

TUGAS AKHIR

**ANALISIS MATERIAL WASTE PADA PEKERJAAN
PLESTERAN DINDING
(ANALYSIS OF WASTE MATERIAL IN WALL
PLASTERING WORK)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



Yusuf Hanafiah

12511431

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2019**

TUGAS AKHIR

ANALISIS MATERIAL WASTE PADA PEKERJAAN PLESTERAN DINDING (ANALYSIS OF WASTE MATERIAL IN WALL PLASTERING WORK)

Disusun oleh

Yusuf Hanafiah

12511431

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing I

Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 955110102

Penguji I

Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 005110101

Penguji II

Adityawan Sigit, S.T., M.T.
NIK : 155110108

Mengesahkan,



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK : 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 8 Agustus 2019
Yang membuat pernyataan,



Yusuf Hanafiah
(12511431)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah Subhanallahu wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Material Waste Pada Pekerjaan Plesteran Dinding”. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shallallahu ‘alaihi wassalam, dan para sahabatnya yang telah memperjuangkan Islam sehingga kita dapat mengetahui agama yang Haq.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu (S1), pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Banyak hambatan yang dihadapi dalam pengerjaan tugas akhir ini, namun berkat semangat dan dukungan secara material maupun spiritual dari berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Berkaitan dengan itu, saya ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah sabar membimbing dan memberikan tambahan ilmu dengan saran-saran yang membangun selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji I yang telah memberikan tambahan ilmu dan saran-saran yang membangun dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Adityawan Sigit, S.T., M.T. selaku dosen penguji II yang telah memberikan tambahan ilmu dan saran-saran yang membangun dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen, laboran, karyawan, dan asisten Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan fasilitas selama masa perkuliahan penulis.

5. Teman-teman teknik sipil angkatan 2012 yang telah membantu saya selama kuliah hingga meraih gelar strata satu (S1) yang tidak dapat saya ucapkan satu persatu namanya.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak terdapat kekurangan baik dalam penulisan maupun materi yang disajikan. Sebab itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya maupun bagi pembaca. Apabila ada khilaf dan salah penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya dan apabila ada sesuatu yang baik maka itu adalah semata-mata karunia dari Allah SWT.

Yogyakarta, 10 September 2019

Penulis

Yusuf Hanafiah
(12511431)



DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
TUGAS AKHIR	ii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Sebelumnya	5
2.2.1 Evaluasi <i>Construction Waste</i> Dalam Pekerjaan Kolom Pada Proyek Konstruksi Gedung	6
2.2.2 Identifikasi <i>Construction Material Waste</i> Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus : Rumah Jabatan Rektor UNTAN Pontianak)	6
2.2.3 Analisis Sisa Material Pekerjaan Struktur Pada Proyek Konstruksi	7
2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu	7
2.4 Keaslian Penelitian	10
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Pendahuluan	11
3.2 Plester Dinding	11

3.2.1	Definisi Plesteran	11
3.2.2	Jenis-jenis Plesteran	12
3.2.3	Campuran Plesteran	14
3.2.4	Langkah-langkah Pekerjaan Plesteran	15
3.3	Mortar	17
3.3.1	Definisi Mortar	17
3.3.2	Jenis Mortar	18
3.3.3	Tipe Mortar	19
3.4	Biaya	20
3.5	Kinerja	23
3.6	Kurva belajar (<i>Learning curve</i>)	24
3.7	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	25
3.8.1	Definisi Rencana Anggaran Biaya	25
3.8.2	Fungsi Rencana Anggaran Biaya	26
3.8.3	Langkah-langkah Penyusunan Rencana Anggaran Biaya	26
3.8.4	Perkiraan Biaya	28
3.8	Pengertian <i>Waste</i>	28
3.9	<i>Waste Construction</i>	29
3.8.1	<i>Material Waste</i>	30
3.8.2	Jenis Penggunaan dan Sisa Material	31
3.8.3	Klasifikasi Material Sisa Konstruksi	32
3.8.4	Sumber dan Faktor Penyebab <i>Material Waste</i>	35
3.8.5	Identifikasi <i>Material Waste</i>	37
3.8.6	<i>Volume Waste</i>	37
3.8.7	Cara Meminimalisai <i>Waste Material Konstruksi</i>	41
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		42
4.1	Sumber Data	42
4.2	Objek dan Subjek Penelitian	42
4.3	Metode Pengumpulan Data	42
4.3.1	Responden	43
4.4	Tahapan dan Langkah Penelitian	43

4.5	Lokasi Eksperimen	44
4.6	Diagram Alir	45
BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		47
5.1	Data yang Diperoleh	47
5.5.1	Data Eksperimen	49
5.2	Perhitungan Volume Material Terpakai	58
5.2.1	Perhitungan Material Terpakai	59
5.3	Perhitungan <i>Wastage Level</i>	69
5.4	Perhitungan <i>Waste Cost</i>	74
5.4.1	Menghitung harga 1 Kg <i>Portland Cement</i>	74
5.4.2	Menghitung harga 1 m ³ pasir pasang	74
5.4.3	Menghitung jumlah harga material untuk 1 m ² pekerjaan plesteran	74
5.4.4	Menghitung bobot pekerjaan untuk 1 m ² pekerjaan plesteran	76
5.4.5	Menghitung <i>waste cost</i> material untuk 1 m ² pekerjaan plesteran	78
5.5	Pembahasan	79
5.5.1	Perhitungan Volume Terpakai	80
5.5.2	Perhitungan <i>Wastage Level</i>	82
5.5.3	Perhitungan <i>Waste Cost</i>	83
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		86
6.1	Kesimpulan	86
6.2	Saran	87
DAFTAR PUSTAKA		88
LAMPIRAN		92

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	8
Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	9
Tabel 3.1 Penyebab Sisa Material di Indonesia dan Australia	36
Tabel 3.2 Prosentase Sisa Material Proyek Perumahan	36
Lanjutan Tabel 3.2 Prosentase Sisa Material Proyek Perumahan	37
Tabel 5.1 BOQ untuk kebutuhan 1 m ² pekerjaan plesteran (1 PC : 4 PP)	50
Tabel 5.2 BOQ untuk kebutuhan 1 m ² pekerjaan plesteran (1 PC : 4 PP)	51
Tabel 5.3 Tabel rekapitulasi volume material terpakai untuk 1 m ²	68
Tabel 5.4 Volume kebutuhan material <i>Portland cement</i> dalam satuan Kg untuk 1 m ² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP ketebalan 15 mm	69
Tabel 5.5 Volume kebutuhan material pasir pasang dalam satuan m ² untuk 1 m ³ pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP ketebalan 15 mm	70
Tabel 5.6 Rekapitulasi <i>volume waste</i> material dan <i>wastage level</i> material PC untuk 1 m ² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm	73
Tabel 5.7 Rekapitulasi <i>volume waste</i> material dan <i>wastage level</i> material PP untuk 1 m ² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm	73
Tabel 5.8 Rekapitulasi Jumlah harga material PC dan PP untuk 1 m ² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm	76
Tabel 5.9 Rekapitulasi bobot pekerjaan material PC dan PP untuk 1 m ² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm	77
Tabel 5.10 Rekapitulasi <i>waste cost</i> material PC dan PP untuk 1 m ² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm	79
Tabel 5.10 Volume material terpakai pekerjaan 1 m ² plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm	80
Tabel 5.11 Rekapitulasi <i>volume waste</i> material dan <i>wastage level</i> material PC dan PP untuk 1 m ² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm	82

Tabel 5.12 Rekapitulasi *waste cost* material PC dan PP untuk 1 m² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm

84



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Ember	38
Gambar 3.2 Kerucut	38
Gambar 3.3 Potongan Kerucut	39
Gambar 4.1 Lokasi Rumah Tinggal untuk Eksperimen	44
Gambar 4.2 Bagan alir penelitian	46
Gambar 5.1 Dinding Timur Rumah Tinggal untuk Eksperimen	48
Gambar 5.2 Dinding Barat Rumah Tinggal untuk Eksperimen	48
Gambar 5.3 Lokasi Rumah Tinggal untuk Eksperimen	49
Gambar 5.4 Roskam Kayu	52
Gambar 5.5 Jidar alumunium	52
Gambar 5.6 Pacul	52
Gambar 5.7 Benang	53
Gambar 5.8 Ayakan Pasir	53
Gambar 5.9 Sekop pasir	53
Gambar 5.10 Meteran	54
Gambar 5.11 Paku	54
Gambar 5.12 Unting-unting lot	54
Gambar 5.13 Gerobak dorong	55
Gambar 5.14 Ember	55
Gambar 5.15 <i>Portland Cement</i> merk Gresik	56
Gambar 5.16 Pasir pasang Merapi	57
Gambar 5.17 Gambar luasan untuk per 1 m ²	58
Gambar 5.18 Gambar luasan untuk 1 m ² tukang 1 percobaan pertama	59
Gambar 5.19 Ember pertama T1.1	60
Gambar 5.20 Ember kedua T1.1	60
Gambar 5.21 Total volume mortar T1.1 satuan dalam satuan mm	60
Gambar 5.22 Gambar luasan untuk 1 m ² tukang 2 percobaan kedua	62
Gambar 5.23 Ember pertama T2.2	63

Gambar 5.24 Ember kedua T2.2	63
Gambar 5.25 Total volume mortar T2.2 satuan dalam satuan mm	63
Gambar 5.26 Gambar luasan untuk 1 m ² tukang 3 percobaan pertama	65
Gambar 5.27 Ember pertama T3.1	66
Gambar 5.28 Ember kedua T3.1	66
Gambar 5.29 Total volume mortar T3.1 satuan dalam satuan mm	66
Gambar 5.30 Histogram perbandingan volume terpakai material <i>Portland Cement</i> untuk 1 m ² pekerjaan plesteran.	80
Gambar 5.31 Histogram perbandingan volume terpakai material Pasir Pasang untuk 1 m ² pekerjaan plesteran.	81
Gambar 5.32 Histogram perbandingan <i>wastage level</i> material <i>Portland Cement</i> dan Pasir Pasang untuk 1 m ² pekerjaan plesteran.	83
Gambar 5.33 Histogram perbandingan <i>waste cost</i> material <i>Portland Cement</i> untuk 1 m ² pekerjaan plesteran.	84
Gambar 5.34 Histogram perbandingan <i>waste cost</i> material Pasir Pasang untuk 1 m ² pekerjaan plesteran.	85



ABSTRAK

Plesteran adalah suatu proses proses dalam pekerjaan konstruksi batu dan beton yang terdiri dari pekerjaan menempatkan atau merekatkan bahan berupa campuran semen+pasir+air terhadap suatu bidang kasar yang bertujuan membuat suatu bidang menjadi rata. *Waste* adalah kelebihan kuantitas material yang digunakan atau didatangkan, tetapi tidak menambah nilai suatu pekerjaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa volume *waste* material, *wastage level* dan *waste cost* material yang dihasilkan dari eksperimen pada pekerjaan plesteran.

Data pada penelitian ini menggunakan data primer hasil dari eksperimen dilapangan. Pada eksperimen ini pekerjaan plesteran dikerjakan oleh tiga orang tukang dan satu orang pekerja. *Waste* material yang ditinjau untuk satu eksperimen ditentukan sebesar 1 m² pekerjaan plesteran dinding. Untuk satu orang tukang mengerjakan 3 m² pekerjaan plesteran dinding, sehingga data eksperimen yang didapat total berjumlah sebanyak 9 m² pekerjaan plesteran dinding.

Hasil eksperimen didapat tukang yang memiliki *waste* material terbesar adalah tukang 2 pada eksperimen kedua sebesar 1,381 kg material *Portland cement* dengan *wastege level* sebesar 26,32% dan material pasir pasang sebesar 0,0055 m³ dengan *wastege level* sebesar 26,13%. Untuk hasil *waste cost* material didapat hasil tukang yang memiliki *waste cost* terbesar adalah tukang 2 pada eksperimen kedua sebesar Rp. 1.502,00 untuk material *Portland cement* dan material pasir pasang sebesar Rp. 1.206,00.

Kata Kunci : Pekerjaan plesteran, volume *waste* material, *wastage level* material, *waste cost* material

ABSTRACT

Plastering is a process in the construction of stone and concrete which is stolen from the work of placing or gluing materials in the form of a mixture of cement + sand + water to a rough field that aims to make a flat field. Waste is the excess quantity of material used or imported, but does not add value to a job. The purpose of this study is to analyze the volume of material waste, wastage levels and material cost waste generated from experiments on plastering work.

Data collection in this study uses primary data from the results of field experiments. In this experiment the plastering work was done by three masons and one worker. Waste material reviewed for one experiment was determined at 1 m² of wall plastering work. For one handyman to do 3 m² of plastering wall work, so the experimental data obtained totaling 9 m² of plastering wall job.

The experimental results obtained that the craftsman who has the largest waste material is craftsman 2 in the second experiment amounted to 1,381 kg of Portland cement material with a wastage level of 26,32% and tidal sand material of 0,0055 m³ with a wastage level of 26,13%. For the results of the waste material costs obtained results craftsman who has the largest waste cost is handyman 1 in the first experiment of Rp. 1.502,00 for Portland cement material and tidal sand material of Rp. 1.206,00.

Keywords: Plastering work, material waste volume, material wastage level, material waste cost

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam menghadapi era globalisasi perekonomian dunia yang semakin meningkat dan tingkat persaingan yang semakin tinggi, tuntutan pembangunan di segala bidang sangat dibutuhkan terutama di negara yang sedang berkembang dalam rangka meningkatkan taraf hidup rakyatnya. Setiap bidang industri berusaha untuk meningkatkan kinerjanya secara efektif dan efisien untuk hasil yang maksimal, maka perlu adanya peningkatan kemampuan perusahaan-perusahaan termasuk perusahaan bidang jasa konstruksi. Meningkatkan kemampuan dan kualitas perusahaan jasa konstruksi dilakukan untuk mendapatkan hasil yang maksimal dengan memperhatikan biaya, mutu dan waktu pada suatu proyek konstruksi.

Proyek dapat diartikan sebagai kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu yang terbatas dengan mengalokasikan sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 1999). Setiap proyek konstruksi memerlukan suatu manajemen pengendalian proyek yang terdiri dari biaya, mutu dan waktu. Pengendalian proyek adalah suatu proses untuk memantau dan mengevaluasi pelaksanaan proyek agar sesuai dengan yang sudah direncanakan, proses memantau dan mengevaluasi dilaksanakan secara berkala dan terus menerus selama masa pelaksanaan proyek. Pengendalian terhadap biaya proyek tersebut terdiri dari pengendalian biaya material, peralatan, tenaga kerja, subkontraktor, *overhead* dan kondisi umum (Zhan, 1998). Material merupakan salah satu variable yang mempunyai pengaruh cukup banyak terhadap terjadinya penyimpangan biaya proyek.

Pada proyek-proyek konstruksi material dan peralatan merupakan bagian penting dari suatu proyek. Pengadaan material merupakan bagian terpenting dari suatu proyek konstruksi, ketersediaan material sebagai komponen penting pada

suatu proyek konstruksi memiliki keterkaitan dengan anggaran biaya proyek. Seringkali didalam proyek konstruksi terjadi kelebihan persediaan material ataupun sebaliknya. Kelebihan persediaan material merupakan suatu pemborosan karena terjadi investasi yang berlebihan, sedangkan kekurangan persediaan dapat menghambat kelancaran suatu proyek. Namun pada pelaksanaan suatu proyek konstruksi biasanya ada material sisa yang tidak terpakai, sisa material konstruksi biasa disebut dengan *waste* material.

Menurut (Asiyanto, 2010) *Waste* adalah kelebihan kuantitas material yang digunakan atau didatangkan, tetapi tidak menambah nilai suatu pekerjaan. Umumnya, pekerjaan-pekerjaan dalam pelaksanaan konstruksi terjadi pemborosan akibat material sisa, terbuang, dan tidak terpakai sesuai rencana (Musyafa, 2015a). Industri konstruksi menghasilkan pemborosan material yang lebih banyak dari industri-industri lainnya (Musyafa, 2013). Material yang digunakan dalam proses konstruksi memiliki banyak jenis. Masing-masing material kemungkinan memiliki tingkat pemborosan yang berbeda-beda karena kondisi material, cara perlakuannya dan cara pengerjaannya yang berbeda. Disamping itu, dari sisi pencegahan, banyak jenis tindakan yang dapat digunakan untuk meminimalisir pemborosan ini. Tingkat efektifitas dari tindakan tersebut mungkin berbeda-beda. Hal tersebut terkait dengan karakteristik proses konstruksi yang unik (Soeharto, 1995).

