				1,1525	1	1,1525
				1,1525	1	1,1525
				1,3825	1	1,3825
				1,0085	1	1,0085
				1,3135	2	2,627
				1,2215	1	1,2215
			0,85 x 1,2	1,02	3	3,06
				0,9345	1	0,9345
				0,9705	1	0,9705
			2,2 x 0,13	0,286	1	0,286
			1,825 x 1,2	2,19	19	41,61
			1,825 x 1,2	2,19	13	28,47
				2,1675	3	6,5025
				2,0775	1	2,0775
				2,0775	1	2,0775
				2,0775	1	2,0775
					2,1405	1
	2,1405	1			2,1405	
	2,1405	1			2,1405	
	2,1405	1			2,1405	
2,1405	1	2,1405				
2,1045	6	12,627				
1,825 x 0,58	1,0585	1			1,0585	
	1,0585	1			1,0585	
0,8 x 1,2	0,96	7			6,72	
	0,88	1			0,88	
lift dan ujung	0,4 x 1,6	0,64			7	4,48
	0,4 x 0,4	0,15			1	0,15
	1,2 x 1,73	2,076			5	10,38
		1,996			1	1,996
	0,4 x 1,73	0,692			1	0,692
		?	783,09708			

REKAP GYPSUM TERPASANG TIAP LANTAI

Lantai	Total	
1	783,09708	
2	799,35608	
3	799,35608	
4	799,35608	
5	801,78608	
6	803,45508	
7	398,352	
tot	5184,75848	m2
	1800,26336	lbr

KERAMIK

Lokasi	Jenis Keramik	Ukuran Utuh	Jumlah Utuh	Ukuran Potong	Jumlah Terpotong	Luas Keramik Utuh	Luas Keramik Terpotong	Luas Total (m2)
a	b	c	d	e	f	$g = c \times d$	$h = e \times f$	$i = g + h$
LT. DASAR								
Teras	Granit Tile Essenza	60 x 60	419	60 x 12,5	53	150,84	3,975	
				60 x 20	79		9,48	
				60 x 37,5	10		2,25	
				60 x 27,5	42		6,93	
						?	22,635	173,475
Lantai ruang	Granit Tile Essenza	60 x 60	1556	60 x 45	51	560,16	13,77	
				60 x 10	11		0,66	
				60 x 35	7		1,47	
				60 x 20	9		1,08	
				60 x 15	10		0,9	
				60 x 22,5	6		0,81	
				60 x 25	8		1,2	
				60 x 30	2		0,36	
						?	20,25	580,41
Lantai Kamar Mandi	Roman	40 x 40	188	40 x 10	46	30,08	1,84	
				40 x 13,5	12		0,648	
				40 x 16,5	9		0,594	
				40 x 29,5	7		0,826	
				40 x 15,5	7		0,434	
				40 x 23,5	11		1,034	
				40 x 25	7		0,7	
						?	6,076	36,156
LT. 2-6								
Lantai ruang	Granit Tile Essenza	60 x 60	8995	60 x 25	125	3238,2	18,75	
				60 x 37,5	30		6,75	
				60 x 22,5	345		46,575	
				60 x 45	70		18,9	
				60 x 36	10		2,16	
				60 x 30	20		3,6	
						?	96,735	3334,935
Lantai Kamar Mandi	Roman	40 x 40	1350	40 x 15,5	15	216	0,93	
				40 x 9	11		0,396	
				40 x 16,5	21		1,386	
				40 x 10	11		0,44	
				40 x 23,5	11		1,034	
						?	4,186	220,186
LT. 7								
Lantai ruang	Granit Tile Essenza	60 x 60	2065	60 x 25	56	743,4	8,4	
				60 x 30	15		2,7	
				60 x 20	2		0,24	
				60 x 22,5	3		0,405	
				60 x 10	16		0,96	
				60 x 35	4		0,84	
				60 x 17,5	8		0,852	
				60 x 40	5		1,2	
						?	15,597	758,997
Lantai Kamar Mandi	Roman	40 x 40	39	40 x 15,5	18	6,24	1,116	
				40 x 18	3		0,216	
				40 x 7	3		0,084	
				40 x 25	4		0,4	
				40 x 13	4		0,208	
				40 x 20	8		0,64	
						?	2,664	8,904

