

**ANALISA PERHITUNGAN BIAYA PEKERJAAN STRUKTUR
RUSUN CIPINANG BESAR UTARA JAKARTA TIMUR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Diploma III Teknik Pada Jurusan Teknik Ekonomi Konstruksi**

**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Bung Hatta**

OLEH:

ROMYGA ILDA SEMPATI

1810015410142



PROGRAM STUDI TEKNIK EKONOMI KONSTRUKSI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS BUNG HATTA

PADANG

2023

LEMBARAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISA PERHITUNGAN BIAYA PEKERJAAN STRUKTUR
PADA RUSUN CIPINANG BESAR UTARA JAKARTA TIMUR

OLEH:

ROMYGA ILDA SEMPATI

1810015410142



Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing

(Dr. ZULHERMAN, ST, M.Sc)

Diketahui oleh:

Dekan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Ketua
Prodi Teknik Ekonomi Konstruksi



(Prof. Dr. Ir. Nasfryza Carlo, M.Sc)

(Dr. Wahyudi P. Utama, BQS, M.T.)

ANALISA PERHITUNGAN BIAYA PEKERJAAN STRUKTUR PADA PROYEK PRUMAHAN RUSUN CIPINANG JAKARTA TIMUR

Romyga Ilda Sempati, Zulherman
Program Studi Teknik Ekonomi Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Universitas Bung Hatta

ABSTRAK

Tugas Akhir (TA) ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan D3 jurusan Teknik Ekonomi Konstruksi. Dalam TA ini pekerjaan struktur atas proyek Perumahan Rusun Cipinang Jakarta Timur dijadikan sebagai sebuah kasus proyek. Proyek Perumahan Rusun Cipinang merupakan sebuah proyek pembangunan rumah hunian yang terdiri dari 16 + atap lantai dengan luas bangunan 15,081M². Adapun tujuan dari TA ini adalah (1) Menghitung volume pekerjaan (*Quantity Take Off*) struktur proyek Perumahan Rusun Cipinang (2) Mengestimasi rencana anggaran biaya pekerjaan bangunan (3) Menentukan *Time Schedule*/jadwal pelaksanaan proyek berdasarkan bobot pekerjaan (4) Membuat *Cash flow*/aliran uang berdasarkan *Time Schedule* yang dibuat pada proyek tersebut. Analisa perhitungan biaya struktur yang dilakukan pada proyek ini meliputi pekerjaan Pondasi , Pile cap , tie beam , balok, plat lantai, kolom, Core wall, tangga. Dari analisa biaya yang dilakukan diperoleh biaya Rp 51.681.809.829,04. dengan biaya per meter persegi adalah Rp 3.426.948. Analisa Harga Satuan Pekerjaan yang digunakan adalah PERMEN PU PR 2016 sementara harga upah dan bahan menggunakan harga kota Jakarta Selatan tahun Anggaran 2023. Dari penyusunan time schedule direncanakan pekerjaan ini dapat diselesaikan dalam waktu 94 minggu. Untuk penyusunan cash flow pekerjaan ini, ditetapkan parameter seperti uang muka 20%, metode pembayaran monthly payment dan retensi 5 %.

Kata Kunci:

Detail Estimasi, *Time Schedule*, *Cash Flow*, struktur atas dan Perumahan Prumahan Rusun Cipinang Jakarta Timur.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji dan syukur atas ke hadirat ﷻ yang telah melimpahkan taufik dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Tujuan penulisan laporan Tugas Akhir yaitu untuk memenuhi salah satu pra-syarat dalam menyelesaikan masa studi Diploma-III pada program studi Teknik Ekonomi Konstruksi, Universitas Bung Hatta.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberi dukungan dalam seluruh aspek. Seluruh dukungan dan bimbingan yang diberikan menjadi motivasi bagi penulis, sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir tepat pada waktunya. Adapun ucapan tersebut penulis ingin sampaikan kepada:

1. Ayah, Ibu dan seluruh keluarga yang selalu memberi dukungan penuh serta doa tanpa henti.
2. Bapak Dr. Wahyudi Putra Utama, BQS., M.T. selaku ketua program studi Teknik Ekonomi Konstruksi, Universitas Bung Hatta dan sekaligus sebagai pembimbing selama penyusunan laporan Tugas Akhir serta selalu memberi masukan, motivasi, dan tambahan wawasan hingga laporan Tugas Akhir ini dapat tersusun.
3. Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan masukan, motivasi hingga laporan Tugas Akhir ini dapat tersusun.
4. Rekan-rekan satu bimbingan yang saling memberi bantuan dan pengalaman serta menjalin kekompakan selama proses bimbingan.

5. Alumni QS Bung Hatta lainnya yang tidak dapat dicantumkan namanya satu persatu namun tidak mengurangi rasa terima kasih penulis atas wawasan dan pengalaman yang diberikan.
6. Rifky Fahrizal dan Mulya Prima Hakim yang telah membantu memberikan semangat dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Fathul Yahdi dan Alfin Agun Ramanda yang telah memberikan gambaran dalam menyusun Tugas Akhir ini.

Mengingat banyak hambatan yang ditemui serta keterbatasan yang ada, penulis menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan laporan ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan masukan dan kritikan yang sifatnya membangun guna meningkatkan kualitas dari laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dalam menambah wawasan seputar bidang Teknik Ekonomi Konstruksi (QS).

Padang, 01 Agustus 2023

Romyga Ilda Sempati

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	I
KATA PENGANTAR	I
DAFTAR ISI	III
DAFTAR GAMBAR	V
DAFTAR TABEL	VI
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir	2
1.4 Manfaat Tugas Akhir	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	3
BAB II DATA PROYEK.....	5
2.1 Data Umum Proyek	5
2.3 Luas Bangunan	7
2.4 Jenis Kontrak.....	8
2.5 Pihak-Pihak yang Terlibat.....	8
2.6 Spesifikasi Proyek	10
BAB III ANALISA DAN HITUNGAN	14
3.1 Pendahuluan	14
3.2 Quantity Take Off.....	14
3.2.1 Pekerjaan Pondasi Borpile.....	15
3.2.2 Pekerjaan Pile Cap	21
3.2.3 Pekerjaan Balok	27
3.2.4 Pekerjaan Kolom.....	34
3.2.4 Pekerjaan Plat Lantai.....	40
3.2.5 Pekerjaan Tangga.....	49
3.2.6 Pekerjaan Shearwall	55
3.3 Rencana Anggaran Biaya.....	61
3.4 Jadwal Pelaksanaan (Time Schedule).....	67

3.5 Arus Kas (Cash Flow).....	69
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	73
4.1 Kesimpulan	73
4.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN I.....	77

DAFTAR GAMBAR

5

Gambar 2 . 1 Rusun Cipinang Jakarta Timur	5
Gambar 2 . 2 Lokasi Proyek Rusun Cipinang	7
Gambar 3 . 1 Detail Pondasi.....	16
Gambar 3 . 2 Taking Off List Beton Dan Cesing Pondasi.....	16
Gambar 3 . 3 Taking Off List Pondasi Borpile	18
Gambar 3 . 4 Taking Off List Pembesian Pondasi	19
Gambar 3 . 5 Taking Off List Sengkang Pondasi.....	20
Gambar 3 . 6 Taking Off List Volume Pekerjaan Pile Cap (beton dan bekesting).....	21
Gambar 3 . 7 Contoh Perhitungan Pekerjaan Pembesian Pile Cap	23
Gambar 3 . 8 Detail Balok Tipe B1	28
Gambar 3 . 9 Taking Off Beton & Bekesting Balok B1	28
Gambar 3. 10 Taking Off Pembesian Balok B1	30
Gambar 3,11 Detail Kolom K1	35
Gambar 3. 12 Taking Off Beton & Bekisting Kolom K1	35
Gambar 3. 13 Taking Off Pembesian Kolom K1	37
Gambar 3. 15 Taking Off Beton & Bekisting Plat S1	41
Gambar 3. 16 Taking Off Pembesian Plat S1	43
Gambar 3 . 17 Detail Tangga Tipe A.....	49
Gambar 3. 18 Taking Off Beton & Bekisting Tangga Tipe A	49
Gambar 3 . 1 8 Sketsa Anak Tangga Tipe A.....	51
Gambar 3. 20 Taking Off Pembesian Tangga Tipe A	53
Gambar 3 . 21 Detail Corewall Tipe W1	56
Gambar 3.22 Taking Off Pembesian Shearwall Tipe W1	56
Gambar 3. 23 Taking Off Pembesian Corewall Tipe W1.....	58

Gambar 3.24 Rekapitulasi Volume Pekerjaan	61
Gambar 3.26 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Beton	63
Gambar 3. 27 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bekisting Kolom	64
Gambar 3. 28 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pembesian 10 kg	65
Gambar 3. 29 Rencana Anggaran Biaya.....	66
Gambar 3. 30 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya.....	67
Gambar 3. 31 Time Schedule	68
Gambar 3. 32 Koefisien Tenaga Kerja Pekerjaan Beton Balok	68
Gambar 3. 33 Ilustrasi Cash Flow Proyek	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Umum Proyek	6
Tabel 2.2 Luas Bangunan per Lantai	7
Tabel 2.4 Mutu Beton Struktur.....	11
Tabel 2.5 Diameter Penulangan Beton Struktur Proyek Rusun Cipinang	12

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri konstruksi menjadi salah satu sektor usaha yang menyumbangkan pertumbuhan ekonomi nasional yang cukup signifikan. Peranan penting industri konstruksi menciptakan hubungan yang luas untuk sektor - sektor ekonomi lainnya seperti industri pengolahan material, energi, keuangan dan transportasi. Dengan adanya konstruksi seperti inilah dapat mendukung gerak roda perekonomian, perindustrian dan berbagai kegiatan sosial di masyarakat dan pemerintah. Dengan mengikuti perkembangan pada dunia industri konstruksi, maka sumber daya manusia diharapkan menjadi sumber daya yang memiliki daya saing yang tinggi, sehingga menjadi cukup kompeten dan juga dapat ikut berperan dalam perkembangan industri konstruksi, hal ini juga menjadi tantangan dalam perkembangan industri konstruksi di dunia, khususnya di nusantara.