Fakta bahwa pembangunan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan berupa penurunan kualitas lingkungan yang disebabkan oleh meningkatnya volume limbah yang diakibatkan oleh aktivitas konstruksi. Berdasarkan hasil riset di berbagai dunia diperoleh data bahwa lebih dari 50% dari seluruh limbah yang dihasilkan berasal dari aktivitas konstruksi (Wulfram Ervianto, 2012). Kontribusi bidang konstruksi terhadap kerusakan alam diantaranya berasal dari pengambilan material, proses pengolahan material, distribusi material, proses konstruksi, pengambilan lahan untuk bangunan serta konsumsi energi pada operasional bangunan (Hastuti, 2014).

Widjanarko (2009) menyatakan bahwa secara global, sektor konstruksi mengkonsumsi 50% sumber daya alam, 40% energi, dan 16% air. Berhubung besarnya konsumsi sumber daya alam yang digunakan maka perlu adanya

manajemen yang baik untuk keberlanjutannya, dalam manajemen proyek terdapat tiga faktor yang harus diperhatikan yaitu biaya, mutu dan waktu. Ketiga faktor tersebut juga dipengaruhi oleh sumberdaya dalam proyek, yang lebih dikenal dengan 5 M yaitu *Money, Man, Material, Methode, and Machine* (Farid Kasmi, 2008). Setiap proyek memiliki data umum, data teknis dan metode pelaksanaan yang berbeda menyesuaikan dengan situasi dan kondisi di lapangan serta penggunaan metode 5 M yang berbeda juga sehingga mempengaruhi hasil proyek yang berbeda-beda termasuk jenis dan jumlah *construction waste* yang berbeda-beda. Jumlah material yang terbuang atau *waste* menjadi perhatian para pelaksana konstruksi dikarenakan hampir semua bahan baku sebagai *input* konstruksi merupakan bahan yang dihasilkan dari sumber yang tidak dapat diperbaharui (Ekanayake dan Ofori, 2000). Tanggung jawab mengeliminasi *waste* tidak hanya mengandalkan *project manager*, tetapi juga *klien*, *supplier*, mandor dan pekerja (Alwi, 2002).

Menurut Skoyles (1976), sisa material konstruksi dapat digolongkan ke dalam dua kategori berdasarkan tipe, yaitu: *direct waste* dan *indirect waste*. (Jefta Ekaputra, 2001) *Direct waste* adalah sisa material yang timbul di proyek karena rusak dan tidak dapat digunakan lagi sedangkan *Indirect waste* adalah sisa material yang terjadi dalam bentuk sebagai suatu kehilangan biaya (*moneter loss*), terjadi kelebihan pemakaian volume material dari yang direncanakan, dan tidak terjadi sisa material secara fisik di lapangan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa volume *waste* material, *wastage level* dan *waste cost* material yang dihasilkan dari eksperimen pada pekerjaan plesteran.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

1. Berapa kuantitas material terpakai yang diperlukan untuk 1 m² pada eksperimen pekerjaan plesteran dinding?
2. Berapa besar volume *waste* material pada pekerjaan plesteran dinding?

3. Berapa besar *wastage level* material pada pekerjaan plesteran dinding?
4. Berapa besar *waste cost* material pada pekerjaan plesteran dinding?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui kuantitas material yang dibutuhkan untuk 1 m² pekerjaan plesteran dinding.
2. Mengetahui volume *waste* material pada pekerjaan plesteran dinding
3. Mengetahui *wastage level* material pada pekerjaan plesteran dinding
4. Mengetahui *waste cost* material pada pekerjaan plesteran dinding.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan informasi mengenai *waste* material pada pekerjaan plesteran dinding.
2. Menghasilkan informasi mengenai besaran *waste cost* material untuk 1 m² pekerjaan plesteran yang didapat dari hasil eksperimen plesteran dinding.
3. Diharapkan pihak-pihak yang berperan dalam pelaksanaan proyek konstruksi mampu mengurangi terjadinya *waste* material dalam pelaksanaan proyek konstruksi sehingga dapat menekan biaya pelaksanaan dan mengurangi dampak lingkungan.

1.5 Batasan Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi dengan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan hanya pada pekerjaan plesteran dinding.
2. Responden penelitian adalah orang-orang yang terlibat dalam pelaksanaan penelitian eksperimen sebanyak tiga orang tukang batu dibantu dengan satu orang tenaga pekerja.
3. Metode pengumpulan data adalah dengan cara eksperimen.
4. Pengujian eksperimen dilakukan sebanyak 3 kali percobaan eksperimen untuk 1 tukang batu, untuk 1 kali eksperimen direncanakan 1 m². Sehingga total 1 tukang batu menghasilkan data hasil eksperimen sebanyak 3 m².

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

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

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

Konstruksi bangunan gedung memiliki tingkat material sisa yang relatif tinggi (Soeharto, 1995). Pemborosan material pada pelaksanaan bangunan gedung tersebut disebabkan pekerja, peralatan, metode kerja tempat kerja dan lingkungan kerja (Dipohusodo, 1996).

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, tinjauan pustaka merupakan penguat dan hipotesis penelitian yang akan dilakukan serta menjadi bahan referensi penguat untuk mencapai tujuan penelitian dan memberikan solusi untuk permasalahan yang ada. Selain itu, tinjauan pustaka juga adalah pembenar dalam usaha untuk diperoleh suatu hasil yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Pada bagian tulisan ini, akan dipaparkan tentang penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk menjadikan referensi sebagai barometer penelitian yang akan dilakukan agar membuktikan keaslian, keterbaruan dan perbedaan dengan penelitian-penelitian yang telah dilakukan dan dipublikasikan sebelumnya. Ulasan terhadap beberapa penelitian terkait tersebut meliputi tujuan, batasan, manfaat hingga hasil penelitian yang diperoleh.

2.2.1 Evaluasi *Construction Waste* Dalam Pekerjaan Kolom Pada Proyek Konstruksi Gedung

Wiryonoto, Amanda, Wibowo dan Suharyanto (2017) melakukan penelitian yang berjudul “Evaluasi *Construction Waste* Dalam Pekerjaan Kolom Pada Proyek Konstruksi Gedung ” penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi *construction waste* yang terjadi pada proyek konstruksi gedung, dimana metode yang digunakan dalam mengevaluasi *direct waste* dengan *indirect waste* berbeda. Namun memiliki *output* sama yaitu menghasilkan informasi dalam bentuk *waste cost* (rupiah).

Manfaat yang didapat dari penelitian adalah menghasilkan informasi mengenai analisis *direct waste* menunjukkan bahwa volume *waste*, *wastage level* dan *waste cost* yang dihasilkan setiap material pada pekerjaan kolom proyek gedung dan informasi mengenai analisis *indirect waste* menunjukkan bahwa koefisien produktivitas pekerja real (rencana) dan *indirect waste cost* pada pekerjaan kolom proyek gedung.

2.2.2 Identifikasi *Construction Material Waste* Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus : Rumah Jabatan Rektor UNTAN Pontianak)

Perdana, Indrayadi, Pratiwi (2018) melakukan penelitian yang berjudul “Identifikasi *Construction Material Waste* Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus : Rumah Jabatan Rektor UNTAN Pontianak)” penelitian ini bertujuan untuk mengetahui material yang berpotensi menjadi *waste*, mengidentifikasi penyebab *waste* menggunakan *fishbone diagram* sehingga dapat disusun strategi meminimalkan *waste*, agar *waste* serupa tidak muncul lagi pada proyek selanjutnya. Selain itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara penanganan *waste* yang tepat untuk setiap sisa material yang ada dengan menggunakan metode *waste hierarchy*.

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah mengetahui material yang berpotensi menjadi *waste*, mengidentifikasi penyebab *waste* menggunakan *fishbone diagram* sehingga dapat disusun strategi meminimalkan *waste* dan untuk mengetahui bagaimana cara penanganan *waste* yang tepat untuk setiap sisa material yang ada dengan menggunakan metode *waste hierarchy*.

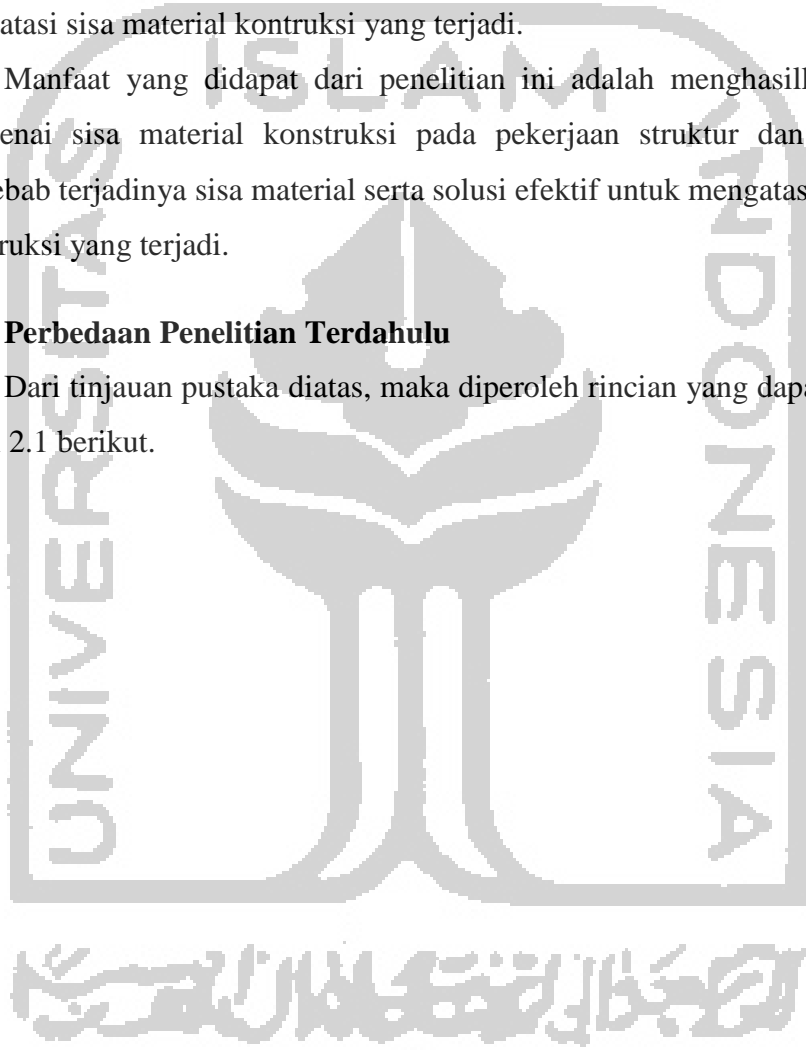
2.2.3 Analisis Sisa Material Pekerjaan Struktur Pada Proyek Konstruksi

Sudiro, Musyafa' (2018) melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Sisa Material Pekerjaan Struktur Pada Proyek Konstruksi ” penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sisa material konstruksi yang memiliki banyaknya sisa pada pekerjaan struktur, faktor-faktor penyebab sisa material serta solusi efektif dalam mengatasi sisa material konstruksi yang terjadi.

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah menghasilkan informasi mengenai sisa material konstruksi pada pekerjaan struktur dan faktor-faktor penyebab terjadinya sisa material serta solusi efektif untuk mengatasi sisa material konstruksi yang terjadi.

2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu

Dari tinjauan pustaka diatas, maka diperoleh rincian yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

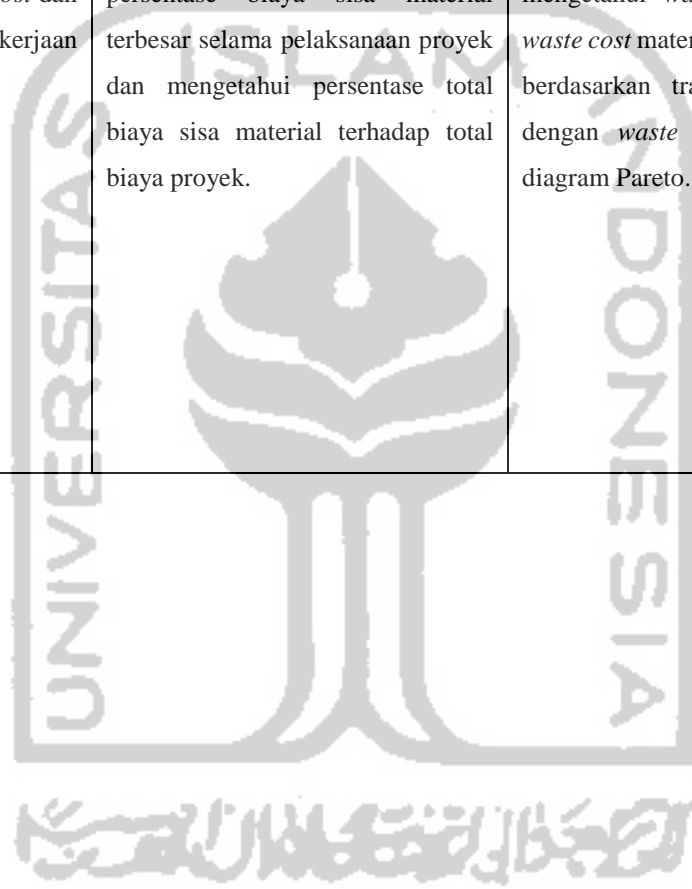


Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wiryonoto, Amanda, Wibowo dan Suharyanto (2017)	Perdana, Indrayadi, Pratiwi (2018)	Sudiro, Musyafa' (2018)	Hanafiah
Judul	Evaluasi <i>Construction Waste</i> Dalam Pekerjaan Kolom Pada Proyek Konstruksi Gedung	Identifikasi <i>Construction Material Waste</i> Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus : Rumah Jabatan Rektor UNTAN Pontianak)	Analisis Sisa Material Pekerjaan Struktur Pada Proyek Konstruksi	Analisis Material <i>Waste</i> Pada Pekerjaan Plesteran Dinding
Tujuan	Penelitian yang dilakukan hanya mengevaluasi <i>direct cost</i> dan <i>indirect cost</i> pada pekerjaan struktur kolom.	Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui material yang berpotensi menjadi <i>waste</i> , mengidentifikasi penyebab <i>waste</i> menggunakan <i>fishbone diagram</i> . Selain itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara penanganan <i>waste</i> dengan menggunakan metode <i>waste hierarchy</i> .	Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sisa material konstruksi yang memiliki banyaknya sisa pada pekerjaan struktur, faktor-faktor penyebab sisa material serta solusi efektif dalam mengatasi sisa material konstruksi yang terjadi.	Penelitian yang dilakukan hanya menganalisa volume material <i>waste</i> , <i>wastage level</i> material dan <i>waste cost</i> material pada pekerjaan plesteran dinding.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

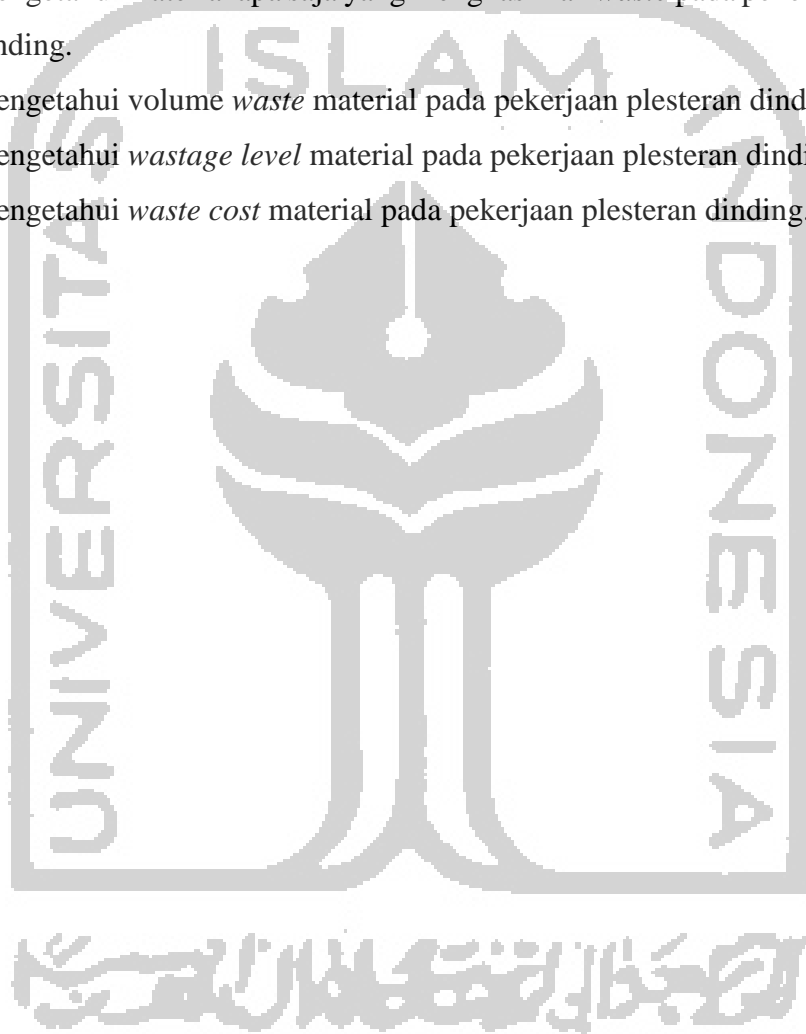
<p>Hasil Penelitian</p>	<p>Hasil dari penelitian ini adalah evaluasi <i>waste</i> dari <i>direct cost</i> dan <i>indirect cost</i> pada pekerjaan kolom.</p>	<p>Hasil dari penelitian ini mengetahui persentase biaya sisa material terbesar selama pelaksanaan proyek dan mengetahui persentase total biaya sisa material terhadap total biaya proyek.</p>	<p>Hasil dari penelitian ini mengetahui <i>waste index</i> dan <i>waste cost</i> material yang diteliti berdasarkan trading material dengan <i>waste</i> tertinggi hasil diagram Pareto.</p>	
-------------------------	--	--	--	--



2.4 Keaslian Penelitian

Penelitian tentang Analisis Material *Waste* Pada Pekerjaan Plesteran Dinding merupakan penelitian yang belum pernah dilakukan, sehingga penelitian ini benar adanya. Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui material apa saja yang menghasilkan *waste* pada pekerjaan plesteran dinding.
2. Mengetahui volume *waste* material pada pekerjaan plesteran dinding.
3. Mengetahui *wastage level* material pada pekerjaan plesteran dinding.
4. Mengetahui *waste cost* material pada pekerjaan plesteran dinding.



BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Pendahuluan

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

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

3.2 Plester Dinding

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

3.2.1 Definisi Plesteran

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

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

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

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

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

Tujuan pekerjaan plesteran diantaranya adalah (Saharuddin, 2018) :

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

3.2.2 Jenis-jenis Plesteran

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

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

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

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

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

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

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

2. Plester kapur

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

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

3. Plester tanah liat

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

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

1. Plesteran kedap air

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

2. Plesteran non kedap air

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

3.2.3 Campuran Plesteran

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

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

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

Contoh perhitungan :

Jika diketahui dinding dengan panjang 15 m dan tinggi 4 m

Maka,

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

Satu sak semen : 50 kg

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

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

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

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

Contoh perhitungan :

Jika diketahui dinding dengan panjang 15 m dan tinggi 4 m

Maka,

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

Satu sak semen : 50 kg

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

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

Satu sak semen : 50 kg

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

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

3.2.4 Langkah-langkah Pekerjaan Plesteran

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

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

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

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

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

2. Metode kedua

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

3. Metode ketiga

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

3.3 Mortar

3.3.1 Definisi Mortar

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

3.3.2 Jenis Mortar

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

1. Mortar lumpur

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

2. Mortar kapur

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

3. Mortar semen

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

4. Mortar khusus

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

3.3.3 Tipe Mortar

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

1. Mortar Tipe M

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

2. Mortar Tipe S

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

3. Mortar Tipe N

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

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

4. Mortar Tipe O

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

5. Mortar Tipe K

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

3.4 Biaya

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1. Biaya Bahan

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

2. Biaya Pekerja/Upah

Biaya pekerja ini dibedakan atas :

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

3. Biaya Peralatan

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

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

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

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

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

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

3.5 Kinerja

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

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

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

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

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

3.6 Kurva belajar (*Learning curve*)

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

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

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

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

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

3.7 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

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

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

3.8.1 Definisi Rencana Anggaran Biaya

1. Rencana anggaran biaya (RAB) adalah:

Perhitungan terhadap biaya yang berhubungan dengan pelaksanaan sebuah

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

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

Keterangan :

Σ = Penjumlahan

V = volume komponen pekerjaan

Hsp = harga satuan tiap pekerjaan

2. Anggaran biaya

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

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

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

3.8.2 Fungsi Rencana Anggaran Biaya

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

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

3.8.3 Langkah-langkah Penyusunan Rencana Anggaran Biaya

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

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

1. Persiapan dan Pengecekan gambar kerja.

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

2. Perhitungan Volume.

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

3. Membuat Harga Satuan Pekerjaan.

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

- a. Indeks (koefisien) analisa pekerjaan

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

- 1) Harga material / bahan sesuai satuan.

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

- b. Perhitungan Jumlah Biaya Pekerjaan.

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

- c. Rekapitulasi.

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

3.8.4 Perkiraan Biaya

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

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

3.8 Pengertian Waste

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

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

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

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

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

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

3.9 *Waste Construction*

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

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

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

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

3.8.1 Material Waste

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

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

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

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

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

3.8.2 Jenis Penggunaan dan Sisa Material

1. Jenis penggunaan material

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

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

2. Jenis sisa material

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

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

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

3.8.3 Klasifikasi Material Sisa Konstruksi

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

1. Sisa Material Alami (*Natural Waste*)

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

2. Sisa Material Langsung.

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

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

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

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

1. *Direct Waste*

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

- a. *Transport & Delivery Waste*

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

- b. *Site Storage Waste*

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

- c. *Conversion Waste*

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

d. *Fixing Waste*

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

e. *Cutting Waste*

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

f. *Application & Residu Waste*

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

g. *Criminal Waste*

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

h. *Wrong Use Waste*

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

i. *Management Waste*

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

2. *Indirect Waste*

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

a. *Substitution Waste*

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

disebabkan karena tiga alasan yaitu terlalu banyak material yang dibeli, material yang rusak, dan makin bertambahnya kebutuhan material tertentu.

b. *Production Waste*

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

c. *Negligence Waste*

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

3.8.4 Sumber dan Faktor Penyebab Material Waste

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

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

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

Tabel 3.1 Penyebab Sisa Material di Indonesia dan Australia

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

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

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

Tabel 3.2 Prosentase Sisa Material Proyek Perumahan

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

Lanjutan Tabel 3.2 Prosentase Sisa Material Proyek Perumahan

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

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

3.8.5 Identifikasi Material Waste

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

1. *Waste* dari pekerjaan struktur.

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

2. *Waste* dari pekerjaan finishing.

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

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

3.8.6 Volume Waste

1. Volume Ember (Volume Kerucut Terpancung)

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



Gambar 3.1 Ember

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

Keterangan :

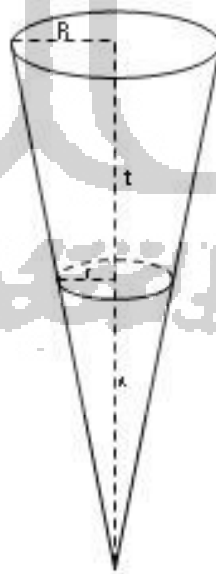
R = jari-jari lingkaran besar

r = jari-jari lingkaran kecil

t_b = tinggi kerucut besar

t_k = tinggi kerucut besar

Selanjutnya untuk mempermudah dibuat sketsa gambar perpanjangan kerucut sebagai berikut.

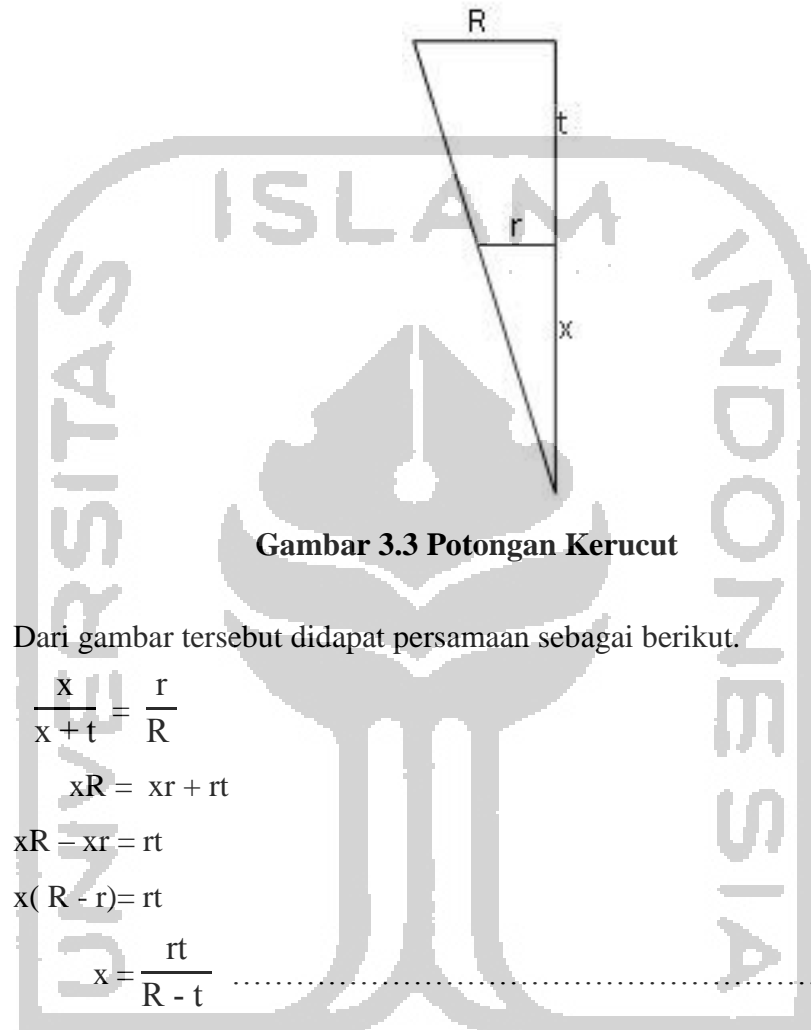


Gambar 3.2 Kerucut

Dari gambar tersebut diperoleh persamaan sebagai berikut.

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

Perhatikan gambar 3.3 yang diperoleh dari gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.3 Potongan Kerucut

Dari gambar tersebut didapat persamaan sebagai berikut.

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

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

Volume ember = Volume kerucut besar – Volume kerucut kecil

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

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

Sehingga, didapat rumus volume kerucut terpancung sebagai berikut.

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

2. Wastage Level

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

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

Keterangan :

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

3. Waste Cost

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

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

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

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

3.8.7 Cara Meminimalisasi Waste Material Konstruksi

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

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

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

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

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

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Sumber Data

Sumber data dari penelitian ini adalah hasil dari hasil eksperimen dan wawancara kepada pihak yang terlibat dalam pelaksanaan eksperimen yaitu tukang batu dan pekerja.

4.2 Objek dan Subjek Penelitian

Objek yang ditinjau dalam penelitian ini adalah dinding rumah tinggal milik bapak Nasrul yang berlokasi di Kalireso, Candibinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman, Yogyakarta, sedangkan untuk subjek yang ditinjau adalah menganalisis sisa material pekerjaan plesteran dinding rumah tinggal untuk setiap 1 m² dengan membandingkan pekerjaan tiga tukang batu yang berbeda sebagai variabelnya.

4.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen dan wawancara yang melibatkan responden yang ditujukan langsung kepada tukang batu dan tenaga pekerja yang membantu pelaksanaan penelitian dengan metode eksperimen tentang *waste* material pada pekerjaan plesteran dinding. Untuk mendapatkan hasil yang optimal maka pengamatan yang dilakukan dibantu dengan alat bantu satu buah kamera yang dioperasikan oleh operator sehingga penulis bisa fokus mengamati langsung jalannya eksperimen pekerjaan plesteran dinding rumah tinggal. Pengamatan menggunakan kamera digunakan untuk merekam pada saat pengerjaan plester dinding dan untuk mendokumentasikan foto sebelum dan sesudah eksperimen untuk setiap 1 m² pekerjaan plester dinding serta untuk mendokumentasikan alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang pelaksanaan eksperimen pekerjaan plester dinding.

4.3.1 Responden

Pada penelitian ini responden dalam pelaksanaan eksperimen pekerjaan plester dinding rumah tinggal terdiri dari tiga orang tukang batu dan satu pekerja. Penentuan tiga orang tukang batu ini dimaksudkan untuk menjadi pembanding seberapa banyak material yang terpakai untuk setiap pekerjaan plesteran 1 m². Setiap tukang pasti mempunyai cara dan kebiasaan tersendiri untuk melakukan pekerjaan plester dinding sehingga akan mempengaruhi jumlah pemakaian mortar plesteran. Tambahan satu orang pekerja bertujuan untuk membantu mempersiapkan mortar plesteran.

4.4 Tahapan dan Langkah Penelitian

Tahapan dan langkah penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merumuskan masalah dan menentukan tujuan penelitian

Menurut penulis manajemen material merupakan salah satu kunci untuk menghemat anggaran yang efektif dan efisiensi yang akan menghasilkan lebih banyak keuntungan dari segi biaya. Pekerjaan plester merupakan pekerjaan finishing suatu konstruksi yang merujuk hasil penelitian sebelumnya menghasilkan cukup banyak *waste material*. Untuk mendapat hasil volume *waste material* pekerjaan plester dinding, langkah awal penulis menghitung kebutuhan material pekerjaan plesteran untuk 1 m² dengan spesifikasi plesteran 1 PC : 4 PP tebal 15 mm sesuai Analisis Harga Satuan Pekerjaan PERMEN PU 2016.

2. Menentukan metode pengambilan dan pengolahan data

Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode eksperimen, pemilihan metode eksperimen dipilih untuk lebih memudahkan mendapat data. Pengolahan data diolah menggunakan perhitungan manual dengan bantuan program microsoft excel.

3. Melakukan survey lapangan

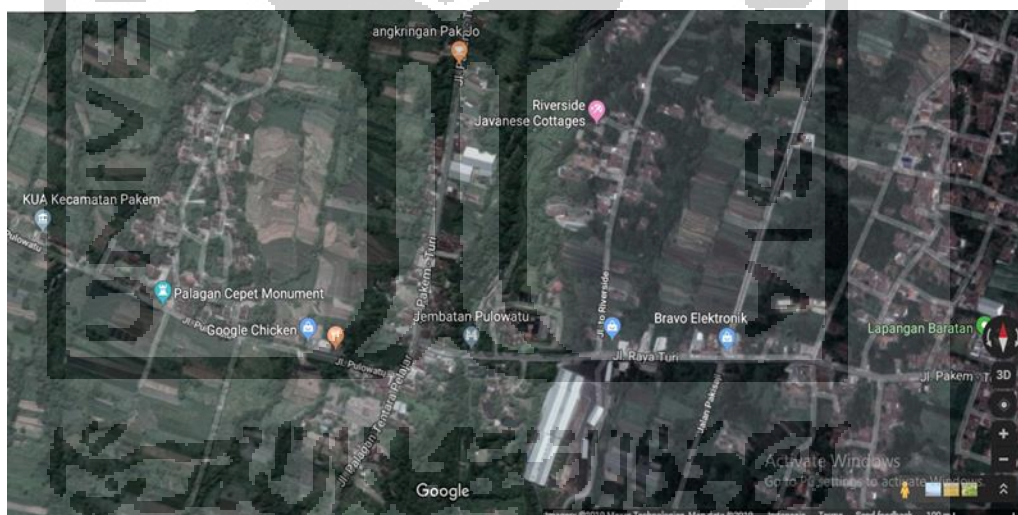
Mencari dan menentukan rumah tinggal yang belum diplester dinding.

4. Menganalisis data yang didapatkan

Hasil eksperimen kemudian di analisis untuk mencari besarnya volume sisa material. Mencari volume *waste* = volume material terpakai – volume material terpasang. Setelah mendapat hasil besaran volume *waste* material kemudian volume *waste* tersebut dianalisis menjadi *wastege level*. Selanjutnya data *wastege level* dianalisis untuk mendapatkan *waste cost* sehingga akan diketahui seberapa besar rupiah nilai sisa material tersebut. Membuat kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian. Menyimpulkan hasil dari analisis material *waste* pada pekerjaan plester dinding dan memberi saran untuk penelitian selanjutnya.