Dinding KM

Lantai	Panjang	Tinggi	Jumlah	Luas (m2)
1	1,5	2,4	7	25,2
	1,05	2,4	3	7,56
	0,35	2,4	3	2,52
	0,505	2,4	1	1,212
	0,35	2,4	1	0,84
	0,155	2,4	1	0,372
	0,525	2,4	1	1,26
	0,975	2,4	1	2,34
	1,675	2,4	5	20,1
	1,15	2,4	3	8,28
	0,45	2,4	2	2,16
	0,35	2,4	1	0,84
	0,8	2,4	1	1,92
	0,65	2,4	1	1,56
	0,925	2,4	1	2,22
	0,35	2,4	1	0,84
	1,4	2,4	1	3,36
	1,4	2,4	1	3,36
	3,3	2,4	1	7,92
2 - 6	1,5	2,8	35	147
5 lantai	1,1	2,8	5	15,4
	1,152	2,8	5	16,128
	1,15	2,8	5	16,1
	0,4	2,8	5	5,6
	0,452	2,8	5	6,328
	0,45	2,8	5	6,3
	0,455	2,8	5	6,37
	0,35	2,8	5	4,9
	0,105	2,8	5	1,47
	0,525	2,8	5	7,35
	0,91	2,8	5	12,74
	1,575	2,8	30	132,3
	1,15	2,8	15	48,3
	0,45	2,8	10	12,6
	0,4	2,8	5	5,6
	1,4	2,8	5	19,6
	1,4	2,8	5	19,6
	3,28	2,8	5	45,92
7	1,575	2,8	4	17,64
	0,875	2,8	1	2,45
	1,18	2,8	2	6,608
	1,15	2,8	1	3,22
	0,45	2,8	1	1,26
	0,263	2,8	1	0,7364
	1,963	2,8	1	5,4964
	0,532	2,8	1	1,4896
	0,35	2,8	1	0,98
	0,65	2,8	1	1,82
	0,65	2,8	1	1,82
	3,9	2,8	1	10,92
				677,9104

TANGGA

LT. Dasar

Jumlah anak tangga horisontal =	27	buah
Jumlah anak tangga vertikal =	28	buah
Lebar anak tangga =	0,3	m
Tinggi anak tangga =	0,18	m
Panjang anak tangga =	2	m
Lebar bordes =	2	m
Panjang bordes =	4	m

$$\text{Luas anak tangga horisontal} = 0,3 \times 2 \times 27 = 16,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas anak tangga vertikal} = 0,18 \times 2 \times 28 = 10,08 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Bordes} = 4 \times 2 = 8 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas total tangga lantai dasar} = 16,2 + 10,08 + 8 = 34,28 \text{ m}^2$$

LT. 2-6

Jumlah lantai =	5	
Jumlah anak tangga horisontal =	21	buah
Jumlah anak tangga vertikal =	22	buah
Lebar anak tangga =	0,3	m
Tinggi anak tangga =	0,18	m
Panjang anak tangga =	2	m
Lebar bordes =	2	m
Panjang bordes =	4	m

$$\text{Luas anak tangga horisontal} = 12,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas anak tangga vertikal} = 7,92 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Bordes} = 8 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas total tangga lantai 2-6} = 142,6 \text{ m}^2$$

REKAPITULASI LUAS TANGGA

Lantai	Luas Tangga (m2)
Dasar	34,28
2 - 6	142,6
?	176,88

REKAPITULASI KUANTITAS KERAMIK TERPASANG

JENIS KERAMIK	VOLUME (m2)
Granit Tile Essenza (60x60)	4847,817
Roman (40x40)	265,246
Granit Tile Essenza (30x60)	176,88
Roman (20x20)	677,9104