Selain itu, juga terdapat tantangan-tantangan lainnya yang cukup beragam dalam perkembangan industri konstruksi, seperti pemenuhan sumber daya alam, perkembangan teknologi dan metode pelaksanaan, batasan waktu pelaksanaan proyek serta anggaran biaya proyek, hingga isu-isu dampak konstruksi terhadap lingkungan. *Quantity Surveyor* adalah profesi yang berhubungan dengan biaya, QS berperan dalam membuat perencanaan anggaran dan juga sebagai pengendali anggaran, baik pada masa perencanaan maupun pada masa pelaksanaan proyek. Sehingga dituntut untuk mempunyai keahlian dalam perhitungan volume pekerjaan, penilaian proyek konstruksi, dan keahlian spesifik lainnya, sehingga suatu pekerjaan konstruksi dapat dijabarkan menjadi biaya estimasi yang akan dipercayakan sebagai landasan dari jalannya proyek konstruksi tersebut. Berkaitan dengan hal ini, maka disusunlah laporan Tugas Akhir dengan judul Analisa Perhitungan Biaya Pekerjaan Struktur Atas Pada proyek Rusun Cipinang Jakarta Timur yang lingkup pekerjaan struktur atas yaitu pekerjaan balok, plat lantai, kolom dan tangga.

Penyusunan laporan ini bertujuan untuk mengetahui dan memahami peranan seorang *Quantity Surveyor* dalam ruang lingkup industri konstruksi,

selain itu juga diharapkan memiliki kemampuan dalam menganalisa gambar rencana dan melakukan perhitungan pada beberapa elemen pekerjaan, serta melakukan perhitungan detail estimate yang terdiri dari perhitungan volume pekerjaan, rencana anggaran biaya, scheduling dan cash flow

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari Tugas Akhir yaitu:

- a. Bagaimana perhitungan volume struktur atas pada proyek bangunan bertingkat tinggi?
- b. Bagaimana estimasi anggaran biaya berdasarkan volume pekerjaan yang dihitung?
- c. Bagaimana penyusunan *Time Schedule* berdasarkan persentase bobot volume & metode kerja?
- d. Bagaimana penyusunan *Cash Flow* berdasarkan *Time Schedule* yang disusun?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari Tugas Akhir yaitu:

- a. Menghitung volume pekerjaan struktur proyek bangunan bertingkat tinggi.
- b. Mengestimasi anggaran biaya berdasarkan volume pekerjaan yang dihitung.
- c. Menyusun *Time Schedule* berdasarkan persentase bobot volume & metode kerja.
- d. Menyusun *Cash Flow* berdasarkan *Time Schedule* yang disusun.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari pengerjaan Tugas Akhir ini yaitu menambah wawasan sebagai seorang *Quantity Surveyor* yang mempunyai keahlian dalam perhitungan estimasi baik perhitungan volume, rencana anggaran biaya, maupun *scheduling* serta dalam mengelola aliran kas (*cash in* dan *cash out*) dalam suatu proyek.

Quantity Surveyor harus mempunyai ketelitian dalam melakukan perhitungan. Serta dapat meningkatkan kemampuan menghitung kuantitas pekerjaan untuk bangunan bertingkat.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan Masalah pada Tugas Akhir ini adalah:

- a. Proyek yang akan dihitung adalah proyek Rusun Cipinang Jakarta Timur Pembahasan dibatasi pada pekerjaan struktur lantai basement 1 hingga lantai atap adalah berupa pekerjaan balok, plat lantai, kolom. dan tangga.
- b. Hasil perhitungan nantinya akan dilanjutkan kepada analisa harga satuan pekerjaan, rencana anggaran biaya, hingga scheduling dan cashflow pada proyek Rusun Cipinang.
- c. Analisa yang dipakai adalah analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) SNI Tahun 2017 dan untuk harga upah dan bahan memakai harga upah dan bahan Provinsi Jawa barat tahun 2020

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Tugas Akhir terdiri dari 4 bab dengan rincian sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah serta sistematika penulisan laporan dari Tugas Akhir.

BAB II : DATA PROYEK

Berisi penjelasan mengenai informasi umum seputar proyek Rusun Cipinang Jakarta Timur meliputi nama proyek, lokasi, luas bangunan, kontrak yang digunakan, pihak yang terlibat, serta spesifikasi teknis dari proyek tersebut.

BAB III : PERHITUNGAN DAN ANALISA

Berisi penguraian pokok masalah yang telah disusun pada rumusan masalah, yaitu perhitungan volume struktur atas, rencana anggaran biaya, jadwal

pelaksanaan, dan arus kas dari proyek Rusun Cipinang. Proses perhitungan dilakukan menggunakan Microsoft Excel dan akan dijadikan lampiran pada laporan.

BAB IV : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari hasil perhitungan dan analisa yang disusun pada bab III serta saran yang dapat diberikan terkait hal tersebut.

BAB II DATA PROYEK

2.1 Data Umum Proyek

Proyek Pembangunan Rusun Cipinang Jakarta Timur berlokasi di JL.Cipinang pulo, kel, Cipinang Besar Utara Kec.Jatinegara – Jakarta Timur. Rusun Cipinang menggunakan dana APBD dengan total nilai Rp 363 miliar untuk pekerjaan tahun 2019-2022 dan," kata Kepala Dinas PRKP DKI Jakarta Sarjoko, di Jakarta, Kamis (18/8/2022).

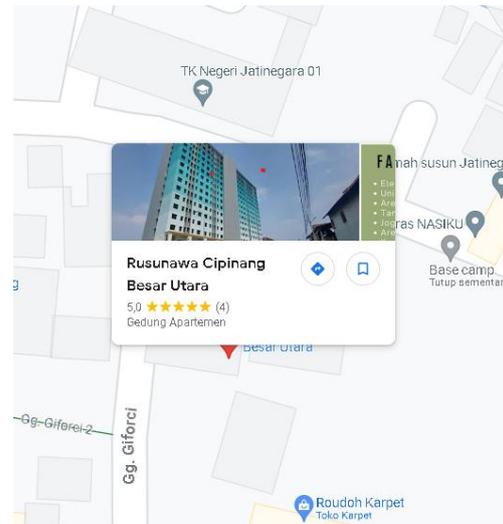


Gambar 2 . 1 Rusun Cipinang Jakarta Timur

Perumahan Rusun Cipinang ini, merupakan unit hunian mandiri untuk menampung masyarakat dan mengurangi dampak dari meledaknya jumlah penduduk di Jakarta Selatan . Terdiri dari satu menara, memiliki 16 lantai. Total terdapat 239 unit, yang terdiri dari 238 unit hunian tipe 36 dan satu unit hunian difabel beserta sarana prasarannya.

Tabel 2.1 Data Umum Proyek

a.	Nama Proyek	=	Rusun Cipinang Jakarta Timur
b.	Lokasi Proyek	=	JL.Cipinang pulo, kel, Cipinang Besar Utara Kec.Jatinegara – Jakarta Timur.
c.	Harga Kontrak	=	Rp. 363.000.000.000
d.	Luas Lahan	=	2.423 m ²
e.	Gross Floor Area	=	15,081 m ²
f.	Owner	=	PUPR DKI Jakarta
g.	Konsultan Manajemen Kontruksi	=	PT. CAKRA MANGGILINGAN JAYA
h.	KONTRAKTOR DESIGN AND BULD	=	PT. WIKA
i.	Masa Konstruksi	=	24 bulan
j.	Jenis Kontrak	=	<i>Lump Sum fixed price</i>
k.	Metode Pembayaran Progres	=	<i>Monthly Progress</i>
l.	Masa Pemeliharaan	=	<i>Multi year</i>
m.	Denda Keterlambatan	=	0,01% dari nilai kontrak
n.	Uang Muka	=	20% dari Nilai Kontrak
o.	Retensi	=	5% dari Nilai Kontrak



Gambar 2 . 2 Lokasi Proyek Rusun Cipinang

Proyek Perumahan Rusunawa Cipinang Besar Utara dibangun dengan bangunan 1 tower 16 lantai. Fasilitas yang diberikan berupa masjid, taman bermain anak, area parkir motor, unit usaha, halte transjakarta, air bersih, dan keamanan 24 jam.

2.3 Luas Bangunan

Proyek Perumahan Rusunawa Cipinang berdiri diatas lahan seluas 2.423 m² dan memiliki total luas bangunan sebesar 15,081 m². Terdiri dari 16 lantai, dan memiliki beberapa lantai yang tipikal, Dan yang akan dihitung pada laporan ini yaitu pekerjaan struktur dari lantai 1 hingga lantai atap, dengan total lantai yaitu 16 lantai serta luas bangunan sebesar 15.081 Sedangkan untuk tinggi rata2 setiap lantai yaitu 2,9 meter dari atas permukaan plat lantai ke atas permukaan plat lantai selanjutnya.

Tabel 2.2 Luas Bangunan per Lantai

No.	Lantai	Luas (m2)
1	Lantai 1	1,236
2	Lantai 2	1,236

3	Lantai 3	1,236
4	Lantai 4	1,236
5	Lantai typical 5-8	3,632
6	Lantai typical 9-12	3,632
7	Lantai typical 13-16	2,724
9	Lantai Atap	908
10	Lantai atap 2	477
Total		15,081

2.4 Jenis Kontrak

Menurut Seng Hasen (2017) menyatakan bahwa “kontrak konstruksi merupakan kesepakatan tertulis antara para pihak yang terlibat dalam suatu proyek konstruksi. Kontrak konstruksi bertujuan agar semua pihak yang terlibat haruslah sepakat dan menjadikan kontrak konstruksi sebagai instrumen untuk mencapai tujuan bersama. Selain itu, kontrak konstruksi tersebut juga dapat meminimalisir timbulnya sengketa selama pelaksanaan proyek konstruksi.”