4.5 Lokasi Eksperimen

Penelitian ini dilakukan di rumah tinggal milik Bapak Nasrul yang berlokasi di Kalireso, Candibinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1



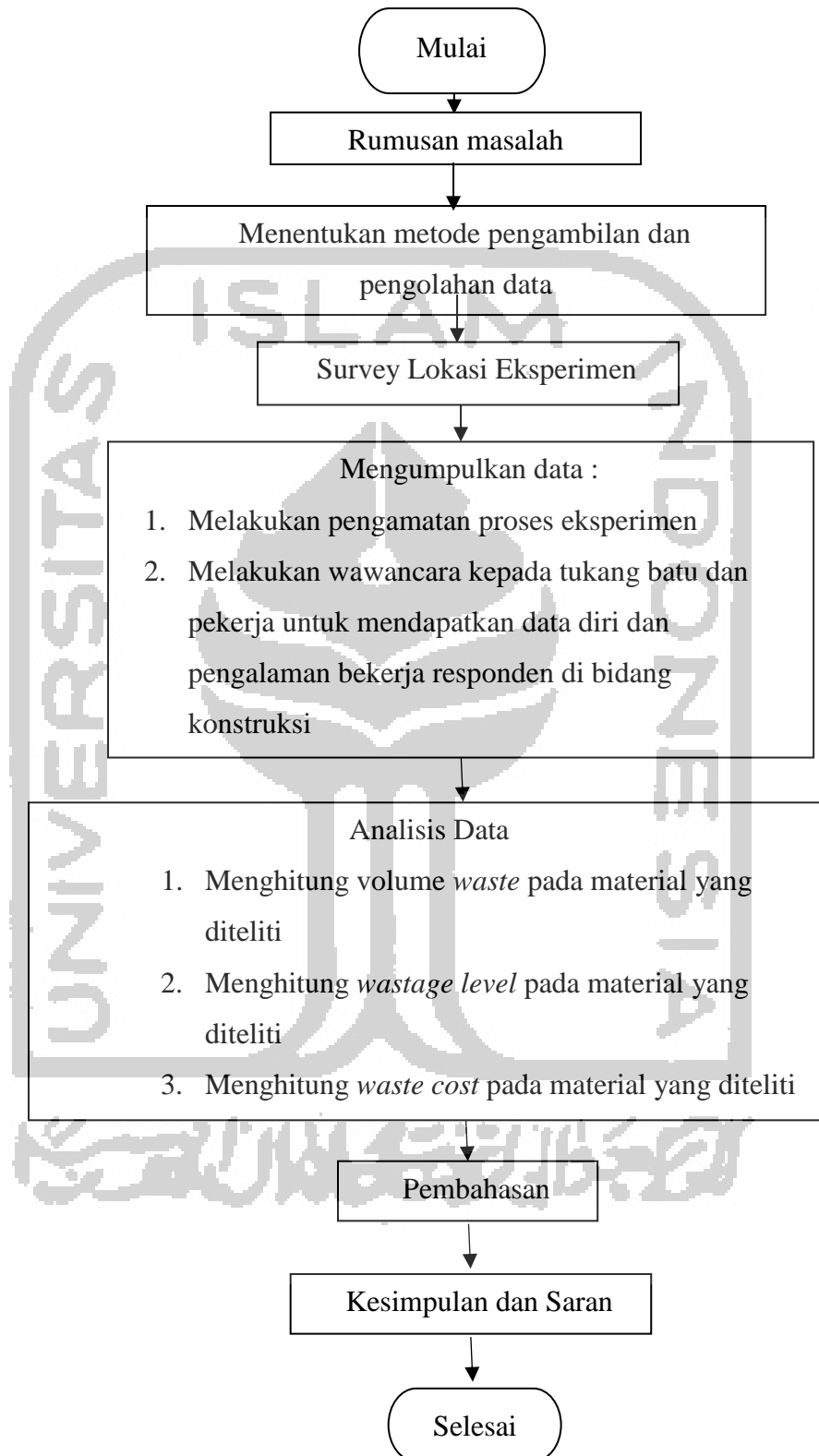
Gambar 4.1 Lokasi Rumah Tinggal untuk Eksperimen

(Sumber : www.google.com)

4.6 Diagram Alir

Hasil pengujian ini dianalisis kemudian diambil kesimpulan berdasarkan hasil eksperimen yang telah dikerjakan. Tahapan penelitian ditampilkan dalam bentuk *flowchart* seperti pada Gambar 4.1





Gambar 4.2 Bagan alir penelitian

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Pada BAB IV sebelumnya telah dipaparkan mengenai metode yang akan digunakan pada penelitian ini. Selanjutnya pada BAB V ini akan menguraikan data-data yang diperoleh, analisis yang dilakukan dan dilanjutkan dengan pembahasannya.

5.1 Data yang Diperoleh

Pelaksanaan penelitian dilakukan pada proyek rumah tinggal milik bapak Nasrul yang berlokasi di Kalireso, Candibinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Adapun penelitian yang dilakukan berupa eksperimen material *waste* pada pekerjaan plesteran rumah tinggal. Pengumpulan data primer dilakukan dengan metode eksperimen pekerjaan plesteran rumah tinggal. Berikut data eksperimen tersebut secara garis besar:

- | | |
|------------------------------|--|
| a) Pemilik Rumah | : Nasrul |
| b) Lokasi Rumah | : Kalireso, Candibinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman, Yogyakarta |
| c) Luasan Dinding Eskperimen | : 9 m ² |
| d) Komposisi Plesteran | : 1 PC : 4 PP |
| e) Portland Cement | : Semen Gresik 40 kg |
| f) Pasir Pasang | : Pasir Merapi |
| g) Tukang Batu | : 3 Orang |
| h) Pekerja | : 1 Orang |
| i) Sumber Dana | : Penulis |

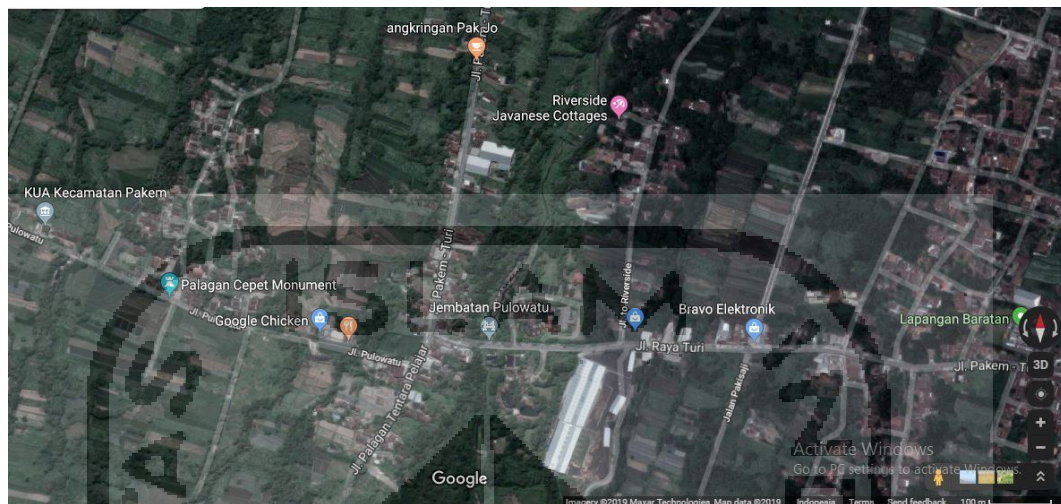
Di bawah ini adalah foto dinding dan lokasi tempat melakukan eksperimen untuk melakukan eksperimen pekerjaan plesteran.



Gambar 5.1 Dinding Timur Rumah Tinggal untuk Eksperimen



Gambar 5.2 Dinding Barat Rumah Tinggal untuk Eksperimen



Gambar 5.3 Lokasi Rumah Tinggal untuk Eksperimen

(Sumber : www.google/map.com)

5.5.1 Data Eksperimen

Data pada penelitian ini diperoleh dari hasil eksperimen pada dinding rumah tinggal. Adapun data yang diperoleh sebagai berikut :

1. Data *Bill of Quantity*

Bill of Quantity adalah data awal yang berfungsi sebagai penunjuk kebutuhan volume pekerjaan yang direncanakan. *Bill of Quantity* ini akan menjadi acuan untuk perhitungan volume logistik pada pekerjaan plesteran dinding rumah tinggal, volume dari *Bill of Quantity* akan dikalikan dengan persentase yang didapat dari data *Bill of Quantity*. Untuk Perhitungan *Bill of Quantity* pada eksperimen menggunakan Analisis Harga Satuan Pekerjaan PERMEN PU 2016 dengan spesifikasi tebal plesteran 1,5 cm dengan mortar tipe N (setara campuran 1 PC : 4 PP).

Tabel 5.1 BOQ untuk kebutuhan 1 m² pekerjaan plesteran (1 PC : 4 PP)

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
1	2	3	4	5	6	7
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	0,384	Rp. 85.000,00	Rp. 32.640,00
2	Tukang batu	L.02	OH	0,192	Rp. 100.000,00	Rp. 19.200,00
3	Kepala tukang	L.03	OH	0,019	Rp. 0	Rp. 0
4	Mandor	L.04	OH	0,019	Rp. 0	Rp. 0
	Jumlah Harga Tenaga Kerja					
B	Bahan					
1	Pasir pasang	M.14 .b	m ³	0,024	Rp. 220.000,00	Rp. 5.280,00
2	Portland cement	M.15	Kg	6,28	Rp. 1.087,50	Rp. 6.829,50
	Jumlah Harga Bahan					Rp. 12.110,00
C	Peralatan		1	1	Rp. 45.000,00	Rp. 45.000,00
	Jumlah Harga Peralatan					
D	Jumlah Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					Rp. 108.950,00
E	Overhead + Profit (15%)				15% x D	Rp. 16.342,00
F	Harga Satuan Pekerjaan per-m ² (D+E)					Rp. 125.292,00

2. Volume Logistik Material

Volume logistik material pada eksperimen ini didapat dari hasil perhitungan nilai *bill of quantity* material. Volume logistik material menjadi acuan sebagai material terpakai yang akan dikurangi nilai volume terpasang di lapangan kemudian dianalisis untuk mencari nilai *waste* material yang terjadi pada

eksperimen ini.

Volume logistik = Volume *bill of quantity*

Untuk lebih detail hasil perhitungan volume logistik material untuk pekerjaan 1 m^2 pekerjaan plesteran dinding 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm akan ditampilkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.2 BOQ untuk kebutuhan 1 m^2 pekerjaan plesteran (1 PC : 4 PP)

No	Material	Volume boq	Volume logistik
1	Portland cement (Kg)	6,28	6,28
2	Pasir pasang (m^3)	0,024	0,024

3. Rencana Anggaran Biaya

Adapun total RAB yang bersumber dari penulis pada eksperimen pekerjaan plesteran dinding rumah dengan luasan 9 m^2 pada bangunan rumah tinggal yang berlokasi di Kalireso, Candibinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman, Yogyakarta adalah sebesar Rp. 1.127.627,00. Selanjutnya untuk lebih lengkapnya mengenai rekapitulasi rencana anggaran biaya dapat dilihat pada Lampiran 2.

4. Data Alat Kerja

Data alat kerja adalah data peralatan yang digunakan untuk melakukan eksperimen pekerjaan plesteran dinding rumah. Adapun data yang dibutuhkan roskam kayu, jidar, sekop pasir, sendok semen, meteran, benang, paku, lot, pacul, ayakan pasir, ember, gerobak. Dari semua alat kerja tersebut, penulis hanya membeli dua buah ember besar dan satu ember kecil seharga Rp. 45.000,00. Berikut ini adalah gambar alat kerja yang digunakan pada saat pelaksanaan eksperimen :



Gambar 5.4 Roskam Kayu



Gambar 5.5 Jidar aluminium



Gambar 5.6 Pacul



Gambar 5.7 Benang



Gambar 5.8 Ayakan Pasir



Gambar 5.9 Sekop pasir



Gambar 5.10 Meteran



Gambar 5.11 Paku



Gambar 5.12 Unting-unting lot



Gambar 5.13 Gerobak dorong



Gambar 5.14 Ember

5. Data Material

Material yang digunakan pada eksperimen plesteran adalah *portland cement* dan pasir pasang. Semen PC (*Portland Cement*) adalah suatu bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif yang mampu melekatkan fragmen-fragmen mineral menjadi suatu kesatuan massa yang padat. Semen adalah bahan pengikat yang sangat penting, adapun persyaratan semen yang tercantum dalam syarat-syarat spesifikasi teknik proyek adalah semen yang digunakan adalah semen *Portland* tipe I menurut ASTM, semen yang digunakan semen dengan satu merk yang sama, semen harus disimpan dalam

tempat kering lantai yang bebas dari tanah dan terlindung dari pengaruh cuaca, semen harus dalam keadaan segar atau belum mulai mengeras. Semen PC (*Portland cement*) yang digunakan pada eksperimen ini adalah semen PC merk Gresik. Agregat halus atau pasir berperan penting sebagai pembentuk beton dalam pengendalian *workability*, kekuatan dan keawetan beton. Pasir yang digunakan adalah pasir sungai yang berbutir keras, bersih dari kototan, lumpur dan bahan organik. Pasir untuk pasangan adalah pasir yang memiliki ukuran butir antara 0,075-1,25 mm yang lazim disebut pasir pasang. Pasir pasang yang digunakan pada eksperimen ini adalah pasir pasang Merapi.

Berikut ini adalah harga satuan material :

- a. *Portland Cement* merk Semen Gresik : Rp. 43.500,00 / zak 40 kg
- b. Pasir Pasang Merapi : Rp. 220.000,00 / colt

Berikut ini adalah foto material yang digunakan :



Gambar 5.15 *Portland Cement* merk Gresik



Gambar 5.16 Pasir pasang Merapi

6. Data Tenaga Kerja

Data tenaga kerja pada eksperimen pelaksanaan pekerjaan plesteran dinding rumah tinggal membutuhkan tiga orang tukang dan satu orang pekerja. Penentuan jumlah tiga orang tenaga tukang batu untuk variable pembandingan pemakaian material pada eksperimen, tambahan satu orang tenaga pekerja untuk membantu tukang batu mempersiapkan mortar plesteran. Upah tenaga kerja yang penulis sepakati dengan tenaga tukang batu Rp. 100.000,00 per orang dan untuk tenaga pekerja Rp. 85.000,00 per orang. Untuk detail mengenai tenaga kerja seperti berikut ini :

a. Tukang Batu 1

Nama : Trisno
 Usia : 60 Tahun
 Pendidikan Terakhir : SD (Sekolah Dasar)
 Pengalaman Kerja : 30 Tahun

b. Tukang Batu 2

Nama : Hariyadi
 Usia : 20 Tahun
 Pendidikan Terakhir : SD (Sekolah Dasar)
 Pengalaman Kerja : 4 Tahun

c. Tukang Batu 3

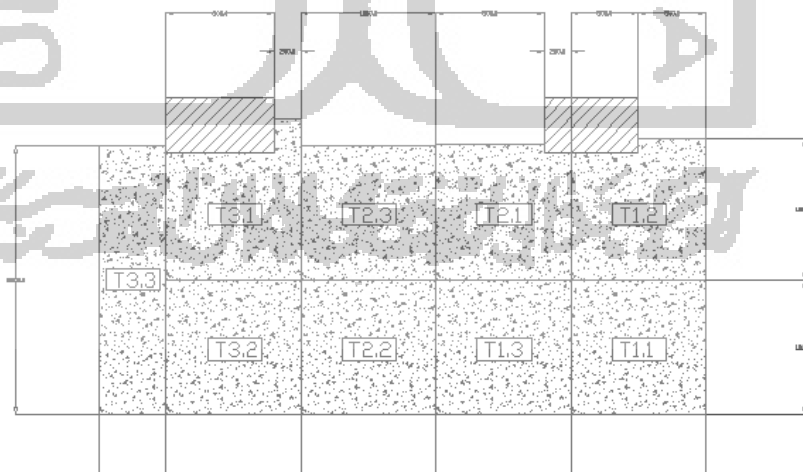
Nama : Arkodin
 Usia : 42 Tahun
 Pendidikan Terakhir : SMK (Sekolah Menengah Kejuruan)
 Pengalaman Kerja : 29 Tahun

d. Pekerja

Nama : Sumbidi
 Usia : 54 Tahun
 Pendidikan Terakhir : SMP (Sekolah Menengah Pertama)
 Pengalaman Kerja : 5 Tahun