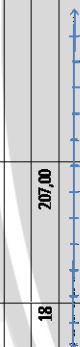
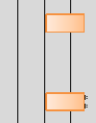
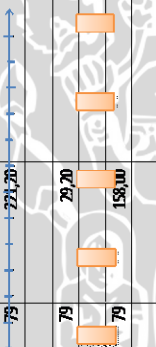
PEKERJAAN JENDELA ALUMINIUM
PROYEK GEDUNG PASCA SARJANA UNISMA - MALANG

	JENIS KUSEN	VOLUME	SATUAN	JUMLAH UNIT	TOTAL	GAMBAR KERJA
A	LANTAI I, TANGGA DAN BOVENIUS					
	Jendela J.I-1 (450 x 450 cm) - LT.1					JI = 5 UNIT
	1 Kusen aluminium - 3 " - SILVER	39,3	m'	5	196,5	
	2 Kaca stopsol 5 mm (90 x 215)	19,35	m2	5	96,75	
B	Jendela J.I-2 (290 x 350 cm) - Tangga - LT.1					
	1 Kusen aluminium - 3 " - SILVER	25	m'	1	25	
	2 Kaca stopsol 5 mm (90 x 215)	10,15	m2	1	10,15	
C	Jendela J.I-3 (350 x 90 cm) - Casement - Tangga					
	1 Kusen aluminium - 3 " - SILVER	11,5	m'	6	69,00	
	2 Frame aluminium Casement - 3.5 cm	6,72	m'	6	40,32	
	3 Kaca stopsol 5 mm	3,03	m2	6	18,19	
	4 Engsel casement	4	bh	6	24,00	
	5 Spring Knip	2	bh	6	12,00	

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA

119

D	Jendela L1-4 (350 x 90 cm) - Tanga							350	90
	1 Kusen aluminium - 3 " - SILVER	11,5	m'	18		207,00			
	2 Kaca stopsol 5 mm	3,15	m ²	18		56,70			
E	Jendela L1-5 (50 x 90 cm) - Casement - ALL							50	
	1 Kusen aluminium - 3 " - SILVER	2,8	m'	79		221,20			
	2 Frame aluminium Casement - 3.5 cm	2,8	m'	79		221,20			
	3 Kaca stopsol 5 mm (40 x 80)	0,37	m ²	79		29,70			
	4 Engsel casement	2	bh	79		158,00			
	5 Spring Knip	1	bh	79		79,00			
F	Jendela L1-6 (30 x 30 cm) - Casement - ALL							30	
	1 Kusen aluminium - 3 " - SILVER	1,2	m'	106		127,20			
	2 Frame aluminium Casement - 3.5 cm	1,2	m'	106		127,20			
	3 Kaca stopsol 5 mm (40 x 80)	0,06	m ²	106		6,11			
	4 Engsel casement	2	bh	106		212,00			
	5 Spring Knip	1	bh	106		106,00			
									
									

[illegible]

[illegible]

[illegible]

LAMPIRAN 4

BRAINSTORMING PENYEBAB SISA MATERIAL



BAJA TULANGAN

Faktor Desain		
1.	Adanya perubahan desain	Perencanaan yang kurang sempurna →
2.	Kontraktor salah dalam pengadaan	Informasi gambar yang kurang dimengerti /sulit dipahami→
3.	Kurang memperhatikan ukuran produk	
4.	Ketidaklengkapan dokumen kontrak	
Faktor Pengadaan Material		
1.	Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil	
2.	Pemesanan melebihi kebutuhan	
Faktor Penanganan Material		
1.	Meletakkan material tidak ditempat semestinya	
2.	Kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material	

Faktor Pelaksanaan

1.	Material tercecer saat pemasangan	Pekerja yang ceroboh →
2.	Peralatan yang tidak berfungsi	
3.	Sisa material tidak dapat dipakai	Pemotongan material tidak sesuai rencana →



TIANG PANCANG**Faktor Pengadaan Material**

1.	Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil	
2.	Rusaknya material pada waktu pembelian / saat pengiriman	

Faktor Penanganan Material

1.	Kualitas material yang diterima menurun	Ketidaktelitian memeriksa material dari supplier →
2.	Kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material ke lokasi proyek	