Jenis kontrak yang digunakan pada Rusun Cipinang adalah *lump sum fixed price*. Kontrak tersebut memiliki karakteristik dimana seluruh kuantitas pekerjaan, harga satuan serta anggaran biaya telah disepakati. Harga tersebut tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan dipasaran yang disebabkan fluktuasi nilai rupiah terhadap valuta asing, kebijakan pemerintah dibidang moneter, kenaikan harga bahan bakar, serta sebab-sebab lainnya. Selain itu jadwal pelaksanaan juga telah disepakati di awal. Sehingga semua resiko yang mungkin terjadi selama proses penyelesaian pekerjaan menjadi tanggung jawab kontraktor sepanjang gambar dan spesifikasi tidak berubah. (SPK Proyek, 2017)

2.5 Pihak-Pihak yang Terlibat

Terdapat beberapa pihak yang terlibat dalam pembangunan proyek Rusun Cipinang Jakarta Timur yaitu:

1. Pemilik Proyek (*Owner*)

Menurut Abrar Husen (2009) menyatakan bahwa “pemilik proyek merupakan individu maupun instansi yang memiliki proyek, memiliki dana, serta memberikan tugas kepada seseorang atau perusahaan yang memiliki keahlian dan pengalaman dalam melaksanakan proyek tersebut.” Dalam studi kasus ini, pemilik proyek Rusun Cipinang Tangerang adalah PUPR DKI JAKARTA yang merupakan perusahaan properti terbesar di Indonesia berdasarkan asset dan pendapatan. Secara umum kewajiban pemilik proyek, yaitu:

- a. Menyediakan gambar serta penjelasan seputar data-data terkait pembangunan proyek.
- b. Memberi instruksi kerja, arahan serta keputusan selama pembangunan proyek.
- c. Menyampaikan secara tegas dan tertulis apabila terdapat perubahan yang dikehendaki kepada kontraktor.
- d. Membayar imbalan atas jasa yang dikerjakan kontraktor.

2. Kontraktor

Menurut Abrar Husen (2009) menyatakan bahwa “kontraktor merupakan individual atau perusahaan yang telah dipilih dan disetujui untuk melaksanakan pekerjaan konstruksi yang telah direncanakan.” Pada Proyek Rusun Cipinang kontraktor yang terpilih untuk melaksanakan pekerjaan konstruksi yaitu PT.WIKA Terdapat beberapa kewajiban perusahaan tersebut selaku kontraktor, yaitu:

- a. Melaksanakan proyek konstruksi sesuai dengan gambar dan spesifikasi yang diperoleh serta waktu yang telah ditetapkan.
- b. Memenuhi panggilan rapat koordinasi dari pemilik proyek
- c. Memberi informasi seputar progres pekerjaan yang telah diselesaikan beserta hambatan yang ditemui selama pelaksanaan.
- d. Bertanggungjawab atas hasil pelaksanaan konstruksi sesuai dengan yang telah disepakati.

3. Konsultan Perencana

Menurut Abrar Husen (2009) menyatakan bahwa “konsultan perencana merupakan individu atau perusahaan yang ditunjuk dan bertanggung jawab dalam merancang proyek tersebut agar sesuai dengan keinginan pemilik proyek, melakukan perubahan rancangan apabila desain tidak memungkinkan untuk diwujudkan, dan bertanggungjawab terhadap hasil rancangan apabila terjadi kegagalan konstruksi.” Pada Proyek Rusun Cipinang Jakarta Timur konsultan perencana yang terpilih untuk membuat perencanaan pada lingkup pekerjaan struktur, arsitektur dan mekanikal elektrikal yaitu

4. Konsultan Manajemen Konstruksi

Merupakan pihak yang akan mewakili pemilik proyek dalam mengelola proyek sejak awal konstruksi hingga proyek rampung, mengkoordinasikan berbagai SDM pada proyek agar mampu bekerja secara efektif, dan sebagainya PT. Cakra Manggilangan. yang ditunjuk sebagai konsultan manajemen konstruksi pada proyek tersebut.

2.6 Spesifikasi Proyek

Dalam mencapai suatu kualitas produk pada industri jasa konstruksi tentu tidak terlepas dari terpenuhinya kualitas dari elemen / material yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Sementara itu, spesifikasi dapat diartikan sebagai uraian mengenai persyaratan dari suatu barang / material. Pada jasa konstruksi dikenal istilah spesifikasi teknis yang berguna bagi pihak penyedia jasa maupun pihak logistik dalam memahami keinginan penyedia jasa dalam rangka memenuhi mutu proyek yang ingin dicapai. Pada komponen struktur atas Proyek Rusun Cipinang Jakarta Timur memiliki spesifikasi pada setiap item kerja dengan rincian sebagai berikut:

1. Beton

Menurut (SNI 2847;2013) beton merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (admixture). Terdapat beberapa istilah dalam

penyebutan karakteristik mutu beton yang menyatakan kekuatan tekan pada bidang permukaan beton tersebut. Pada Rusun Cipinang Jakarta Timur menggunakan istilah mutu beton f_c' .

Menurut peraturan terbaru (SNI 03-2847-2002) istilah mutu f_c ialah perhitungan kuat tekan beton dalam satuan mpa/megapascal (N/mm²). Pengujian pada mutu beton f_c menggunakan benda sample silinder diameter 15 cm x tinggi 30 cm. Terdapat beragam mutu beton yang digunakan pada setiap elemen struktur Rusun Cipinang Jakarta Timur .

Tabel 2.3 Mutu Beton Struktur

No	Elemen Struktur	Mutu Beton
A.	Struktur Atas	
	Pondasi Borpile	$f_c' = 30$ Mpa
	Pile Cap	$f_c' = 30$ Mpa
B.	Struktur Atas	
1	Kolom	
	Lantai 1-12	$f_c' = 40$ Mpa
	Lantai 12 – Lantai Atap	$f_c' = 30$ Mpa
2.	<i>Sheer Well</i>	
	Lantai. 1 - 12	$f_c' = 30$ Mpa
	Lantai. 12 - Lantai Atap	$f_c' = 40$ Mpa
3.	Balok	
	Lantai. 1- Lantai Atap	$f_c' = 30$ Mpa
4.	Plat	
	Lantai. 1- Lantai Atap	$f_c' = 30$ Mpa
5.	Tangga	
	Lantai. 1- Lantai Atap	$f_c' = 30$ Mpa

Melalui tabel 2.3 dapat diketahui bahwa pada mutu beton di setiap pekerjaan struktur sama. Semakin tinggi level lantai, maka mutu beton lebih kecil dari lantai sebelumnya. Penggunaan masing-masing mutu beton dikelompokkan berdasarkan posisi lantai yang tipikal.

2. Besi

Berdasarkan tabel 2.3 pada elemen struktur atas proyek Rusun Cipinang Jakarta Timur menggunakan dua macam besi beton yaitu besi polos dan ulir. Menurut (Achmadi, 2019) menyatakan bahwa perbedaan antara besi polos dengan besi ulir terdapat pada bagian penampangannya, besi polos mempunyai penampang bundar dengan permukaan yang lumayan licin sedangkan besi ulir mempunyai bentuk permukaan berupa sirip melintang maupun rusuk memanjang dengan pola tertentu.

Tabel 2.5 Diameter Penulangan Beton Struktur Proyek Rusun Cipinang

No	Elemen Struktur	Mutu Besi
A	Struktur Bawah	
1	Pondasi Borpile	D10
		D13
		D16
		D22
2	Pile Cap	D13
		D22
		D25
B	Struktur Atas	
1.	Balok	D10
		D16
		D19
		D22

2.	Kolom	D13
		D19
		D22
3.	Plat Lantai	D10
		D13
		D16
5.	Tangga	
		D10
		D13
		D16

Biasanya besi polos ditandai dengan simbol Θ sedangkan besi ulir menggunakan simbol D untuk menyatakan besar diameter dari besi tersebut. Setiap jenis besi yang digunakan pada proyek Rusun Cipinang memiliki beragam diameter besi tulangan dengan ketentuan mutu tulangan, yaitu $f_y = 420$ MPa untuk besi $\geq D10$ dan juga $f_y = 240$ MPa untuk besi $\leq \Theta 8$.

3. Bekisting

Bekisting merupakan alat penunjang yang digunakan sebagai cetakan saat menuangkan serta memberi bentuk pada beton. Rusun Cipinang Jakarta Timur menggunakan sistem bekisting konvensional dimana terdapat beberapa material penyusun bekisting, yaitu *plywood* tebal 9 mm, kayu kelas III, balok kayu kelas II, dolken kayu diameter 8-10cm, paku, serta minyak bekisting.

BAB III

ANALISA DAN HITUNGAN

3.1 Pendahuluan

Proyek pembangunan pada bidang konstruksi merupakan salah satu faktor penting dalam pengembangan suatu daerah. Adapun tahapan dalam suatu proyek konstruksi secara umum adalah tahapan perencanaan (*planning*), tahap pelaksanaan (*acting*), dan tahap pengawasan (*supervising*). Pada tahap perencanaan inilah seorang *quantity surveyor* (QS) bekerja.

Sebagai seorang *quantity surveyor*, pemahaman terhadap konsep, fakta, dan informasi yang diperoleh dari berbagai pengalaman maupun pendidikan menjadi modal awal untuk menjalankan peranan *quantity surveyor*. Ada beberapa kompetensi di bidang pengetahuan yang harus dipenuhi oleh seorang *quantity surveyor* adalah mengenai metode-metode konstruksi, mengenai produktivitas, prinsip-prinsip umum teknik konstruksi, mengenai material konstruksi mengenai proses tender, dan mengenai perjanjian atau kontrak konstruksi.

Pada bab ini akan diuraikan hasil *quantity take off*, Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), Rencana Anggaran Biaya (RAB), *time schedule* pelaksanaan, serta laporan arus kas (*cashflow*) dari pekerjaan struktur atas lantai 1- roof top pada proyek Perumahan Rusun Cipinang Jakarta Timur . Data yang digunakan sebagai acuan dalam penyusunan Analisa Harga Satuan yaitu berdasarkan PERMEN PUPR No.28 Tahun 2016, serta harga satuan material dan upah Kota Bekasi tahun 2021.

3.2 Quantity Take Off

Kegiatan mengambil ukuran suatu elemen pekerjaan dari dokumen gambar disebut dengan *taking-off*. Ukuran yang diambil tersebut kemudian dimasukkan ke dalam sebuah formulir (*dimension paper*). Setelah ukuran-ukuran dari suatu elemen pekerjaan dimasukkan ke dalam formulir, langkah berikutnya adalah *squaring*, yaitu kegiatan menghitung satuan dari ukuran yang telah diambil dari proses *taking-off*. Setelah satuan untuk setiap elemen pekerjaan dilakukan (*squaring*), selanjutnya

quantity surveyor akan melakukan *abstracting*, yaitu kegiatan merekap semua elemen yang telah dihitung.

Pekerjaan struktur atas yang akan dihitung meliputi beberapa elemen, yaitu Kolom, Balok, Plat lantai, Core wall dan tangga. Perhitungan volume dilakukan menggunakan format *taking off* yang disusun menggunakan Microsoft Excel.