5.2 Perhitungan Volume Material Terpakai

Volume material terpakai didapat hasil dari eksperimen, pada saat pelaksanaan eksperimen data untuk material terpakai diukur menggunakan ukuran volume dari ember yang telah diketahui ukurannya. Untuk lebih jelasnya akan disertakan foto di lapangan dan gambar dari Autocad untuk permodelannya. Pembagian luasan untuk per 1 m^2 akan ditampilkan dengan gambar berikut :



Gambar 5.17 Gambar luasan untuk per 1 m^2

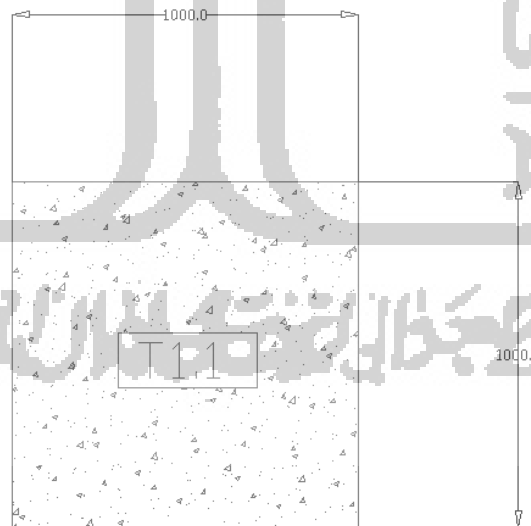
Keterangan pada gambar diatas :

1. T1.1 = Tukang 1 pada Eksperimen pertama
2. T1.2 = Tukang 1 pada Eksperimen kedua
3. T1.3 = Tukang 1 pada Eksperimen ketiga
4. T2.1 = Tukang 2 pada Eksperimen pertama
5. T2.2 = Tukang 2 pada Eksperimen kedua
6. T2.3 = Tukang 2 pada Eksperimen ketiga
7. T3.1 = Tukang 3 pada Eksperimen pertama
8. T3.2 = Tukang 3 pada Eksperimen kedua
9. T3.3 = Tukang 3 pada Eksperimen ketiga

5.2.1 Perhitungan Material Terpakai

1. Tukang 1 pada eksperimen pertama

Berikut ini gambar hasil permodelan dari foto lapangan kebutuhan material mortar plesteran dengan menghitung volume mortar dari ember yang digunakan pada saat eksperimen. Untuk foto lapangan dan gambar permodelan tukang 1 pada eksperimen pertama :



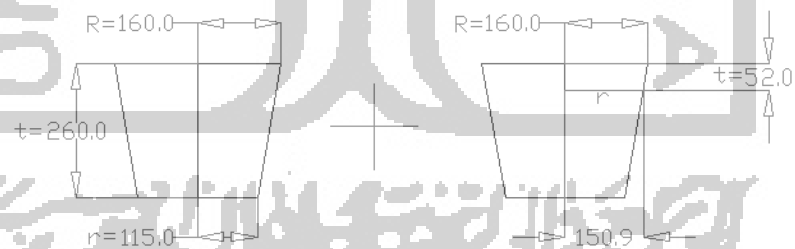
Gambar 5.18 Gambar luasan untuk 1 m² tukang 1 percobaan pertama



Gambar 5.19 Ember pertama T1.1



Gambar 5.20 Ember kedua T1.1



Gambar 5.21 Total volume mortar T1.1 satuan dalam satuan mm

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

Keterangan:

t = jarak lingkaran besar ke lingkaran

R = jari-jari lingkaran besar

r = jari-jari lingkaran kecil

Ember 1 T1.1

$$\text{Diketahui : } t = 260 \text{ mm} = 0,260 \text{ m}$$

$$R = 160 \text{ mm} = 0,160 \text{ m}$$

$$r = 115 \text{ mm} = 0,115 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V_{E1} &= \frac{1}{3} \times \pi \times t (R^2 + Rr + r^2) \\ &= \frac{1}{3} \times \pi \times 0,260 \times (0,160^2 + 0,160 \times 0,115 + 0,115^2) \\ &= 0,015417 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ember 2 T1.1

$$\text{Diketahui : } t = 52 \text{ mm} = 0,052 \text{ m}$$

$$R = 160 \text{ mm} = 0,160 \text{ m}$$

$$r = 150,9 \text{ mm} = 0,1509 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V_{E2} &= \frac{1}{3} \times \pi \times t (R^2 + Rr + r^2) \\ &= \frac{1}{3} \times \pi \times 0,052 \times (0,160^2 + 0,160 \times 0,1509 + 0,1509^2) \\ &= 0,003907 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{terpakai total T1.1}} &= V_{E1} + V_{E2} \\ &= 0,015417 \text{ m}^3 + 0,003907 \text{ m}^3 \\ &= 0,019324 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume terpakai total tukang 1 eksperimen pertama merupakan volume total mortar plesteran yang dipakai untuk menyelesaikan 1 m², sehingga untuk mencari sisa material semen dan pasir pasang dengan campuran mortar 1 PC : 4 PP didapat dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V \text{ terpakai 1 PC (m}^3\text{)} &= V \text{ terpakai total / 5} \rightarrow 5 = \text{total campuran, 1 PC} \\
 &\quad \text{dan 4 PP} \\
 &= 0,019324 / 5 \\
 &= 0,003865 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Kemudian volume terpakai 1 PC tersebut dikonversikan menjadi satuan liter, dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V \text{ terpakai 1 PC (liter)} &= 0,003865 \times 1000 \\
 &= 3,865 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

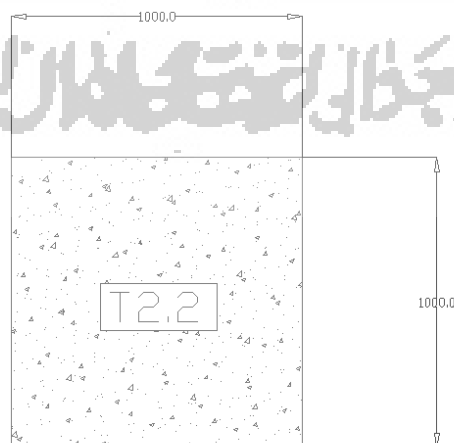
Dengan satuan volume terpakai sebesar 3,865 liter tersebut dijadikan satuan Kg dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V \text{ terpakai 1 PC (Kg)} &= 3,865 \times 1 \text{ Kg} \\
 &= 3,865 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ terpakai 4 PP} &= V \text{ terpakai 1 PC (m}^3\text{)} \times 4 \\
 &= 0,003865 \times 4 \\
 &= 0,0155 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2. Tukang 2 pada Eksperimen kedua

Berikut ini gambar hasil permodelan dari foto lapangan kebutuhan material mortar plesteran dengan menghitung volume mortar dari ember yang digunakan pada saat eksperimen. Untuk foto lapangan dan gambar permodelan tukang 2 pada eksperimen kedua :



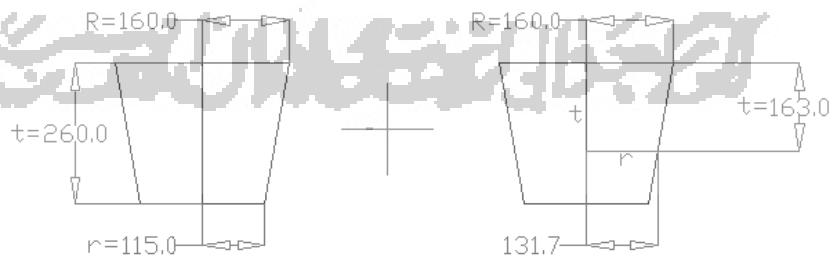
Gambar 5.22 Gambar luasan untuk 1 m² tukang 2 percobaan kedua



Gambar 5.23 Ember pertama T2.2



Gambar 5.24 Ember kedua T2.2



Gambar 5.25 Total volume mortar T2.2 satuan dalam satuan mm

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

Keterangan:

t = jarak lingkaran besar ke lingkaran

R = jari-jari lingkaran besar

r = jari-jari lingkaran kecil

Ember 1 T2.2

$$\text{Diketahui : } t = 260 \text{ mm} = 0,260 \text{ m}$$

$$R = 160 \text{ mm} = 0,160 \text{ m}$$

$$r = 115 \text{ mm} = 0,115 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V_{E1} &= \frac{1}{3} \times \pi \times t (R^2 + Rr + r^2) \\ &= \frac{1}{3} \times \pi \times 0,260 \times (0,160^2 + 0,160 \times 0,115 + 0,115^2) \\ &= 0,015417 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ember 2 T2.2

$$\text{Diketahui : } t = 163 \text{ mm} = 0,163 \text{ m}$$

$$R = 160 \text{ mm} = 0,160 \text{ m}$$

$$r = 131,7 \text{ mm} = 0,1317 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V_{E2} &= \frac{1}{3} \times \pi \times t (R^2 + Rr + r^2) \\ &= \frac{1}{3} \times \pi \times 0,163 \times (0,160^2 + 0,160 \times 0,1317 + 0,1317^2) \\ &= 0,010812 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ terpakai total T2.1} &= V_{E1} + V_{E2} \\ &= 0,015417 \text{ m}^3 + 0,010812 \text{ m}^3 \\ &= 0,026230 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume terpakai total tukang 2 eksperimen kedua merupakan volume total mortar plesteran yang dipakai untuk menyelesaikan 1 m², sehingga untuk mencari sisa material semen dan pasir pasang dengan campuran mortar 1 PC : 4 PP didapat dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V \text{ terpakai 1 PC (m}^3\text{)} &= V \text{ terpakai total / 5} \rightarrow 5 = \text{total campuran, 1 PC} \\
 &\quad \text{dan 4 PP} \\
 &= 0,026230 / 5 \\
 &= 0,005246 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Kemudian volume terpakai 1 PC tersebut dikonversikan menjadi satuan liter, dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V \text{ terpakai 1 PC (liter)} &= 0,005246 \times 1000 \\
 &= 5,246 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

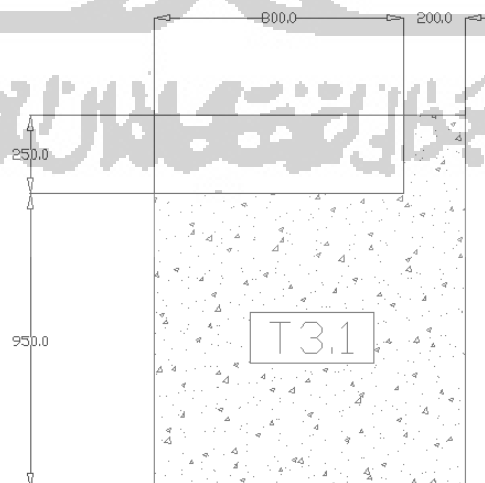
Dengan satuan volume terpakai sebesar 5,246 liter tersebut dijadikan satuan Kg dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V \text{ terpakai 1 PC (Kg)} &= 5,246 \times 1 \text{ Kg} \\
 &= 5,246 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ terpakai 4 PP} &= V \text{ terpakai 1 PC (m}^3\text{)} \times 4 \\
 &= 0,005246 \times 4 \\
 &= 0,0210 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

3. Tukang 3 pada Eksperimen pertama

Berikut ini gambar hasil permodelan dari foto lapangan kebutuhan material mortar plesteran dengan menghitung volume mortar dari ember yang digunakan pada saat eksperimen. Untuk foto lapangan dan gambar permodelan tukang 3 pada eksperimen pertama :



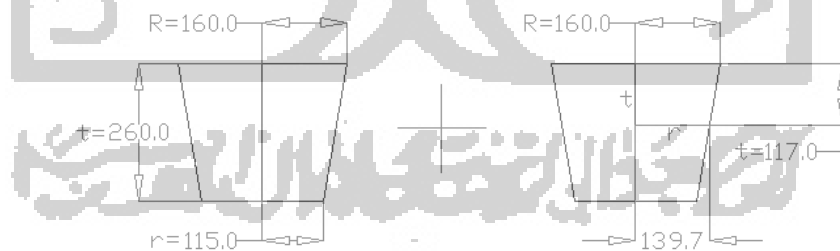
Gambar 5.26 Gambar luasan untuk 1 m² tukang 3 percobaan pertama



Gambar 5.27 Ember pertama T3.1



Gambar 5.28 Ember kedua T3.1



Gambar 5.29 Total volume mortar T3.1 satuan dalam satuan mm

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

Keterangan:

t = jarak lingkaran besar ke lingkaran

R = jari-jari lingkaran besar

r = jari-jari lingkaran kecil

Ember 1 T3.1

$$\text{Diketahui : } t = 260 \text{ mm} = 0,260 \text{ m}$$

$$R = 160 \text{ mm} = 0,160 \text{ m}$$

$$r = 115 \text{ mm} = 0,115 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V_{E1} &= \frac{1}{3} \times \pi \times t (R^2 + Rr + r^2) \\ &= \frac{1}{3} \times \pi \times 0,260 \times (0,160^2 + 0,160 \times 0,115 + 0,115^2) \\ &= 0,015417 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ember 2 T3.1

$$\text{Diketahui : } t = 117 \text{ mm} = 0,117 \text{ m}$$

$$R = 160 \text{ mm} = 0,160 \text{ m}$$

$$r = 139,7 \text{ mm} = 0,1397 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V_{E2} &= \frac{1}{3} \times \pi \times t (R^2 + Rr + r^2) \\ &= \frac{1}{3} \times \pi \times 0,260 \times (0,160^2 + 0,160 \times 0,1397 + 0,1397^2) \\ &= 0,00818 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{terpakai total T3.1}} &= V_{E1} + V_{E2} \\ &= 0,015417 \text{ m}^3 + 0,00818 \text{ m}^3 \\ &= 0,023597 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume terpakai total tukang 3 eksperimen pertama merupakan volume total mortar plesteran yang dipakai untuk menyelesaikan 1 m², sehingga untuk mencari sisa material semen dan pasir pasang dengan campuran mortar 1 PC : 4 PP didapat dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V \text{ terpakai 1 PC (m}^3) &= V \text{ terpakai total / 5} \rightarrow 5 = \text{total campuran, 1 PC} \\
 &\quad \text{dan 4 PP} \\
 &= 0,023597 / 5 \\
 &= 0,004719 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Kemudian volume terpakai 1 PC tersebut dikonversikan menjadi satuan liter, dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V \text{ terpakai 1 PC (liter)} &= 0,004719 \times 1000 \\
 &= 4,719 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

Dengan satuan volume terpakai sebesar 4,719 liter tersebut dijadikan satuan Kg dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V \text{ terpakai 1 PC (Kg)} &= 4,719 \times 1 \text{ Kg} \\
 &= 4,719 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ terpakai 4 PP} &= V \text{ terpakai 1 PC (m}^3) \times 4 \\
 &= 0,004719 \times 4 \\
 &= 0,0189 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 5.3 Tabel rekapitulasi volume material terpakai untuk 1 m²

No	Tukang	V terpakai PC (Kg)	V terpakai PP (m ³)
1	Tukang 1 eksperimen 1	3,865	0,0155
2	Tukang 1 eksperimen 2	4,047	0,0162
3	Tukang 1 eksperimen 3	4,354	0,0174
4	Tukang 2 eksperimen 1	4,432	0,0177
5	Tukang 2 eksperimen 2	5,246	0,0210
6	Tukang 2 eksperimen 3	4,941	0,0198
7	Tukang 3 eksperimen 1	4,719	0,0189
8	Tukang 3 eksperimen 2	4,815	0,0193
9	Tukang 3 eksperimen 3	4,731	0,0189

5.3 Perhitungan *Wastage Level*

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

$$V \text{ wastage level} = \frac{\text{volume waste material}}{\text{volume material terpakai}}$$

Keterangan :

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

Untuk volume material terpakai berdasarkan hasil dari hasil eksperimen, sedangkan volume material terpasang berdasarkan penggunaan material terkecil dari total sembilan eksperimen yang telah dikerjakan, kemudian dijadikan acuan nilai volume terpasang untuk perhitungan *wastage level*. Berikut ini adalah tabel volume kebutuhan material:

Tabel 5.4 Volume kebutuhan material *Portland cement* dalam satuan Kg untuk 1 m² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP ketebalan 15 mm