Faktor Pelaksanaan

1.	Sisa material tidak dapat dipakai	Pemotongan material tidak sesuai rencana →
2.	Peralatan tidak berfungsi dengan baik	

WASTE MATERIAL BAJA TULANGAN

Petunjuk pengisian: Pilih salah satu opsi pada kolom "PENDAPAT RESPONDEN"

PENYEBAB WASTE MATERIAL		PENDAPAT RESPONDEN
I.	Faktor Desain	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
II.	Faktor Pengadaan Material	
III.	Faktor Penanganan Material	
IV.	Faktor Pelaksanaan	

Faktor Desain

1.	Adanya perubahan desain	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2.	Kontraktor salah dalam pengadaan	
3.	Kurang memperhatikan ukuran produk	
4.	Ketidak lengkapan dokumen	

Faktor Pengadaan Material

1.	Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2.	Pemesanan melebihi kebutuhan	

Faktor Penanganan Material

1.	Meletakkan material tidak ditempat semestinya	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2.	Kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material	

Faktor Pelaksanaan

1.	Material tercecer saat pemasangan	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2.	Peralatan yang tidak berfungsi	
3.	Sisa material tidak dapat dipakai	

Faktor Desain

Faktor Desain		
I.	Adanya perubahan desain	
1	Perencanaan yang kurang sempurna	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2	Usulan kontraktor	
II.	Kontraktor salah dalam pengadaan	
1	Informasi gambar sulit dipahami	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2	Desain tidak lengkap	
III.	Kurang memperhatikan produk	
1	Spek tidak jelas	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2		
IV.	Ketidaklengkapan dokumen kontrak	
1	Kurang RKS	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2	Dokumen kontrak hanya BoQ	
Faktor Pengadaan Material		
I.	Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil	
1	Karena ada minimal pembelian	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2	Agar tidak rugi di transport	
II.	Pemesanan melebihi kebutuhan	
Faktor Penanganan Material		
I.	Meletakkan material tidak ditempat semestinya	
1	Kurangnya lahan	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2		
II.	Kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material	
1	Tidak ada kontrol saat pengukuran	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2	kecelakaan	
3	Benturan selama perjalanan	

Faktor Pelaksanaan		
I. Material tercecer saat pemasangan		
1	Pekerja yang ceroboh	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
II. Peralatan yang tidak berfungsi		
1	Alat konslet	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2	Alat aus	
3	Voltase naik turun	
III. Sisa Material tidak dapat dipakai		
1	Pemotongan material tidak sesuai rencana	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2	pemotongan mengikuti desain	



WASTE MATERIAL TIANG PANCANG

Petunjuk pengisian: Pilih salah satu opsi pada kolom "PENDAPAT RESPONDEN"

PENYEBAB WASTE MATERIAL		PENDAPAT RESPONDEN
I.	Faktor Pengadaan Material	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
II.	Faktor Penanganan Material	
III.	Faktor Pelaksanaan	

Faktor Pengadaan Material

1.	Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2.	Rusaknya material pada saat pembelian	

Faktor Penanganan Material

1.	Kualitas material yang diterima menurun	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2.	Kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material	

Faktor Pelaksanaan

1.	Peralatan yang tidak berfungsi	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2.	Sisa material tidak dapat dipakai	

Faktor Pengadaan Material

I.	Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil		☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
	1.	Agar tidak rugi pada biaya Pemasangan	
	2.	Agar tidak rugi di transport	
II.	Rusaknya material pada saat pembelian		☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
	1.	Loading material	
	2.	Cacat produksi	

Faktor Penanganan Material

I.	Kualitas material yang diterima menurun	
----	---	--

1	Ketidakteitian memeriksa material dari supplier	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2	Usia beton belum siap pancang	
II. Kurangnya kehati-hatian dalam pengangkutan material		
1	Kesalahan alat berat	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2	Benturan selama perjalanan	
Faktor Pelaksanaan		
I. Peralatan yang tidak berfungsi		
1	Kurang kontrol	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2	Alat aus	
3	Voltase naik turun	
4	Penggunaan overload	
II. Sisa Material tidak dapat dipakai		
1	Pemotongan material tidak sesuai rencana	☐ Salah satu kejadian dominan terjadi ☐ Gabungan kejadian
2	pemotongan mengikuti desain	