3.2.1 Pekerjaan Pondasi Borpile

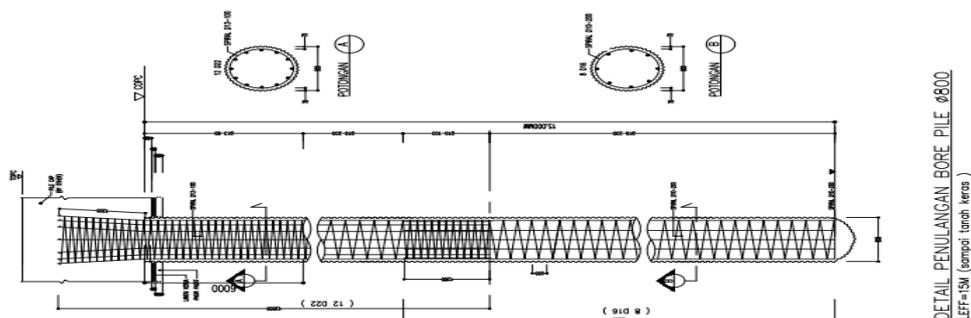
Metode pengambilan ukuran yang digunakan pada perhitungan volume proyek Rusun Cipinang adalah sebagai berikut :

3.2.1.1 Metode Perhitungan Pondasi

Pengambilan tinggi pekerjaan Pondasi yaitu dari bawah lantai dasar ke lantai dasar atau digambar detail pondasi selanjutnya (*floor to floor*) yang bervariasi. Perhitungan volume beton pondasi dilakukan dalam satuan m^3 yang terdiri dari hasil kali kedalaman pondasi \times volume lingkaran \times banyaknya titik pondasi . Kemudian perhitungan casing pondasi dilakukan dalam satuan m^1 yang diperoleh dari dalam pondasi \times banyak titik pondasi . Sedangkan untuk perhitungan volume besi utama menerus pondasi dilakukan dalam satuan kilogram (kg) yang diperoleh dari kedalaman pondasi lalu ditambah *bending* sepanjang (2×6 diameter besi) \times jumlah pondasi \times . Setelah diperoleh panjang total besi, kemudian dikali dengan berat jenis sesuai dengan diameter besi yang digunakan.

3.2.1.2 Contoh Perhitungan Volume Pondasi

Pondasi adalah bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menepatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya differential settlement pada sistem strukturnya. Berikut contoh detail dari detail pondasi.



a. Pekerjaan Beton Pondasi

Pengambilan tinggi pekerjaan pondasi yaitu dari kedalaman pondasi selanjutnya (*floor to floor*) yang tingginya bervariasi. Perhitungan volume beton kolom dilakukan dalam satuan m³ yang diperoleh dari rumus:

$$\text{Volume Beton Pondasi} = \text{Kedalaman Pondasi} \times \text{Volume Lingkaran} \times \text{Jumlah Pondasi}$$

Berikut contoh perhitungan volume beton pondasi berdasarkan data pada Gambar 3.2 :

$$\begin{aligned} \text{Volume Beton Pondasi} &= 15 \text{ m} \times 3,14 \times 0,4^2 \times 124 \text{ titik pondasi} \\ &= 934,46 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Pekerjaan cesing pondasi

$$\text{Volume Cesing Pondasi} = \text{Kedalaman Pondasi} \times \text{Banyaknya Pondasi}$$

Perhitungan Cesing pondasi dilakukan dalam satuan m¹ yang diperoleh dari Kedalaman Pondasi × Banyaknya Pondasi

Berikut contoh perhitungan volume Cesing Pondasi tipe berdasarkan data pada Gambar 3.2 :

$$\begin{aligned} \text{Volume Cesing Pondasi} &= 124 \times 15 \\ &= 1.860 \text{ m}^1 \end{aligned}$$

4. PEMESIAN BORE PILE							
a. Tulangan Utama ØD16							
banyak pondasi	=	1					
thik pondasi	=	124					
banyak tulangan	=	8					
Pemesian							
Tulangan Pokok	=	ØD16					
Tulangan Pegel	=	D10-200					
Panjang Besi Keseluruhan							
AS-AS	=	5,25		2 /	124		
add bend	=	0,19			/	1	
2X6X13	=	5,44			/	8	
		5,44			/		
						5,44	
							8522,38 KG
Berat Besi D16	=	$16 \times 16 \times 0,074$					
	=	12					
	=	1,58					
Berat Besi Total	=	Panjang Besi x Berat Besi					
	=	1065,30	kg				

Gambar 3 . 3 Taking Off List Pondasi Borpile

Pada Gambar 3.3 merupakan format perhitungan volume pemesanan dari pondasi Borpile . Adapun penjelasan mengenai tabel pemesanan Pondasi sebagai berikut:

- Jenis Besi : menyatakan semua jenis besi yang digunakan pada Pondasi.
- Jarak : menyatakan jarak antar besi dalam satuan meter.
- Dia : menyatakan diameter besi yang digunakan pada masing- masing jenis besi dalam satuan milimeter.
- Qty : menyatakan *quantity*/jumlah besi yang digunakan dalam satuan number/jumlah.
- Panjang : menyatakan panjang dari setiap jenis besi dalam satuan meter.
- Pjg Total : menyatakan akumulasi panjang total dari setiap jenis besi dalam satuan meter.

d. Pekerjaan Besi Pondasi

Secara umum perhitungan besi Pondasi dilakukan dalam satuan kilogram (kg) yang diperoleh dari hasil panjang total besi \times rumus berat jenis besi atau dapat diuraikan melalui rumus:

$$\text{Tulangan Utama} = \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Pondasi} \times \text{Berat}$$

$$\text{Jenis Besi} \left(\frac{\text{diameter} \times \text{diameter} \times 0,074}{12} \right)$$

4. PEMBESIAN BORE PILE						
a. Tulangan Utama 8D16						
banyak pondasi	=	1				
titik pondasi	=	124				
banyak tulangan	=	8				
Pembesian						
Tulangan Pokok	=	8D16				
Tulangan Begel	=	D10-200				
Panjang Besi Keseluruhan						
AS-AS	=	5,25		2 /	124	
ad3 bend	=	0,19		/	1	
2x6x16	=	5,44		/	8	
				/	8	
		5,44			5,44	
						8522,38 KG
Berat Besi D16	=	16 x 16 x 0,074				
	=	12				
	=	1,58				
Berat Besi Total	=	Panjang Besi x Berat Besi				

Gambar 3 . 4 Taking Off List Pembesian Pondasi

Berikut contoh perhitungan volume besi pada Pondasi berdasarkan data pada Gambar 3.4 :

- **Besi Utama Menerus (8D16)**
 - **Panjang Besi**
 - = Kedalaman Pondasi+(Bengkakan)
 - = 5,25m + (2 x 6 x 0.016)
 - = 5,442
 - **Panjang Total**
 - = 5,442 m × 124 Unit
 - = 674,808 m
 - **Berat Besi**
 - = (Panjang Total × bjb dia.19)
 - = 674,808 m × 1,578 kg
 - = 1064,847 kg
 - **Panjang Keseluruhan**

$$= \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Pondasi} \times \text{Berat Jenis Besi}$$

$$\left(\frac{\text{diameter} \times \text{diameter} \times 0,074}{12} \right)$$

$$= 5,442 \times 8 \times 124 \times 1,58$$

$$= 8522,38 \text{ kg}$$

c. Begel D10-200			
banyak pondasi	=	1	bh
titik pondasi	=	124	titik
AS - AS	=	5,25	M
Lebar Pondasi	=	0,80	
a. Panjang besi			
V = Rumus Lingkaran X Lebar Pondasi			
2,512			
b. Jumlah Besi			
V = (5,25m/0,2)+1	=	27,25	
	=	27	bh
Total Sengkang			
V = Pjng Besi X Jml Besi X Rumus Besi X Jmlh Pondasi	=	5186,2752	KG

Gambar 3 . 5 Taking Off List Sengkang Pondasi

- **Sengkang D10-200 Pot A**

- **Panjang Besi**

$$= \pi \times \text{dia pondasi}$$

$$= 3,14 \times 0,80$$

$$= 2,512 \text{ m}^1$$

- **Jumlah Besi**

$$= (\text{Kedalaman pondasi Pot A} - \text{Jarak Tulangan})$$

$$= 5,25 - 0,2$$

$$= 27 \text{ buah}$$

- **Panjang Total**

$$= \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Rumus Besi} \times \text{jumlah Pondasi}$$

$$= 2,512 \times 27 \times ((10 \times 10 \times 0,074) / 12) \times 124$$

$$= 67,824 \times 0,6166 \times 124$$

$$= 5186,2752 \text{ kg}$$

3.2.2 Pekerjaan Pile Cap

3.2.2.1 Metode Pengukuran Pile Cap

Pile cap adalah sebuah tapak yang biasanya dari balok beton bertulang yang menyatukan sekelompok tiang pancang dan menyebarkan beban dari struktur di atasnya. Ada beberapa fungsi pile cap antara lain sebagai berikut:

- 1) Mengikat tiang pancang
- 2) Menyebarkan beban ke bawah tiang pancang
- 3) Melayani pelimbanan beban kolom dari atas

Item pekerjaan (*taking of list*) pada pekerjaan pile cap adalah sebagai berikut:

- a. Beton
- b. Bekisting
- c. Pembesian

3.2.2.2 Contoh Perhitungan Volume Pile cap

No.	Deskripsi	DIMENSI KOLOM			Selimut beton	Jumlah	Jumlah Detail Typikal	Qty	Beton	Bekisting
		Panjang (As)(m)	Lebar (m)	Tinggi (m)					Vol. (m3)	Luas (m2)
PEKERJAAN PLAT LANTAI P1										
1	PC-2	1,60	3,60	1,30	0,03	1	24	24	179,71	301,44

Gambar 3 . 6 Taking Off List Volume Pekerjaan Pile Cap (beton dan bekesting)

Penjelasan tabel diatas:

No. = Nomor urut

Deskripsi = Type plat lantai

Panjang = Panjang pile cap (m) yang dilihat dari detail denah gambar

Lebar	= Lebar pile cap (m) yang dilihat dari detail denahgambar
Tinggi	= Tinggi pile cap (m) yang dilihat dari detail gambar
Selimum Beton	= Tebal selimum beton pile cap
Jumlah	= Jumlah type pile cap yang sama
Jumlah detail typical	= Jumlah detail pile cap yang sama (typical)
Qty (quantity)	= Hasil perkalian antara jumlah dan jumlah