No	Tukang	V material terpakai	V material terpasang
1	Tukang 1 eksperimen 1 (T1.1)	3,865	3,865
2	Tukang 1 eksperimen 2 (T1.2)	4,047	3,865
3	Tukang 1 eksperimen 3 (T1.3)	4,354	3,865
4	Tukang 2 eksperimen 1 (T2.1)	4,432	3,865
5	Tukang 2 eksperimen 2 (T2.2)	5,246	3,865
6	Tukang 2 eksperimen 3 (T2.3)	4,941	3,865
7	Tukang 3 eksperimen 1 (T3.1)	4,719	3,865
8	Tukang 3 eksperimen 2 (T3.2)	4,815	3,865
9	Tukang 3 eksperimen 3 (T3.3)	4,731	3,865

Tabel 5.5 Volume kebutuhan material pasir pasang dalam satuan m^2 untuk 1 m^3 pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP ketebalan 15 mm

No	Tukang	V material terpakai	V material terpasang
1	Tukang 1 eksperimen 1 (T1.1)	0,0155	0,0155
2	Tukang 1 eksperimen 2 (T1.2)	0,0162	0,0155
3	Tukang 1 eksperimen 3 (T1.3)	0,0174	0,0155
4	Tukang 2 eksperimen 1 (T2.1)	0,0177	0,0155
5	Tukang 2 eksperimen 2 (T2.2)	0,0210	0,0155
6	Tukang 2 eksperimen 3 (T2.3)	0,0198	0,0155
7	Tukang 3 eksperimen 1 (T3.1)	0,0189	0,0155
8	Tukang 3 eksperimen 2 (T3.2)	0,0193	0,0155
9	Tukang 3 eksperimen 3 (T3.3)	0,0189	0,0155

1. *Wastage level* tukang 1 eksperimen pertama

Menghitung volume *waste* material untuk kebutuhan 1 m^2

$$\begin{aligned}
 V \text{ waste material PC} &= V \text{ material terpakai} - V \text{ material terpasang} \\
 &= 3,865 \text{ kg} - 3,865 \text{ kg} \\
 &= 0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Menghitung volume *waste* material untuk kebutuhan 1 m^2

$$\begin{aligned}
 V \text{ waste material PP} &= V \text{ material terpakai} - V \text{ material terpasang} \\
 &= 0,0155 \text{ m}^3 - 0,0155 \text{ m}^3 \\
 &= 0 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Menghitung *wastage level* material untuk kebutuhan 1 m^2

$$\begin{aligned}
 V \text{ wastage level PC} &= \frac{\text{volume waste PC}}{\text{volume material terpakai}} \\
 &= \frac{0 \text{ kg}}{3,865 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

$$= 0,00$$

Menghitung *wastage level* material untuk kebutuhan 1 m^2

$$V \text{ wastage level PP} = \frac{\text{volume waste PP}}{\text{volume material terpakai}}$$

$$= \frac{0 \text{ m}^3}{0,0155 \text{ m}^3}$$

$$= 0,00$$

2. *Wastage level* tukang 2 eksperimen kedua

Menghitung volume *waste* material untuk kebutuhan 1 m^2

$$\begin{aligned} V \text{ waste material PC} &= V \text{ material terpakai} - V \text{ material terpasang} \\ &= 5,246 \text{ kg} - 3,865 \text{ kg} \\ &= 1,381 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menghitung volume *waste* material untuk kebutuhan 1 m^2

$$\begin{aligned} V \text{ waste material PP} &= V \text{ material terpakai} - V \text{ material terpasang} \\ &= 0,0210 \text{ m}^3 - 0,0155 \text{ m}^3 \\ &= 0,0055 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung *wastage level* material untuk kebutuhan 1 m^2

$$\begin{aligned} V \text{ wastage level PC} &= \frac{\text{volume waste PC}}{\text{volume material terpakai}} \\ &= \frac{1,381 \text{ kg}}{5,246 \text{ kg}} \\ &= 0,2632 \end{aligned}$$

Menghitung *wastage level* material untuk kebutuhan 1 m^2

$$\begin{aligned} V \text{ wastage level PP} &= \frac{\text{volume waste PP}}{\text{volume material terpakai}} \\ &= \frac{0,0055 \text{ m}^3}{0,0210 \text{ m}^3} \\ &= 0,2613 \end{aligned}$$

3. *Wastage level* tukang 3 eksperimen pertama

Menghitung volume *waste* material untuk kebutuhan 1 m^2

$$V \text{ waste material PC} = V \text{ material terpakai} - V \text{ material terpasang}$$

$$= 4,719 \text{ kg} - 3,865 \text{ kg}$$

$$= 0,854 \text{ kg}$$

Menghitung volume *waste* material untuk kebutuhan 1 m^2

$$V \text{ waste material PP} = V \text{ material terpakai} - V \text{ material terpasang}$$

$$= 0,0189 \text{ m}^3 - 0,0155 \text{ m}^3$$

$$= 0,0034 \text{ m}^3$$

Menghitung *wastage level* material untuk kebutuhan 1 m^2

$$V \text{ wastage level PC} = \frac{\text{volume waste PC}}{\text{volume material terpakai}}$$

$$= \frac{0,854 \text{ kg}}{4,719 \text{ kg}}$$

$$= 0,1810$$

Menghitung *wastage level* material untuk kebutuhan 1 m^2

$$V \text{ wastage level PP} = \frac{\text{volume waste PP}}{\text{volume material terpakai}}$$

$$= \frac{0,0034 \text{ m}^3}{0,0189 \text{ m}^3}$$

$$= 0,1789$$



Tabel 5.6 Rekapitulasi *volume waste material* dan *wastage level material PC* untuk 1 m² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm

No	Tukang	V waste PC (Kg)	V wastage level PC	V wastage level PC (%)
1	Tukang 1 eksperimen 1 (T1.1)	0,00	0,00	0
2	Tukang 1 eksperimen 2 (T1.2)	0,182	0,0449	4,49
3	Tukang 1 eksperimen 3 (T1.3)	0,489	0,1124	11,24
4	Tukang 2 eksperimen 1 (T2.1)	0,567	0,1280	12,80
5	Tukang 2 eksperimen 2 (T2.2)	1,381	0,2632	26,32
6	Tukang 2 eksperimen 3 (T2.2)	1,076	0,2177	21,77
7	Tukang 3 eksperimen 1 (T3.1)	0,854	0,1810	18,10
8	Tukang 3 eksperimen 2 (T3.2)	0,950	0,1973	19,73
9	Tukang 3 eksperimen 3 (T3.3)	0,866	0,1831	18,31

Tabel 5.7 Rekapitulasi *volume waste material* dan *wastage level material PP* untuk 1 m² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm

No	Tukang	V waste PP (m ³)	V wastage level PP	V wastage level PP (%)
1	Tukang 1 eksperimen 1 (T1.1)	0,00	0,00	0
2	Tukang 1 eksperimen 2 (T1.2)	0,0007	0,0424	4,24
3	Tukang 1 eksperimen 3 (T1.3)	0,0019	0,1101	11,01
4	Tukang 2 eksperimen 1 (T2.1)	0,0022	0,1257	12,57
5	Tukang 2 eksperimen 2 (T2.2)	0,0055	0,2613	26,13
6	Tukang 2 eksperimen 3 (T2.3)	0,0043	0,2157	21,57
7	Tukang 3 eksperimen 1 (T3.1)	0,0034	0,1789	17,89
8	Tukang 3 eksperimen 2 (T3.2)	0,0038	0,1953	19,53
9	Tukang 3 eksperimen 3 (T3.3)	0,0034	0,1810	18,10

5.4 Perhitungan *Waste Cost*

Untuk perhitungan biaya *waste* tidak dilakukan sampai menghasilkan *true cost waste*, tetapi hanya mengetahui kerugian dari biaya pembelian saja. Karena untuk mendapatkan *true cost waste* sangat sulit mengingat penerapan *Management Waste Plan* belum terlaksana dengan sempurna. Sehingga untuk mendapatkan data yang akurat dan tepat sangat sulit.

Perhitungan ini dilakukan karena ingin mengetahui apakah volume *waste* yang besar juga akan menghasilkan *waste cost* yang besar pula. Perhitungan ini dilakukan dengan rumus pendekatan sebagai berikut :

$Waste\ cost = wastage\ level \times\ bobot\ pekerjaan \times\ total\ nilai\ kontrak$

5.4.1 Menghitung harga 1 Kg *Portland Cement*

Menghitung harga 1 kg portland cement disesuaikan dengan harga real material yang dibeli untuk pelaksanaan eksperimen. Harga 1 zak portland cement ukuran 40 Kg dengan merk Semen Gresik adalah Rp. 43.500,00 sehingga untuk mencari harga 1 kg portland cement bisa dicari dengan cara harga portland cement 1 zak ukuran 40 kg sebesar Rp. 43.500,00 dibagi 40 sesuai berat isi 1 zak semen yang digunakan. Rincian perhitungan akan ditampilkan seperti di bawah ini:

Harga 1 zak <i>portland cement</i> merk Semen Gresik	:	Rp. 43.500,00
Berat isi 1 zak <i>portland cement</i> merk Semen Gresik	:	40 Kg
Jadi harga untuk 1 kg <i>portland cement</i>	=	Rp. 43.500,00 / 40 Kg
	=	Rp. 1.087,50

5.4.2 Menghitung harga 1 m³ pasir pasang

Menghitung harga 1 m³ pasir pasang merapi disesuaikan dengan harga real material yang dibeli untuk pelaksanaan eksperimen. Harga 1 m³ pasir pasang merapi dengan ukuran 1 colt atau 1 m³ adalah sebesar Rp. 220.000,00.

5.4.3 Menghitung jumlah harga material untuk 1 m² pekerjaan plesteran

Jumlah harga material adalah harga satuan pekerjaan dikalikan dengan volume material terpakai. Detail perhitungan dapat dilihat seperti berikut ini :

1. Jumlah harga material tukang 1 eksperimen pertama (T1.1)

Menghitung jumlah harga material PC untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned} \text{Jumlah harga material PC} &= \text{harga 1 kg} \times \text{volume material terpakai PC} \\ &= \text{Rp. } 1.087,50 \times 3,865 \text{ kg} \\ &= \text{Rp. } 4.203,00 \end{aligned}$$

Menghitung jumlah harga material PP untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned} \text{Jumlah harga material PP} &= \text{harga 1 m}^3 \times \text{volume material terpakai PP} \\ &= \text{Rp. } 220.000,00 \times 0,0155 \text{ m}^3 \\ &= \text{Rp. } 3.401,00 \end{aligned}$$

2. Jumlah harga material tukang 2 eksperimen kedua (T2.2)

Menghitung jumlah harga material PC untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned} \text{Jumlah harga material PC} &= \text{harga 1 kg} \times \text{volume material terpakai PC} \\ &= \text{Rp. } 1.087,50 \times 5,246 \text{ kg} \\ &= \text{Rp. } 5.705,00 \end{aligned}$$

Menghitung jumlah harga material PP untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned} \text{Jumlah harga material PP} &= \text{harga 1 m}^3 \times \text{volume material terpakai PP} \\ &= \text{Rp. } 220.000,00 \times 0,0210 \text{ m}^3 \\ &= \text{Rp. } 4.616,00 \end{aligned}$$

3. Jumlah harga material tukang 3 eksperimen pertama (T3.1)

Menghitung jumlah harga material PC untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned} \text{Jumlah harga material PC} &= \text{harga 1 kg} \times \text{volume material terpakai PC} \\ &= \text{Rp. } 1.087,50 \times 4,719 \text{ kg} \\ &= \text{Rp. } 5.132,00 \end{aligned}$$

Menghitung jumlah harga material PP untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned} \text{Jumlah harga material PP} &= \text{harga 1 m}^3 \times \text{volume material terpakai PP} \\ &= \text{Rp. } 220.000,00 \times 0,0189 \text{ m}^3 \\ &= \text{Rp. } 4.153,00 \end{aligned}$$

Tabel 5.8 Rekapitulasi Jumlah harga material PC dan PP untuk 1 m² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm

No	Tukang	Jumlah harga material PC	Jumlah harga material PP
1	Tukang 1 eksperimen 1 (T1.1)	Rp. 4.203,00	Rp. 3.401,00
2	Tukang 1 eksperimen 2 (T1.2)	Rp. 4.401,00	Rp. 3.561,00
3	Tukang 1 eksperimen 3 (T1.3)	Rp. 4.735,00	Rp. 3.832,00
4	Tukang 2 eksperimen 1 (T2.1)	Rp. 4.820,00	Rp. 3.900,00
5	Tukang 2 eksperimen 2 (T2.2)	Rp. 5.705,00	Rp. 4.616,00
6	Tukang 2 eksperimen 3 (T2.3)	Rp. 5.373,00	Rp. 4.348,00
7	Tukang 3 eksperimen 1 (T3.1)	Rp. 5.132,00	Rp. 4.153,00
8	Tukang 3 eksperimen 2 (T3.2)	Rp. 5.237,00	Rp. 4.237,00
9	Tukang 3 eksperimen 3 (T3.3)	Rp. 5.145,00	Rp. 4.163,00

5.4.4 Menghitung bobot pekerjaan untuk 1 m² pekerjaan plesteran

Perhitungan bobot pekerjaan didapat dari hasil perhitungan jumlah harga material dibagi total nilai kontrak. Untuk lebih detail mengenai perhitungan bobot pekerjaan bisa dilihat seperti berikut ini :

1. Bobot pekerjaan tukang 1 eksperimen pertama (T1.1)

Menghitung bobot pekerjaan material PC untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned} \text{Bobot pekerjaan material PC} &= \text{jumlah harga material} / \text{total nilai kontrak} \\ &= \text{Rp. 4.203,00} / \text{Rp. 1.127.627,00} \\ &= 0,00373 \end{aligned}$$

Menghitung bobot pekerjaan material PP untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned} \text{Bobot pekerjaan material PP} &= \text{jumlah harga material} / \text{total nilai kontrak} \\ &= \text{Rp. 3.401,00} / \text{Rp. 1.127.627,00} \\ &= 0,00302 \end{aligned}$$

2. Bobot pekerjaan tukang 2 eksperimen pertama (T2.2)

Menghitung bobot pekerjaan material PC untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\text{Bobot pekerjaan material PC} = \text{jumlah harga material} / \text{total nilai kontrak}$$

$$= \text{Rp. } 5.705,00 / \text{Rp. } 1.127.627,00$$

$$= 0,00506$$

Menghitung bobot pekerjaan material PP untuk pekerjaan plesteran 1 m²

Bobot pekerjaan material PP = jumlah harga material / total nilai kontrak

$$= \text{Rp. } 4.616,00 / \text{Rp. } 1.127.627,00$$

$$= 0,00409$$

3. Bobot pekerjaan tukang 3 eksperimen pertama (T3.1)

Menghitung bobot pekerjaan material PC untuk pekerjaan plesteran 1 m²

Bobot pekerjaan material PC = jumlah harga material / total nilai kontrak

$$= \text{Rp. } 5.132,00 / \text{Rp. } 1.127.627,00$$

$$= 0,00455$$

Menghitung bobot pekerjaan material PP untuk pekerjaan plesteran 1 m²

Bobot pekerjaan material PP = jumlah harga material / total nilai kontrak

$$= \text{Rp. } 4.153,00 / \text{Rp. } 1.127.627,00$$

$$= 0,00368$$

Tabel 5.9 Rekapitulasi bobot pekerjaan material PC dan PP untuk 1 m² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm

No	Tukang	Bobot pekerjaan material PC	Bobot pekerjaan material PP
1	Tukang 1 eksperimen 1 (T1.1)	0,00373	0,00302
2	Tukang 1 eksperimen 2 (T1.2)	0,00390	0,00316
3	Tukang 1 eksperimen 3 (T1.3)	0,00420	0,00340
4	Tukang 2 eksperimen 1 (T2.1)	0,00427	0,00346
5	Tukang 2 eksperimen 2 (T2.2)	0,00506	0,00409
6	Tukang 2 eksperimen 3 (T2.3)	0,00476	0,00386
7	Tukang 3 eksperimen 1 (T3.1)	0,00455	0,00368
8	Tukang 3 eksperimen 2 (T3.2)	0,00464	0,00376
9	Tukang 3 eksperimen 3 (T3.3)	0,00456	0,00369