A. Beton

Proses perhitungan volume beton pada pekerjaan pile cap ini dengan cara panjang dikali dengan lebar dan dikalikan dengan tinggi serta dikalikan dengan banyak tipe pile cap yang sama

$$\begin{aligned}
 \text{Beton} &= \text{Volume beton pekerjaan pile cap (m}^3\text{)} \\
 &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \times \text{Banyak} \\
 &\quad \text{pile cap yang sama (Qty)} \\
 &= 1,60 \times 3,60 \times 1,30 \times 24 \\
 &= 179,71 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

B. Bekisting

Pada volume bekisting pekerjaan pile cap didapat dari 2 dikali panjang pile cap ditambah 2 dikali lebar pile cap kemudian dikali tinggi dan dikali Jumlah poor selanjutnya ditambah luas alas poor dikurang luas pondasi dikali Jumlah poor.

$$\begin{aligned}
 \text{Bekisting} &= \text{luas bekisting (m}^2\text{)} \\
 &= ((2 \times \text{Pjg}) + (2 \times \text{Lebar}) \times \text{Tggi}) \times \text{jml Poor)} \\
 &= ((2 \times 1,6) + (2 \times 3,6) \times 1,3) \times 64 \\
 &= 301,44
 \end{aligned}$$

REINFORCEMENT BAR (PENULANGAN)												
Keterangan	Tul. Pokok		Tulangan Pokok				Berat Besi		Berat Besi	Berat Total	Rasio	
	Diameter	Jumlah	Panjang	Lokasi	Total	Berat	Bengkokan	(Kg)	(Kg)	(Kg)	Pemb.	
	(mm)	bh	m		m	kg	mm	22	25		Kg/m ³	
BESI PILE CAP ATAS												
Penulangan arah H	D22-125	30	4,34	24,00	129,45	9272,85	0,264	9272,85		9272,85	194,86	
Penulangan arah V	D22-150	12	4,34	24,00	50,68	3630,31	0,264	3630,31		3630,31		
BESI PILE CAP BAWAH												
Penulangan arah H	D22-100	37	6,34	24,00	234,73	16814,04	0,264	16814,04		16814,04		
Penulangan arah V	D22-150	12	6,34	24,00	74,01	5301,72	0,264	5301,72		5301,72		

Gambar 3 . 7 Contoh Perhitungan Pekerjaan Pembesian Pile Cap

C. Pembesian

Pada menghitung tulangan utama terlebih dahulu menentukan total panjang tulangan utama kemudian dikurang selimut beton ditambah tinggi pile cap yang dikurang selimut beton kemudian ditambah bengkokan yaitu 2 x 6 diameter, selanjutnya menentukan total banyak besi pile cap yang didapat dari type yang sama per lantai dikali jumlah lantai typical, serta mengetahui ukuran diameter yang digunakan pada tulangan utama pekerjaan pile cap. Setelah itu dapat menghitung berat total tulangan utama pada pekerjaan balok yaitu dengan cara total panjang dikali total banyak besi utama dikali total banyak type balok dikali rumus besi (tergantung diameter yang digunakan untuk tulangan utama pembesian pile cap).

Besi Pile cap Atas

(a) Tulangan Horizontal

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= \text{Panjang tulangan horizontal (m)} \\ &= (\text{Panjang} - \text{selimut beton}) + (\text{Tinggi} \\ &\text{kanan} + \text{tinggikiri} - \text{selimut beton}) + \\ &((\text{Bengkokkan})) \end{aligned}$$

	$= (1,6 - 2 \times 0,3) + (1,3 + 1,3 - 2 \times 0,3) + (2 \times 6 \times 0,022)$ $= 4,34 \text{ m}$
Diameter	= Diameter besi yang digunakan (mm) = D22-125
Jumlah	= Jumlah besi arah horizontal $= (\text{lebar} : \text{jarak besi}) + 1$ $= (3,60/0.125) + 1$ $= 30 \text{ bh}$
Lokasi	= Total banyak pile cap di dapat dari tabel Qty(jumlah lantai typical x jumlah per lantai) $= 24$
Total	= Total panjang besi keseluruhan $= \text{Jumlah} \times \text{Panjang 1 besi}$ $= 30 \times 4,34$ $= 130,2 \text{ m}$
Berat (kg)	= Volume tulangan utama pekerjaan pile cap $= \text{Panjang total (yang telah dikalikan banyak besi)} \times \text{Lokasi} \times \text{Rumus besi}$ $= 130,2 \times 24 \times 22 \times 22 \times 0,074/12$ $= 9272,85 \text{ Kg}$

(b) Tulangan Vertikal

Panjang	= Panjang tulangan vertikal (m) $= (\text{Panjang} - \text{selimut beton}) + (\text{Tinggi kanan} + \text{tinggikiri} - \text{selimut beton}) + ((\text{Bengkokkan}))$ $= (3,6 - 2 \times 0,3) + (1,3 + 1,3 - 2 \times 0,3) + (2 \times 6 \times 0,022)$
---------	---

	= 6,34 m
Diameter	= Diameter besi yang digunakan (mm) = D22-150
Jumlah	= Jumlah besi arah horizontal = (lebar : jarak besi) + 1 = (3,6/0.15) +1 = 12 bh
Lokasi	= Total banyak pile cap di dapat dari tabel Qty(jumlah lantai typical x jumlah per lantai) = 24
Total	= Total panjang besi keseluruhan = Jumlah x panjang 1 besi = 12 x 6,34 = 74,01 m
Berat (kg)	= Volume tulangan utama pekerjaan pile cap = Panjang total (yang telah dikalikan banyak besi) x Lokasi x Rumus besi = 74,01 x 34 x 22 x 22 x 0,074/12 = 5301,72 kg

1. Besi Pile cap Bawah

(c) Tulangan Horizontal

Panjang	= Panjang Tulangan Horizontal (m) = (Panjang - selimut beton) + (Tinggi kanan + tinggikiri - selimut beton) + (Bengkokkan) = (1,6 - 2x0,3) + (1,3 + 1,3 - 2x0,3) + (2 x 6 x 0,022) = 4,34 m
Diameter	= Diameter besi yang digunakan (mm) = D22-100

Jumlah = Jumlah besi arah horizontal
 $= (3,6/0.1) + 1$
 $= 37 \text{ bh}$

Lokasi = Total banyak pile cap di dapat dari tabel Qty(jumlah lantai typical x jumlah per lantai)
 $= 24$

Total = Total panjang besi keseluruhan
 $= \text{Jumlah} \times \text{panjang 1 besi}$
 $= 37 \times 4,34$
 $= 160,73 \text{ m}$

Berat (kg) = Volume tulangan utama pekerjaan pile cap
 $= \text{Panjang total (yang telah dikalikan banyak besi)} \times \text{Lokasi} \times \text{Rumus besi}$
 $= 160,73 \times 24 \times 22 \times 22 \times 0,074/12$
 $= 11513,27$

(d) Tulangan Vertikal

Panjang = Panjang tulangan vertikal (m)
 $= (\text{Panjang} - \text{selimut beton}) + (\text{Tinggi kanan} + \text{tinggikiri} - \text{selimut beton}) + ((\text{Bengkokkan}))$
 $= (3,6 - 2 \times 0,3) + (1,6 + 1,6 - 2 \times 0,3) + (2 \times 6 \times 0,022)$
 $= 6,34 \text{ m}$

Diameter = Diameter besi yang digunakan (mm)
 $= D22-150$

Jumlah = Jumlah besi arah vertikal
 $= (\text{Lebar} : \text{Jarak besi}) + 1$
 $= (1,6/0.15) + 1$
 $= 12 \text{ bh}$

Lokasi = Total banyak pile cap di dapat

	dari tabel Qty(jumlah lantai typical x jumlah per lantai)
	= 24
Total	= Total panjang besi keseluruhan
	= Jumlah x panjang 1 besi
	= 12 x 6,34
	= 74,01 m
Berat	= Volume tulangan utama pekerjaan pile cap
	= Panjang total (yang telah dikalikan banyak besi) x Lokasi x Rumus besi
	= 74,01 x 24 x 22 x 22 x 0,074/12
	= 1965,30 kg

3.2.3 Pekerjaan Balok

3.2.3.1 Metode Pengukuran Pekerjaan Balok

Dalam metode pengambilan ukuran panjang balok dibedakan menjadi dua. panjang pada pekerjaan beton dan bekisting diambil dari ukuran bersih, yaitu panjang balok diantara dua kolom yang mengapitnya. Sedangkan panjang pada pekerjaan pembesian balok diambil ukuran dari as ke as balok.

Pada perhitungan volume beton balok dilakukan dalam satuan m³ yang terdiri dari hasil kali panjang bersih balok × lebar balok × tinggi balok. Kemudian pada perhitungan volume bekisting balok terbagi menjadi 2 bagian yaitu soffit/alas balok, serta bagian sides/sisi balok. Luas bekisting soffit diperoleh dari lebar balok × panjang bersih balok, sedangkan luas bekisting sides diperoleh dari panjang bersih balok × (2 × (tinggi balok – tebal plat)). Adapun perhitungan volume besi balok dilakukan dalam satuan kilogram (kg). Pembesian balok terbagi beberapa jenis, diantaranya tulangan utama, ties horizontal, ties vertikal, sengkang, & sengkang ekstra. Masing-masing jenis besi diukur panjang totalnya kemudian dikali dengan berat jenis sesuai dengan diameter besi yang digunakan. Selimut beton pada pekerjaan balok yaitu 40 mm.

3.2.3.2 Contoh Perhitungan Volume Balok

Balok merupakan salah satu komponen struktural sebuah bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan/mentransfer beban menuju struktur kolom lalu dilanjutkan menuju ke pondasi dan berakhir ke tanah keras. Selain itu balok juga berfungsi sebagai rangka penguat horizontal bangunan. Berikut contoh detail balok tipe B1 pada lantai 1:

TYPE BALOK	B1		
LANTAI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LT. 2			
DIMENSI	200X400		
TUL. ATAS	3 D16	3 D16	3 D16
TUL. BAWAH	3 D16	3 D16	3 D16
SENGKANG	D10-200	D10-200	D10-200
T I E S	-	-	-

Gambar 3 . 8 Detail Balok Tipe B1

No.	Type Balok	Uraian	Dimensi											
			jumlah balok	panjang	less Kolom		panjang balok	dimensi balok		less slab	Beton	Bekisting		
					Ka	Ki		lebar	tinggi			Ka + Ki	Bawah	
no	m	m	m	m	m	m	m	m	m ³	m ²	m ²			
	BALOK X	LANTAI 2												
1	B1		2	2,04	0,15	0,15	1,74	0,3	0,4	0,13	0,28	1,88	1,04	

Gambar 3 . 9 Taking Off Beton & Bekisting Balok B1

Terdapat tiga item pekerjaan penyusun balok yaitu beton, bekisting, dan pembesian. Pada Tabel 3.7 merupakan format perhitungan volume beton & bekisting dari balok tipe G1. Format perhitungan volume beton dan bekisting balok

dipisahkan dengan format perhitungan besi balok. Adapun penjelasan dari Gambar 3.9 sebagai berikut :

Type balok	: merupakan jenis balok.
Uraian	: merupakan penjelasan posisi balok.
Jumlah balok	: merupakan jumlah balok yang tipikal di lantai 1.
Panjang	: merupakan ukuran bersih balok dari as ke as kolom.
Less kolom ka + ki	: merupakan pengurangan dimensi dari lebar kolom.
Panjang balok	: merupakan panjang balok bersih dari less kolom.
Tinggi dan lebar	: merupakan ukuran dari balok.
Less slab	: merupakan tebal dari slab atau plat lantai.
Bekisting ki+ka	: luas bekisting kiri ditambah kanan dan alas dan bawah

a. Pekerjaan Beton Balok

Dalam metode pengambilan ukuran panjang balok pada pekerjaan beton diambil dari ukuran bersih, yaitu panjang balok diantara dua kolom yang mengapitnya sepanjang as-as lalu dikurangkan dengan dimensi kolom yang mengapitnya. Pada perhitungan volume beton balok dilakukan dalam satuan m³ yang terdiri dari hasil kali panjang bersih balok × lebar balok × tinggi balok.

$$\text{Volume Beton Balok} = \text{Panjang Bersih Balok} \times \text{Lebar Balok} \times (\text{Tinggi Balok} - \text{tinggi slab}) \times \text{Jumlah Balok} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal}$$

Berikut contoh perhitungan volume beton balok tipe B1 pada lantai 1 berdasarkan data pada Gambar 3.9 :

$$\begin{aligned}\text{Volume Beton Balok} &= 2,04 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times (0,40 - 0,13 \text{ m}) \times 2 \text{ balok} \times 1 \text{ lantai} \\ &= 0,28 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b. Pekerjaan Bekisting Balok

$$\text{Volume Bekisting Soffit} = \text{Lebar Balok} \times \text{Panjang Bersih} \times \text{Jumlah Balok} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal}$$

$$\text{Volume Bekisting Sides} = (2 \times (\text{Tinggi} - \text{lees slab}) \times \text{Panjang Bersih} \times \text{Jumlah Balok} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal}$$

Perhitungan volume bekisting balok terbagi menjadi 2 bagian yaitu *soffit*/alas balok, serta bagian *sides*/sisi balok. Perhitungan volume dilakukan dalam satuan m². Berikut contoh perhitungan volume bekisting balok tipe B1 pada lantai 2 berdasarkan data pada Tabel 3.7 :

$$\begin{aligned} \text{Volume Bekisting Soffit} &= 0,30 \text{ m} \times 1,74 \text{ m} \times 2 \text{ balok} \times 1 \text{ lantai} \\ &= 1,88 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Bekisting Sides} &= (2 \times (0,30 - 0,13 \text{ m}) \times 1,74 \text{ m} \times 2 \text{ balok} \times 1 \\ &\text{lantai} \\ &= 1,04 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

PEMBESIAN									
Jenis Besi						Berat B			
						8	10	13	16
						0,395	0,617	1,042	1,579
UTAMA									
Menerus Atas	16,00		3	2,23	13,39	0,00	0,00	0,00	21,14
Menerus Bawah	16,00		3	2,23	13,39	0,00	0,00	0,00	21,14
Tumpuan Kiri Atas						0,00	0,00	0,00	0,00
Tumpuan Kiri Bawah						0,00	0,00	0,00	0,00
Tumpuan Kanan Atas						0,00	0,00	0,00	0,00
Tumpuan Kanan Bawah						0,00	0,00	0,00	0,00
Lapangan Atas						0,00	0,00	0,00	0,00
Lapangan Bawah						0,00	0,00	0,00	0,00
Peminggang						0,00	0,00	0,00	0,00
Peminggang tambahan						0,00	0,00	0,00	0,00
	Jarak	Dia.	Qty	Pjg	Total (m')	0,00	0,00	0,00	0,00
TIES HORIZONTAL									
Tumpuan Kiri						0,00	0,00	0,00	0,00
Tumpuan Kanan						0,00	0,00	0,00	0,00
Lapangan						0,00	0,00	0,00	0,00
TIES VERTIKAL									
Tumpuan Kiri						0,00	0,00	0,00	0,00
Tumpuan Kanan						0,00	0,00	0,00	0,00
Lapangan						0,00	0,00	0,00	0,00
SENGKANG									
Tumpuan	0,20	10,00	4	1,52	12,16	0,00	7,50	0,00	0,00
Lapangan	0,20	10,00	5	1,52	15,20	0,00	9,37	0,00	0,00

Gambar 3. 10 Taking Off Pembesian Balok B1

Pada Gambar 3.10 merupakan format perhitungan volume pembesian dari balok tipe B1. Adapun penjelasan mengenai tabel pembesian balok tipe B1 sebagai berikut :

- Jenis Besi : menyatakan semua jenis besi yang digunakan pada balok tipe B1.
- Jarak : menyatakan jarak antar besi dalam satuan meter.
- Dia : menyatakan diameter besi yang digunakan pada masing- masing jenis besi dalam satuan milimeter.
- Qty : menyatakan *quantity*/jumlah besi yang digunakan dalam satuan number/jumlah.
- Panjang : menyatakan panjang dari setiap jenis besi dalam satuan meter.
- Total : menyatakan akumulasi panjang total dari setiap jenis besi dalam satuan meter.
- Berat Besi : menyatakan akumulasi berat besi yang dikelompokkan berdasarkan diameter besi, serta dinyatakan dalam satuan kilogram (kg).

c. Pekerjaan Besi Balok

Pengukuran panjang untuk besi tulangan utama balok yaitu dari as ke as kolom yang mengapitnya/panjang full. Secara umum perhitungan besi balok dilakukan dalam satuan kilogram (kg) yang diperoleh dari hasil panjang total besi × rumus berat jenis besi atau dapat diuraikan melalui rumus:

$$\text{Volume Besi Balok} = \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Balok} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal} \times \text{Berat Jenis Besi} \left(\frac{\text{diameter} \times \text{diameter} \times 0,074}{12} \right)$$

Berikut contoh perhitungan volume setiap besi pada balok tipe B1 lantai 1 berdasarkan data pada Tabel 3.10 :

- **Besi Menerus Atas**

- **Panjang Besi**

- = (Panjang As-As + 2 Bengkokan)

- = 2,04 m + (2 × 6 × 16/1000)

- = 2,23 m

- **Jumlah Besi**

- = 3 buah

- **Berat Besi**

- = (Panjang Besi × Jumlah Besi × Jumlah Balok × Jumlah Lantai
Tipikal × Bjb dia.16)

- = 2,23 m × 3 besi × 2 balok × 1 lantai × 1,579

- = 21,14 kg.

- **Besi Menerus Bawah**

- **Panjang Besi**

- = (Panjang As-As + 2 Bengkokan)

- = 2,04 m + (2 × 6 × 16/1000)

- = 2,23 m

- **Jumlah Besi**

- = 3 buah

- **Berat Besi**

- = (Panjang Besi × Jumlah Besi × Jumlah Balok × Jumlah Lantai
Tipikal × Bjb dia.16)

- = 2,23 m × 3 besi × 2 balok × 1 lantai × 1,579

- = 21,14 kg.

- **Panjang Besi**

- = (Panjang As-As + 2 Bengkokan)

- = 6,6 m + (2 × 6 × 25/1000)

- = 6,90 m

- **Jumlah Besi**

$$= 2 \text{ buah}$$

– **Berat Besi**

$$= (\text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Balok} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal} \times \text{Bjb dia.25})$$

$$= 6,90 \text{ m} \times 2 \text{ besi} \times 2 \text{ balok} \times 1 \text{ lantai} \times 3,854$$

$$= 106,37 \text{ kg.}$$

• **Besi Sengkang Tumpuan**

– **Panjang Besi**

$$= ((\text{Lebar} - 2 \text{ Selimut Beton}) + (\text{Tinggi} - 2 \text{ Selimut Beton})) \times 2 + (2 \text{ bengkokan})$$

$$= ((0,3 - 0,04 \times 2) + (0,4 - 0,04 \times 2)) \times 2 + (2 \times 6 \times 10 / 1000)$$

$$= 1,52 \text{ m}$$

– **Jumlah Besi**

$$= (\frac{1}{4} \times \text{panjang full} / \text{jarak}) \times 2$$

$$= (\frac{1}{4} \times 2,04 \text{ m} / 0,200) \times 2$$

$$= 4 \text{ buah}$$

– **Berat Besi**

$$= (\text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Balok} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal} \times \text{Bjb dia.10})$$

$$= 1,52 \times 4 \text{ besi} \times 2 \text{ balok} \times 1 \text{ lantai} \times 2 \text{ tumpuan} \times 0,617$$

$$= 7,50 \text{ kg.}$$

• **Besi Sengkang Lapangan**

– **Panjang Besi**

$$= ((\text{Lebar} - 2 \text{ Selimut Beton}) + (\text{Tinggi} - 2 \text{ Selimut Beton})) \times 2 + (2 \text{ bengkokan})$$

$$= ((0,3 - 0,04 \times 2) + (0,4 - 0,04 \times 2)) \times 2 + (2 \times 6 \times 10 / 1000)$$

$$= 1,52 \text{ m}$$

– **Jumlah Besi**

$$= (\frac{1}{2} \times \text{panjang full} / \text{jarak}) + 1$$

$$= (\frac{1}{2} \times 2,04 \text{ m} / 0,200) + 1$$

$$= 5 \text{ buah}$$

– **Berat Besi**

$$= (\text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Balok} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal} \times \text{Bjb dia.10})$$

$$= 1,52 \text{ m} \times 5 \text{ besi} \times 2 \text{ balok} \times 1 \text{ lantai} \times 0,617$$

$$= 9,37 \text{ kg.}$$

3.2.4 Pekerjaan Kolom

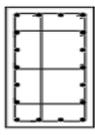
Metode pengambilan ukuran yang digunakan pada perhitungan volume proyek Perumahan Rusun Cipinang Jakarta Timur adalah sebagai berikut :