5.4.5 Menghitung *waste cost* material untuk 1 m² pekerjaan plesteran

Perhitungan *waste cost* material didapat dari *wastage level* material dikali bobot pekerjaan dikali total nilai kontrak maka akan didapat nilai *waste cost* material untuk setiap pekerjaan 1 m² plesteran dinding. Perhitungan dilakukan dengan rumus pendekatan sebagai berikut ini :

$$\text{Waste cost} = \text{wastage level} \times \text{bobot pekerjaan} \times \text{total nilai kontrak}$$

Keterangan :

$$\text{Wastage level} = \text{volume waste pada perhitungan}$$

$$\text{Bobot pekerjaan} = \text{jumlah harga material dibandingkan total nilai kontrak}$$

$$\text{Total nilai kontrak} = \text{Rp. 1.127.627,00}$$

1. *Waste cost* material tukang 1 eksperimen pertama (T1.1)

Menghitung *waste cost* material PC untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned} \text{Waste cost PC} &= \text{wastage level} \times \text{bobot pekerjaan} \times \text{total nilai kontrak} \\ &= 0,00 \times 0,00373 \times 1.127.627,00 \\ &= \text{Rp. 0,00} \end{aligned}$$

Menghitung *waste cost* material PP untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned} \text{Waste cost PP} &= \text{wastage level} \times \text{bobot pekerjaan} \times \text{total nilai kontrak} \\ &= 0,00 \times 0,00302 \times 1.127.627,00 \\ &= \text{Rp. 0,00} \end{aligned}$$

2. *Waste cost* material tukang 2 eksperimen kedua (T2.2)

Menghitung *waste cost* material PC untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned} \text{Waste cost PC} &= \text{wastage level} \times \text{bobot pekerjaan} \times \text{total nilai kontrak} \\ &= 0,2632 \times 0,00506 \times 1.127.627,00 \\ &= \text{Rp. 1.502,00} \end{aligned}$$

Menghitung *waste cost* material PP untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned} \text{Waste cost PP} &= \text{wastage level} \times \text{bobot pekerjaan} \times \text{total nilai kontrak} \\ &= 0,2613 \times 0,00409 \times 1.127.627,00 \\ &= \text{Rp. 1.206,00} \end{aligned}$$

3. *Waste cost* material tukang 3 eksperimen pertama (T3.1)

Menghitung *waste cost* material PC untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned}
 \text{Waste cost PC} &= \text{wastage level} \times \text{bobot pekerjaan} \times \text{total nilai kontrak} \\
 &= 0,1810 \times 0,00455 \times 1.127.627,00 \\
 &= \text{Rp. } 929,00
 \end{aligned}$$

Menghitung *waste cost* material PP untuk pekerjaan plesteran 1 m²

$$\begin{aligned}
 \text{Waste cost PP} &= \text{wastage level} \times \text{bobot pekerjaan} \times \text{total nilai kontrak} \\
 &= 0,1789 \times 0,00368 \times 1.127.627,00 \\
 &= \text{Rp. } 743,00
 \end{aligned}$$

Tabel 5.10 Rekapitulasi *waste cost* material PC dan PP untuk 1 m² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm

No	Tukang	Waste cost PC	Waste cost PP
1	Tukang 1 eksperimen 1 (T1.1)	Rp. 0,00	Rp. 0,00
2	Tukang 1 eksperimen 2 (T1.2)	Rp. 198,00	Rp. 151,00
3	Tukang 1 eksperimen 3 (T1.3)	Rp. 532,00	Rp. 422,00
4	Tukang 2 eksperimen 1 (T2.1)	Rp. 617,00	Rp. 490,00
5	Tukang 2 eksperimen 2 (T2.2)	Rp. 1.502,00	Rp. 1.206,00
6	Tukang 2 eksperimen 3 (T2.3)	Rp. 1.170,00	Rp. 938,00
7	Tukang 3 eksperimen 1 (T3.1)	Rp. 929,00	Rp. 743,00
8	Tukang 3 eksperimen 2 (T3.2)	Rp. 1.033,00	Rp. 827,00
9	Tukang 3 eksperimen 3 (T3.3)	Rp. 942,00	Rp. 753,00

5.5 Pembahasan

Dalam melakukan eksperimen lapangan dilakukan sebanyak tiga kali eksperimen untuk satu orang tukang, jadi total eksperimen yang dilakukan sebanyak sembilan kali eksperimen. Dari hasil eksperimen tersebut didapat sembilan data volume terpasang untuk setiap pekerjaan plesteran dengan luasan 1 m². Dari data volume terpasang tersebut kemudian didapat *waste* material hasil dari perhitungan volume material terpakai dikurangi dengan volume material terpasang untuk setiap eksperimen dengan luasan 1 m².

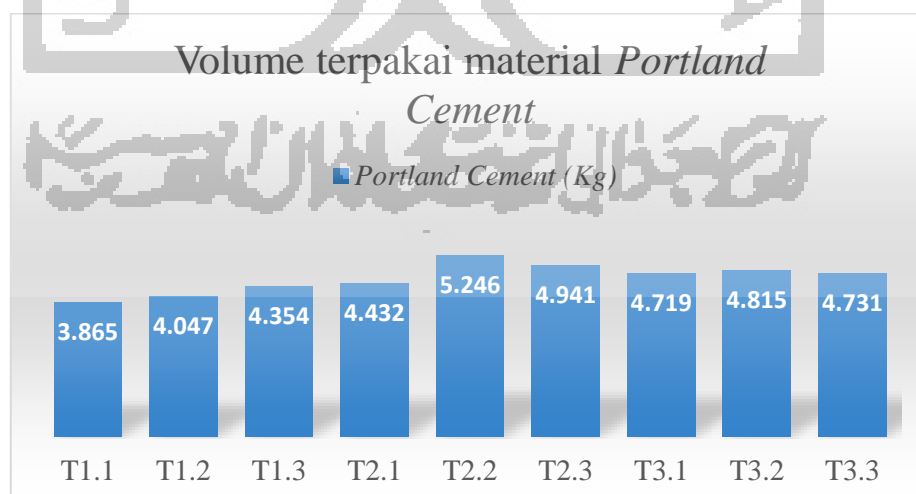
5.5.1 Perhitungan Volume Terpakai

Volume material terpakai didapat dari volume mortar plester yang digunakan oleh tukang untuk menyelesaikan pekerjaan plesteran dengan luasan 1 m^2 , volume mortar plester yang digunakan hasilnya bervariasi karena setiap tukang mempunyai teknik atau kebiasaan tersendiri ketika mengerjakan pekerjaan plesteran.

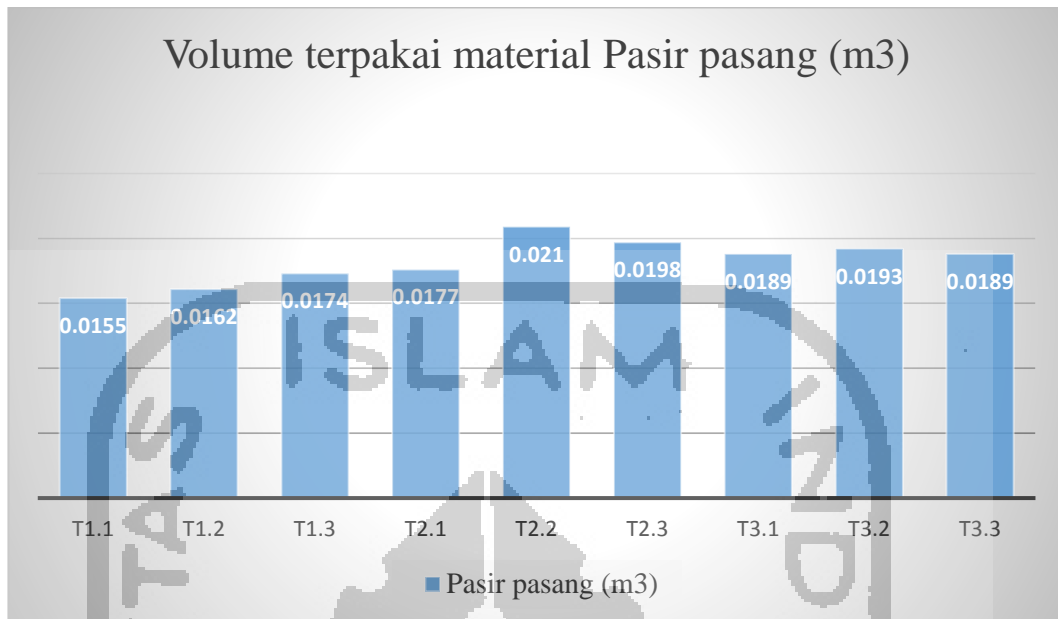
Hasil volume terpasang berdasarkan hasil eksperimen dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 5.10 Volume material terpakai pekerjaan 1 m^2 plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm

No	Tukang	V terpakai PC (Kg)	V terpakai PP (m^3)
1	Tukang 1 eksperimen 1	3,865	0,0155
2	Tukang 1 eksperimen 2	4,047	0,0162
3	Tukang 1 eksperimen 3	4,354	0,0174
4	Tukang 2 eksperimen 1	4,432	0,0177
5	Tukang 2 eksperimen 2	5,246	0,0210
6	Tukang 2 eksperimen 3	4,941	0,0198
7	Tukang 3 eksperimen 1	4,719	0,0189
8	Tukang 3 eksperimen 2	4,815	0,0193
9	Tukang 3 eksperimen 3	4,731	0,0189



Gambar 5.30 Histogram perbandingan volume terpakai material *Portland Cement* untuk 1 m^2 pekerjaan plesteran.



Gambar 5.31 Histogram perbandingan volume terpakai material Pasir Pasang untuk 1 m² pekerjaan plesteran.

Dari tabel 5.10 diperoleh volume terpakai material *portland cement* dan pasir pasang yang dibutuhkan untuk setiap 1 m² pekerjaan plesteran. Data volume terpakai hasil eksperimen dilapangan, didapat data tukang 2 pada eksperimen kedua menggunakan material *portland cement* dan pasir pasang terbanyak dari total sembilan eksperimen yang dilaksanakan oleh tiga orang tukang. Hasil eksperimen tukang 2 pada eksperimen kedua menggunakan 5,246 kg material *portland cement* dan 0,0210 m³ material pasir pasang. Sedangkan penggunaan material paling sedikit dari total sembilan eksperimen yang telah dilakukan, didapat hasil tukang 1 pada eksperimen pertama yang hanya membutuhkan 3,865 kg material *portland cement* dan 0,0155 m³ material pasir pasang untuk menyelesaikan 1 m². Hasil eksperimen sesuai dengan teori *learning curve*, pengalaman atau pembelajaran individual akan berdampak pada perbaikan hasil ketika orang tersebut mengulang suatu proses dan memperoleh keterampilan atau efisiensi dari pengalaman. Berdasarkan hasil eksperimen tukang 1 merupakan tukang dengan penggunaan material paling efisien berbanding lurus dengan pengalaman terlama diantara dua orang tukang yang lain, pengalaman tukang 1 sebagai tukang sekitar 30 tahun

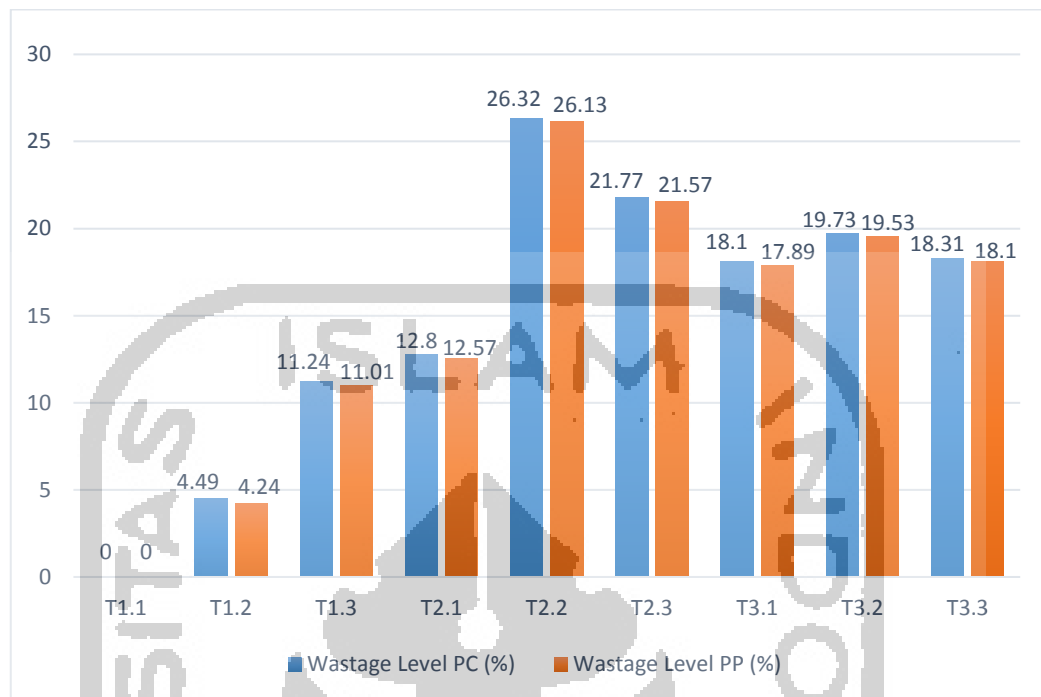
sehingga sudah berpengalaman dalam hal penggunaan material yang efektif dan efisien.

5.5.2 Perhitungan *Wastage Level*

Perhitungan *wastage level* untuk volume material terpakai berdasarkan hasil dari hasil eksperimen, sedangkan volume material terpasang berdasarkan penggunaan material terkecil dari total sembilan eksperimen yang telah dikerjakan, kemudian dijadikan acuan nilai volume terpasang untuk perhitungan *wastage level*. Dari hasil analisis perhitungan material terpakai dikurangi material terpasang didapat data *waste material* plesteran untuk setiap 1 m². Data *waste material* diperlukan untuk mencari data persen *wastage level* untuk setiap eksperimen yang dilakukan. Dari hasil perhitungan *wastage level* dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 5.11 Rekapitulasi *volume waste material* dan *wastage level* material PC dan PP untuk 1 m² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm

No	Tukang	Waste material	Wastage level	Waste material	Wastage level
		PC (Kg)	PC (%)	PP (m ³)	PP (%)
1	T1.1	0,00	0	0,00	0
2	T1.2	0,182	4,49	0,0007	4,24
3	T1.3	0,489	11,24	0,0019	11,01
4	T2.1	0,567	12,80	0,0022	12,57
5	T2.2	1,381	26,32	0,0055	26,13
6	T2.3	1,076	21,77	0,0043	21,57
7	T3.1	0,854	18,10	0,0034	17,89
8	T3.2	0,950	19,73	0,0038	19,53
9	T3.3	0,866	18,31	0,0034	18,10



Gambar 5.32 Histogram perbandingan *wastage level* material *Portland Cement* dan *Pasir Pasang* untuk 1 m² pekerjaan plesteran.

Dari Tabel 5.11 diperoleh bahwa tukang yang memiliki *waste material* terbesar adalah tukang 2 pada eksperimen kedua sebesar 1,381 kg material *portland cement* dengan *wastage level* material sebesar 26,32% dan *waste material* pasir pasang sebesar 0,0055 m³ dengan *wastage level* sebesar 26,13%. *Volume wastage level* dipengaruhi bukan hanya oleh volume *waste* tetapi dipengaruhi juga oleh rasio volume *waste* dengan volume yang direncanakan.