3.2.4.1 Metode Perhitungan Kolom

Pengambilan tinggi pekerjaan kolom yaitu dari atas lantai ke atas lantai selanjutnya (floor to floor) yang bervariasi. Perhitungan volume beton kolom dilakukan dalam satuan m^3 yang terdiri dari hasil kali tinggi kolom \times panjang kolom \times lebar kolom. Kemudian perhitungan bekisting kolom dilakukan dalam satuan m^2 yang diperoleh dari tinggi kolom \times keliling penampang kolom ($2 \times (\text{panjang kolom} + \text{lebar kolom})$). Sedangkan untuk perhitungan volume besi utama menerus kolom dilakukan dalam satuan kilogram (kg) yang diperoleh dari tinggi kolom kemudian ditambah dengan over lapping sebesar ($40 \times \text{diameter besi}$) lalu ditambah bending sepanjang ($2 \times 6 \text{ diameter besi}$) \times jumlah kolom tipikal \times jumlah lantai tipikal. Setelah diperoleh panjang total besi, kemudian dikali dengan berat jenis sesuai dengan diameter besi yang digunakan. Adapun tebal selimut beton pada pekerjaan kolom yaitu sebesar 30 mm.

3.2.4.2 Contoh Perhitungan Volume Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996). Berikut contoh detail dari kolom tipe k1 pada lantai 1

LANTAI 4 ↑ LANTAI 1	40			DIMENSI	400X800	
				TULANGAN	18 D19	
				SENGKANG	X	2.5 D13-100
					Y	1.5 D13-100
				T I E S	X	
Y						

Gambar 3,11 Detail Kolom K1

No.	Type Kolom	Dimensions							Beton (m3)	Bekisting (m2) Soffit
		Jumlah Kolom TIPIKAL	Posisi Kolom	Jumlah Lantai	Tinggi Lantai	Panjang Kolom	Lebar Kolom			
		(No.)	(Floor Level)	(No.)	(m)	(m)	(m)			
1	K1	19	LANTAI 1	1	3,62	0,4	0,8	22,0096	165,072	

Gambar 3. 12 Taking Off Beton & Bekisting Kolom K1

Terdapat tiga item pekerjaan penyusun kolom yaitu beton, bekisting, dan pembesian. Pada Gambar 3.12 merupakan format perhitungan volume beton & bekisting dari kolom tipe k1. Format perhitungan volume beton dan bekisting kolom dipisahkan dengan format perhitungan besi kolom. Adapun penjelasan dari Gambar 3.12 sebagai berikut:

- Type Kolom : menyatakan jenis kolom yang akan dihitung pada gambar.
- Jumlah Kolom : menyatakan jumlah kolom dengan tipe yang sama pada setiap lantai dalam satuan *number/jumlah*.
- Posisi Kolom : menyatakan posisi lantai dari tipe kolom yang dihitung.
- Jumlah Lantai : menyatakan jumlah lantai disetiap segmen

- Tinggi Lantai : menyatakan tinggi setiap lantai atau dapat juga menunjukkan ketinggian tipe kolom yang dihitung dalam satuan meter.
- Panjang Kolom : menyatakan dimensi panjang dari tipe kolom yang dihitung dalam satuan meter.
- Lebar Kolom : menyatakan dimensi lebar dari tipe kolom yang dihitung dalam satuan meter.
- Beton : menyatakan volume perhitungan beton dari tipe kolom yang dihitung dalam satuan m³.
- Bekisting : menyatakan volume perhitungan bekisting dari tipe kolom yang dihitung dalam satuan m².

a. Pekerjaan Beton Kolom

Pengambilan tinggi pekerjaan kolom yaitu dari atas lantai ke atas lantai selanjutnya (*floor to floor*) yang tingginya bervariasi. Perhitungan volume beton kolom dilakukan dalam satuan m³ yang diperoleh dari rumus:

$$\text{Volume Beton Kolom} = \text{Panjang Kolom} \times \text{Lebar Kolom} \times \text{Tinggi Kolom} \times \text{Jumlah Kolom} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal}$$

Berikut contoh perhitungan volume beton kolom tipe K1 pada lantai 1 berdasarkan data pada Tabel 3.9 :

$$\begin{aligned} \text{Volume Beton Kolom} &= 0,40 \text{ m} \times 0,80 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 19 \text{ titik kolom} \times 1 \text{ lantai} \\ &= 22,00 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Pekerjaan Bekisting Kolom

Perhitungan bekisting kolom dilakukan dalam satuan m² yang diperoleh dari tinggi kolom × keliling penampang kolom atau dapat diuraikan melalui rumus:

$$\text{Volume Bekisting Kolom} = \text{Keliling Penampang Kolom} (2 \times (\text{Panjang} + \text{Lebar})) \times \text{Tinggi Kolom} \times \text{Jumlah Kolom} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal}$$

Berikut contoh perhitungan volume bekisting kolom tipe K1 pada lantai 1 berdasarkan data pada Tabel 3.9 :

$$\begin{aligned} \text{Volume Bekisting Kolom} &= (2 \times (0,40 \text{ m} + 0,80 \text{ m})) \times 3,62 \text{ m} \times 19 \text{ titik} \\ &\quad \text{kolom} \times 1 \text{ lantai} \\ &= 165,07 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

PEMBESIAN										
Detail						Berat Besi (kg)				
Jenis Besi	Jarak (m)	Dia. (mm)	Qty (no)	Panjang (m)	Pjg Total (m)	8	10	13	16	19
						0,395	0,617	1,042	1,579	2,226
TULANGAN UTAMA		19	18	4,38	1497,96					3334,71
Sengkang										
x	0,1	13	93	0,56	982,45			1023,88		
y	0,1	13	56	0,96	1013,55			1056,29		

Gambar 3. 13 Taking Off Pembesian Kolom K1

Pada Gambar 3.13 merupakan format perhitungan volume pembesian dari kolom tipe K1 pada lantai 1. Gambar 3.13 memiliki kemiripan dengan Gambar 3.12 pada bagian type kolom sampai lebar kolom dan telah dijelaskan pada uraian Gambar 3.13. Adapun penjelasan mengenai tabel pembesian kolom tipe K1 sebagai berikut:

- Jenis Besi : menyatakan semua jenis besi yang digunakan pada kolom tipe C1.
- Jarak : menyatakan jarak antar besi dalam satuan meter.
- Dia : menyatakan diameter besi yang digunakan pada

- masing- masing jenis besi dalam satuan milimeter.
- Qty : menyatakan *quantity*/jumlah besi yang digunakan dalam satuan number/jumlah.
 - Panjang : menyatakan panjang dari setiap jenis besi dalam satuan meter.
 - Pjg Total : menyatakan akumulasi panjang total dari setiap jenis besi dalam satuan meter.

c. Pekerjaan Besi Kolom

Secara umum perhitungan besi kolom dilakukan dalam satuan kilogram (kg) yang diperoleh dari hasil panjang total besi \times rumus berat jenis besi atau dapat diuraikan melalui rumus:

$$\text{Volume Besi Kolom} = \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Kolom} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal} \times \text{Berat Jenis Besi} \left(\frac{\text{diameter} \times \text{diameter} \times 0,074}{12} \right)$$

Berikut contoh perhitungan volume setiap besi pada kolom tipe k1 lantai 1 berdasarkan data pada Tabel 3.13 :

- **Besi Utama Menerus (18D19)**
 - **Panjang Besi**
= Tinggi kolom + Overlapping ($40 \times 19/1000$)
= 4,38 m
 - **Jumlah Besi**
= 18 buah
 - **Panjang Total**
= $4,38 \text{ m} \times 18 \text{ buah besi} \times 19 \text{ kolom} \times 1 \text{ lantai}$
= 1497,96 m
 - **Berat Besi**
= (Panjang Total \times bjb dia.19)
= $1497,96 \text{ m} \times 2,226 \text{ kg}$
= 33334,71 kg

- **Besi Sengkang X 2.5 D13-100**

- **Panjang Besi**

- = ((panjang kolom + lebar kolom + (2 bengkokan – (2 selimut beton) x 2,5))

- = ((0,40 m + 0,80 m + (2×6×13/1000-(2×0,04) x 2,5))

- = 1,39 m

- **Jumlah Besi**

- = (Tingki kolom / jarak) +1

- = (3,62 / 0,1m) +1

- = 37 buah

- **Panjang Total**

- = 1,39 m × 37 buah besi × 19 kolom × 1 lantai

- = 982,45 m

- **Berat Besi**

- = (Panjang Total × bjb dia.13)

- = 982,45 m × 1,042

- = 1023,88 kg

- **Besi Sengkang Y 1.5 D13-100**

- **Panjang Besi**

- = ((panjang kolom + lebar kolom + (2 bengkokan – (2 selimut beton) x 1,5))

- = ((0,40 m + 0,80 m + (2×6×13/1000-(2×0,04) x 1,5))

- = 1,31 m

- **Jumlah Besi**

- = (Tingki kolom / jarak) +1

- = (3,62 / 0,1m) +1

- = 37 buah

- **Panjang Total**
 - = $1,31 \text{ m} \times 37 \text{ buah besi} \times 19 \text{ kolom} \times 1 \text{ lantai}$
 - = 928,74 m
- **Berat Besi**
 - = (Panjang Total \times bjb dia.13)
 - = $928,74 \text{ m} \times 1,042$
 - = 967,90 kg