5.5.3 Perhitungan *Waste Cost*

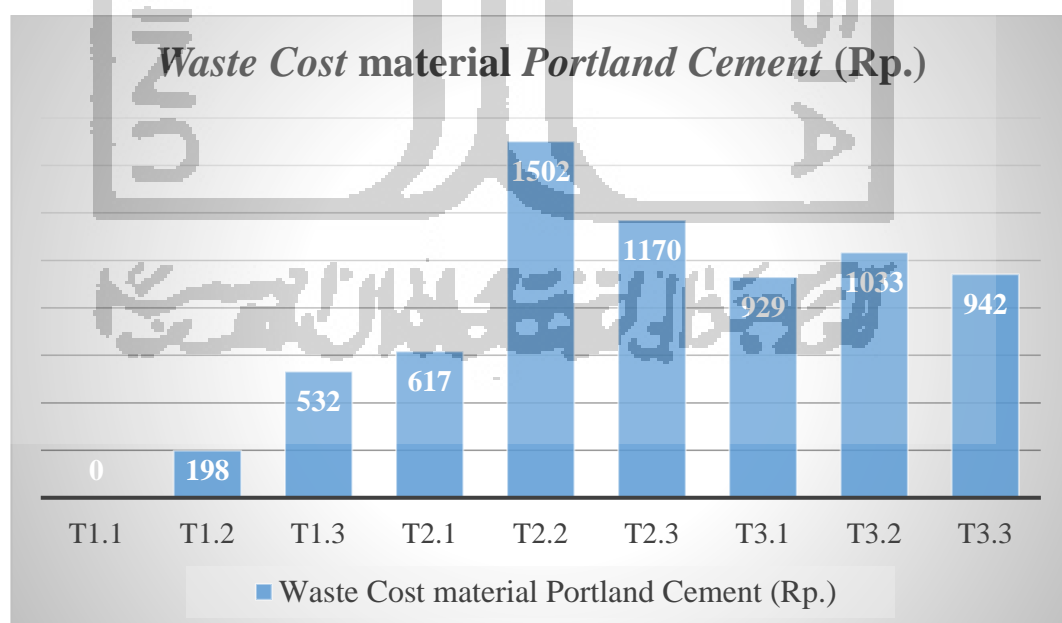
Untuk perhitungan biaya *waste* tidak dilakukan sampai menghasilkan *true cost waste*, tetapi hanya mengetahui kerugian dari biaya pembelian saja. Karena untuk mendapatkan *true cost waste* sangat sulit mengingat penerapan *Management Waste Plan* belum terlaksana dengan sempurna. Sehingga untuk mendapatkan data yang akurat dan tepat sangat sulit.

Perhitungan ini dilakukan dengan rumus pendekatan perhitungan *wastage level* material dikali bobot pekerjaan dikali total nilai kontrak maka akan didapat

nilai *waste cost* material untuk setiap pekerjaan 1 m² plesteran dinding. Dari hasil perhitungan *waste cost* dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 5.12 Rekapitulasi *waste cost* material PC dan PP untuk 1 m² pekerjaan plesteran 1 PC : 4 PP dengan ketebalan 15 mm

No	Tukang	<i>Waste cost</i> PC	<i>Waste cost</i> PP
1	Tukang 1 eksperimen 1 (T1.1)	Rp. 0,00	Rp. 0,00
2	Tukang 1 eksperimen 2 (T1.2)	Rp. 198,00	Rp. 151,00
3	Tukang 1 eksperimen 3 (T1.3)	Rp. 532,00	Rp. 422,00
4	Tukang 2 eksperimen 1 (T2.1)	Rp. 617,00	Rp. 490,00
5	Tukang 2 eksperimen 2 (T2.2)	Rp. 1.502,00	Rp. 1.206,00
6	Tukang 2 eksperimen 3 (T2.3)	Rp. 1.170,00	Rp. 938,00
7	Tukang 3 eksperimen 1 (T3.1)	Rp. 929,00	Rp. 743,00
8	Tukang 3 eksperimen 2 (T3.2)	Rp. 1.033,00	Rp. 827,00
9	Tukang 3 eksperimen 3 (T3.3)	Rp. 942,00	Rp. 753,00



Gambar 5.33 Histogram perbandingan *waste cost* material *Portland Cement* untuk 1 m² pekerjaan plesteran.



Gambar 5.34 Histogram perbandingan *waste cost* material Pasir Pasang untuk 1 m² pekerjaan plesteran.

Dari Tabel 5.12 diperoleh bahwa tukang yang memiliki *waste cost* terbesar adalah tukang 2 pada eksperimen kedua sebesar Rp. 1.502,00 untuk material *Portland cement* dan material pasir pasang sebesar Rp. 1.206,00.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil eksperimen, didapat data tukang 2 pada eksperimen kedua menggunakan material terbanyak dengan rincian material sebanyak 5,246 kg material *portland cement* dan 0,0210 m³ material pasir pasang, sedangkan penggunaan material paling sedikit dari total sembilan eksperimen yang dilakukan oleh tiga orang tukang, didapat data tukang 1 pada eksperimen pertama yang hanya membutuhkan 3,865 kg material *portland cement* dan 0,0155 m³ material pasir pasang. Hasil eksperimen sesuai dengan teori *learning curve* berdasarkan penggunaan material tukang 2 merupakan tukang termuda yang baru memiliki pengalaman 4 tahun sebagai tukang batu sehingga dalam pelaksanaan pekerjaan masih kurang pengalaman sehingga lebih boros dalam penggunaan material, sedangkan tukang 1 merupakan tukang dengan penggunaan material paling efisien berbanding lurus dengan pengalaman terlama diantara dua orang tukang yang lain, pengalaman tukang 1 sebagai tukang sekitar 30 tahun sehingga sudah berpengalaman dalam hal penggunaan material yang efektif dan efisien.
2. Hasil eksperimen didapat tukang yang memiliki *waste* material terbesar adalah tukang 2 pada eksperimen kedua dapat dilihat pada tabel 5.6 dan 5.7, yaitu sebesar 1,381 kg material *portland cement* dan material pasir pasang sebesar 0,0055 m³.
3. Hasil eksperimen didapat tukang yang memiliki *wastege level* material terbesar adalah tukang 2 pada eksperimen kedua dapat dilihat pada tabel 5.6 dan 5.7, yaitu sebesar 26,32% untuk material *portland cement* dan material pasir pasang sebesar 26,13%.

4. Hasil eksperimen didapat tukang yang memiliki *waste cost* terbesar adalah tukang 2 pada eksperimen kedua dapat dilihat pada tabel 5.10, yaitu sebesar Rp. 1.502,00 untuk material *portland cement* dan material pasir pasang sebesar Rp. 1.206,00.

6.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat penulis berikan yang berkaitan dengan penulisan tugas akhir ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk dilakukan penelitian dengan skala lebih besar dan item pekerjaan yang lebih kompleks.
2. Untuk lebih meningkatkan pengawasan dilapangan, karena masih banyak pekerja yang lebih mementingkan pekerjaan segera diselesaikan dengan mengesampingkan sisa material yang terbuang.
3. Sebaiknya tenaga yang dipekerjakan sudah memiliki cukup pengalaman dan terampil dalam melakukan pekerjaan.
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksanaan proyek konstruksi khususnya dalam pekerjaan plester dinding dalam usaha mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh *waste material* yang terjadi dalam pelaksanaan konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.2019.<http://jagobangunan.com/article/read/cara-menghitung-kebutuhan-material-untuk-pekerjaan-plesteran> diakses tanggal 17 Juli 2019 pukul 22:08
- Anonim.2011.<https://rumahmatematikacommunity.wordpress.com/2011/11/16/cara-memperoleh-rumus-cepat-volume-ember-vol-kerucut-terpancung/> diakses tanggal 17 Juli 2019 pukul 22:41
- Anonim.2019.<https://www.google.com/maps/@7.6576704,110.3958135,953m/data=!3m1!1e3> diakses tanggal 22 Juli 2019 pukul 18:01
- Alarcon, L.F., (1994), *Tools for the Identification and Reduction Waste in Construction Projects. Paper Presented at the 2nd International Workshop on Lean Construcion, Santiago*
- Al-Moghany, 2006, *Managing and Minimizing Construction Waste in Gaza Strip*
- Alwi, S., Hampson, K., & Mohamed, S. (2002). *Waste in the Indonesian Construction Project. 1 st International Confernces of CIB W107 – Creating a Sustainable Construction Industry in Developing Countries.*
- Alwi, S, Hampson, K, Mohammed, S. 2004 , *Waste in the Indonesian Construction Project*
- Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum. 2016. Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016. Kementrian PUPR. Jakarta.
- Asiyanto (2005), “*Construction Project Cost Management*”, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Bossink, B. A. G, dan H. J. H. Brouwers, 1996. *Construction Waste : Quantification And Source Evaluation.*
- Branz. 2002. *Easy Guide to Reducing Construstion Waste.* New Zealand

- Carlos T. Formoso, Lucio Soibelman M.ASCE, Claudia De Casare, Eduardo L. Isatto, 2002, *Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention*
- Dipohusodo, I. (1996) *Manajemen Proyek dan Kontruksi*, Kanisius. Yogyakarta.
- Ekanayake, L.L, dan Ofori, G. (2000) “*Construction Material Waste Source Evaluation*”. *Proceedings: Strategies for a Sustainable Built Environment, Pretoria*.
- Ekaputra, Jeftha. (2001). Sebuah Model Penjadwalan dan Pengendalian Material dalam Pelaksanaan Proyek Konstruksi.
- Ervianto, W. I. 2003. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Andi. Yogyakarta.
- Ervianto, W.I., 2012. *Selamatkan Bumi Melalui Konstruksi Hijau*, Penerbit Andi: Yogyakarta.
- Gavilan, R.M and Bernold, L.E., 1994, Source Evaluation of Solid Waste in Building Construction, *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Handayono, T (2015). Modul: Plesteran. (<https://id.scribd.com/doc/293328766/Modul-Plesteran-doc>) Diakses 6 Agustus 2019 pukul 10:32
- Jingga. 2014. Aplikasi Pemakaian *Learning Curve Theory* Pada Pekerjaan Pengecoran Kolom Pada Proyek Pembangunan Apartemen L.A City
- Lasantha. 2011. Plesteran Dinding I : Pengantar dan Pendahuluan. (<http://rumahdangriya.blogspot.com/2011/11/plesteran-dinding-i-pengantar-dan.html>.) Diakses tanggal 6 Agustus 2019 pukul 10:35
- Lawler, E.E., and Porter, LW. 1967 *Antecedent Attitudes of Effective Managerial Performance*. Dalam Vroom, V.H., and E.L. Deci : *Management and Motivation*. Penguin Books. Inggris
- Mingus, N. 2004. *Alpha Teach Yourself : Project Management* dalam 24 jam. Prenada Media. Jakarta

- Munandar, M. 1996. Materi Pokok Manajemen Proyek. Karunika. Jakarta
- Musyafa, A. (2013), “Komposisi Harga Jual Rumah Tinggal Layak Huni di Yogyakarta: Studi Kasus Pembangunan Rumah Tipe 90/115 di Luar Kompleks Perumahan”, Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7): Peran Rekayasa Sipil dan Lingkungan dalam Mewujudkan Pembangunan yang Berkelanjutan, Kampus Universitas Sebelas Maret (UNS), Solo
- Musyafa, A (2015b), “Identifikasi Kompetensi Tenaga Ahli Pelaksana Konstruksi Perumahan Di Yogyakarta”. Jurnal Teknisia, Vol.20, No. 1
- Nursahid, M. 2003. Manajemen Konstruksi. Surakarta
- Olbina, S., Hinze, J. (2009). Empirical Analysis of the Learning Curve Principle in Prestressed Concrete Piles. *Journal of Construction Engineering and Management*, 429.
- Perdana, Indrayadi, Pratiwi (2018). Identifikasi *Construction Material Waste* Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus : Rumah Jabatan Rektor UNTAN Pontianak)
- Poon, C. S., A. T. W, Wong, S. W ., Cheung , Esther. 2004. *Management of Construction Waste in Public Housing Projects in Hongkong*.
- Saharuddin, (2018), Perbandingan Biaya dan Waktu pada Pekerjaan Plester Dinding Menggunakan Metode Konvensional dan Dengan Metode *Shotcrete*.
- Soeharto I, (1995), Manajemen proyek dari konseptual sampai operasional, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Soeharto, I., 1999. *Manajemen Konstruksi Dari Konseptual Hingga Operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Skoyles, E.F., *Material wastage: A misuse of resources, Building Research and Practice, July/April 1976*, pp. 232–243 Branz. 2002. *Easy Guide to Reducing Construction Waste*. New Zealand.
- Sudiro, Musyafa’ (2018). Analisis Sisa Material Pekerjaan Struktur Pada Proyek Konstruksi

Widjanarko, A., (2009).“Bangunan dan Konstruksi Hijau”, Seminar Nasional Teknik Sipil V-2009, Surabaya, 11 Februari.

Womack dan Jones, 1996, *Lean Thinking: Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation*

Wulfram I. Ervianto, Biemo W. Soemardi, Muhamad Abduh dan Surjamanti (2013). *Kajian Kerangka Legislatif Penerapan Green Construction Dalam Proyek Bangunan Gedung Di Indonesia (S3)*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Wiryonoto, Amanda, Wibowo dan Suharyanto, (2017). *Evaluasi Construction Waste Dalam Pekerjaan Kolom Pada Proyek Konstruksi Gedung*

Zhan, J.G., 1998, “A *Project Cost Control Model*.” *AACE-Journal Cost Engineering* 40(12):32.



Lampiran 1 *Bill of Quantity* pekerjaan plesteren 1 PC : 4 PP ketebalan 15 mm untuk 1 m² menurut Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6	7
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	0,384	85.000,00	85.000,00
2	Tukang batu	L.02	OH	0,192	100.000,00	100.000,00
3	Kepala tukang	L.03	OH	0,019	0	0
4	Mandor	L.04	OH	0,019	0	0
					Jumlah Harga Tenaga Kerja	385.000,00
B	Bahan					
1	Pasir Pasang	M.14.b	m ³	0,024	220.000,00	5.280,00
2	<i>Portland cement</i>	M.15	Kg	6,280	1.088,00	6.830,00
					Jumlah Harga Bahan	12.110,00
C	Peralatan					

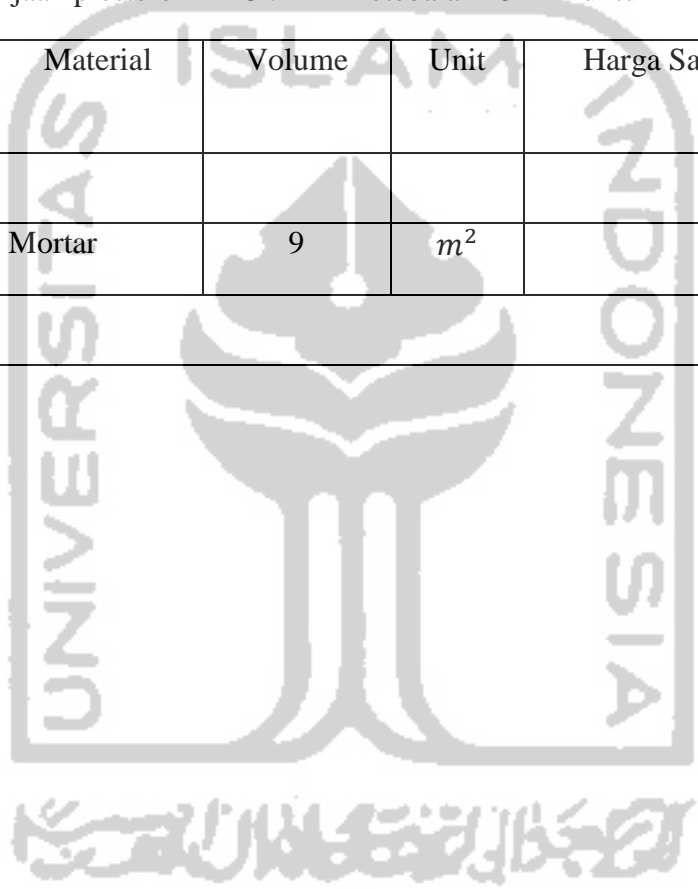
Lanjutan Lampiran 1 *Bill of Quantity* pekerjaan plesteren 1 PC : 4 PP ketebalan 15 mm untuk 1 m² menurut Permen PUPR No.

28/PRT/M/2016

1	Ember tipe 1		2	18.000,00	36.000,00
2	Ember tipe 2		1	9.000,00	9.000,00
	Jumlah Harga Peralatan				45.000,00
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C)				108.950,00
E	Overhead + Profit (Contoh 15%)			15% x D	16.342,00
F	Harga Satuan Pekerjaan per - m ² (D + E)				125.292,00

Lampiran 2 Rencana anggaran biaya pekerjaan plesteren 1 PC : 4 PP ketebalan 15 mm untuk 1 m²

No	Uraian	Material	Volume	Unit	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Pekerjaan Finishing Dinding					
1	Pekerjaan Plester	Mortar	9	m ²	125.292,00	1.127.627,00
					Total	1.127.627,00



Lampiran 3 Foto dinding sebelum pekerjaan plester



Lampiran 4 Foto tukang 1,2 dan 3 pada saat proses eksperimen



Lampiran 5 Foto dan gambar autoad bagian dinding setelah eksperimen