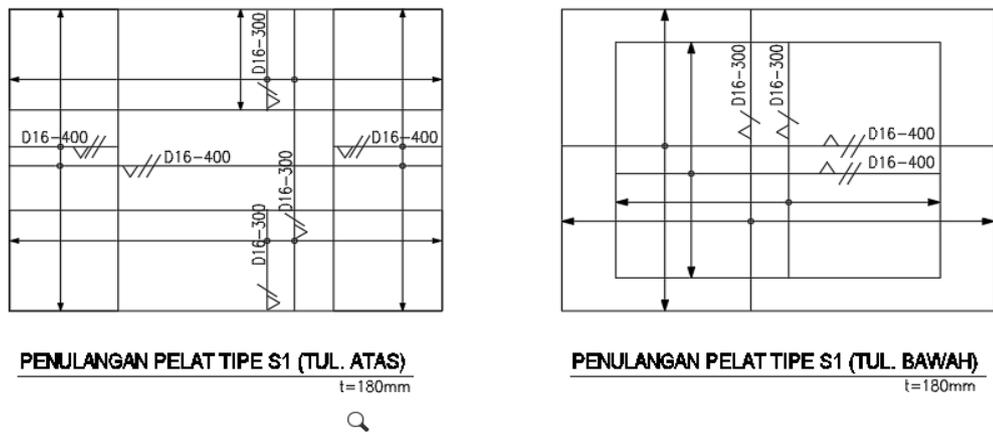
3.2.4 Pekerjaan Plat Lantai

3.2.4.1 Metode Pengukuran Pekerjaan Plat Lantai

Metode pengukuran pada perhitungan volume beton plat lantai dilakukan dalam satuan m^3 yang diperoleh dari luas bersih \times tebal plat sebesar 18 cm. Adapun luas bersih diperoleh dari panjang serta lebar area plat lantai yang berada didalam balok. Kemudian perhitungan volume bekisting plat dalam satuan m^2 yaitu pada bagian *soffit*/alas plat lantai sebesar luas bersih area tersebut. Sedangkan perhitungan volume pembesian plat lantai dilakukan dalam satuan kilogram (kg) dan dibagi berdasarkan arah besi serta posisi perletakan besi.

3.2.3.2 Plat Lantai

Plat lantai merupakan salah satu komponen struktur beton bertulang dari sebuah bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan/mentransfer beban hidup maupun mati menuju rangka bangunan. Perhitungan item pekerjaan plat lantai dipisahkan beton dan bekistingnya. Dimana pada perhitungan, plat mengalah dengan item balok, dikarenakan ketika menghitung balok betonnya dihitung *full*, maka pada beton plat lantai diambil dari bagian sisi dalam balok agar tidak terjadi *double counting*. Berikut contoh detail plat lantai tipe S1.



Gambar 3. 14 Detail Plat Tipe LB2

No.	Tipe Plat	URAIAN	Dimensions							Beton (m ³)	Bekisting (m ²) Soffit
			Jumlah Plat Tipikal (No.)	Jumlah Lantai (No.)	Tebal Plat (m)	Luas Area Plat					
						Panjang As (m)	Lebar As (m)	Panjang Nett (m)	Lebar Nett (m)		
LANTAI 1											
1	S1	1-2 A-B	20,00	1,00	0,18	5,60	5,60	5,60	5,60	112,90	627,20

Gambar 3. 15 Taking Off Beton & Bekisting Plat S1

Terdapat tiga item pekerjaan penyusun plat yaitu beton, bekisting, dan pembesian. Gambar 3.15 merupakan format perhitungan volume beton & bekisting dari plat tipe S1. Format perhitungan volume beton dan bekisting plat dipisahkan dengan format perhitungan besi plat. Adapun penjelasan dari Gambar 3.15 sebagai berikut :

- Type Plat : menyatakan jenis plat yang dihitung.
- Koordinat : menyatakan posisi dari tipe plat yang dihitung.
- Jumlah Plat : menyatakan jumlah plat dengan tipe dan ukuran yang sama pada setiap lantai dalam satuan *number*/jumlah.

- Jumlah Lantai : menyatakan jumlah lantai disetiap segmen lantai tipikal dalam satuan *number*/jumlah.
- Tebal : menyatakan dimensi tebal dari tipe plat yang dihitung dalam satuan meter.
- Panjang As : menyatakan dimensi panjang plat dari as ke as balok yang mengapitnya. Dihitung dalam satuan meter.
- Lebar As : menyatakan dimensi lebar plat dari as ke as balok yang mengapitnya. Dihitung dalam satuan meter.
- Panjang Nett : menyatakan dimensi panjang bersih plat di dalam area balok. Dihitung dalam satuan meter.
- Lebar Nett : menyatakan dimensi lebar bersih plat di dalam area balok. Dihitung dalam satuan meter.
- Beton : menyatakan volume perhitungan beton dari tipe plat yang dihitung dalam satuan m³.
- Bekisting : menyatakan volume perhitungan bekisting dari tipe plat yang dihitung dalam satuan m².

a. Pekerjaan Beton Plat

Secara umum perhitungan struktur plat lantai sama dengan struktur beton bertulang lainnya, hanya saja pada perhitungan beton serta bekisting menggunakan panjang dan lebar nett dikarenakan pada saat perhitungan struktur balok sudah dihitung dengan dimensi serta panjang bentangan full. Perhitungan volume beton dilakukan dalam satuan m³ dengan rumus umum sebagai berikut :

$$\text{Volume Beton Plat} = \text{Panjang Plat Nett} \times \text{Lebar Plat Nett} \times \text{Tebal Plat} \times \text{Jumlah Plat} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal}$$

Berikut contoh perhitungan volume beton balok tipe S1 pada lantai 1 berdasarkan data pada Gambar 3.15 :

$$\begin{aligned} \text{Volume Beton Plat} &= 5,60 \text{ m} \times 5,60 \text{ m} \times 0,18 \text{ m} \times 20 \text{ plat} \times 1 \text{ lantai} \\ &= 112,90 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Pekerjaan Bekisting Plat

Sedangkan pada perhitungan bekisting hanya pada bagian *soffit* atau alas plat lantai saja. Perhitungan volume dilakukan dalam satuan m².

$$\text{Volume Bekisting Plat} = \text{Panjang Plat Nett} \times \text{Lebar Plat Nett} \times \text{Jumlah Plat} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal}$$

Berikut contoh perhitungan volume bekisting plat tipe S1 pada lantai 1 berdasarkan data pada Gambar 3.15:

$$\begin{aligned} \text{Volume Bekisting Soffit} &= 5,60 \text{ m} \times 5,60 \text{ m} \times 20 \text{ plat} \times 1 \text{ lantai} \\ &= 627,20 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

PEMBESIAN										
Detail						Berat Besi (kg)				
Jenis Besi	Jarak (m)	Dia. (mm)	Qty (no)	Panjang (m)	Pjg Total (m)	8	10	13	16	19
						0,395	0,617	1,042	1,579	2,226
TULANGAN UTAMA										
LY TUL. ATAS	0,30	16,00	20	5,79	2278,19	0,00	0,00	0,00	3596,50	0,00
LY TUL. BAWAH	0,30	16,00	20	5,79	2278,19	0,00	0,00	0,00	3596,50	0,00
LY TUMPUAN	0,30	16,00	11	2,99	678,19	0,00	0,00	0,00	1070,63	0,00
LY LAPANGAN	0,30	16,00	10	2,99	618,35	0,00	0,00	0,00	976,16	0,00
LX TUL. ATAS	0,40	16,00	15	5,79	1737,60	0,00	0,00	0,00	2743,09	0,00
LX TUL. BAWAH	0,40	16,00	15	5,79	1737,60	0,00	0,00	0,00	2743,09	0,00
LX TUMPUAN	0,40	16,00	9	2,99	538,56	0,00	0,00	0,00	850,21	0,00
LX LAPANGAN	0,40	16,00	8	2,99	478,72	0,00	0,00	0,00	755,74	0,00

Gambar 3. 16 Taking Off Pembesian Plat S1

Gambar 3.16 merupakan format perhitungan volume pembesian dari plat tipe S1. Adapun penjelasan mengenai tabel pembesian plat tipe S1 sebagai berikut:

- Jenis Besi : menyatakan semua jenis besi yang digunakan pada plat tipe S1.
- Jarak : menyatakan jarak antar besi dalam satuan meter.
- Dia : menyatakan diameter besi dengan satuan milimeter.

- Qty : menyatakan *quantity*/jumlah besi yang digunakan dalam satuan number/jumlah.
- Panjang : menyatakan panjang dari setiap jenis besi dalam satuan meter.
- Pjg Total : menyatakan akumulasi panjang total dari setiap jenis besi dalam satuan meter.
- Berat Besi : menyatakan akumulasi berat besi plat dinyatakan dalam satuan kilogram (kg).

c. Pekerjaan Besi Plat

Perhitungan volume besi plat terbagi atas beberapa jenis besi berdasarkan posisi serta arah perletakan. Pada pembesian ini juga sama halnya dengan pembesian balok, dimana ada besi tumpuan dan lapangan. Besi ini disusun pada arah vertikal dan horizontal. Secara umum perhitungan besi plat dilakukan dalam satuan kilogram (kg) yang diperoleh dari hasil panjang total besi × rumus berat jenis

$$\text{Volume Besi Plat} = \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Plat} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal} \times \text{berat jenis besi} \left(\frac{\text{diameter} \times \text{diameter} \times 0,074}{12} \right)$$

Berikut contoh perhitungan volume setiap besi pada plat tipe LB2 lantai 1 berdasarkan data pada Gambar 3.16 :

- **LY Tulangan Atas**
 - **Panjang Besi**
 - = Panjang As + 2 Bengkokan
 - = 5,60 m + (2 × 6 × 16/1000)
 - = 5,79 m
 - **Jumlah Besi**
 - = Lebar As/Jarak + 1
 - = 5,60 m/0,30 m + 1
 - = 20 buah

- **Berat Besi**

$$= \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Plat} \times \text{Jumlah Lantai} \times \text{Bjb}$$

$$\text{dia.16}$$

$$= 5,79 \text{ m} \times 20 \text{ buah} \times 20 \text{ plat} \times 1 \text{ lantai} \times 1,579$$

$$= 3596,50 \text{ kg.}$$

- **LY Tulangan Bawah**

- **Panjang Besi**

$$= \text{Panjang As} + 2 \text{ Bengkokan}$$

$$= 5,60 \text{ m} + (2 \times 6 \times 16/1000)$$

$$= 5,79 \text{ m}$$

- **Jumlah Besi**

$$= (\text{Lebar As})/\text{Jarak} + 1)$$

$$= (5,60 \text{ m}/0,30 \text{ m} + 1)$$

$$= 20 \text{ buah}$$

- **Berat Besi**

$$= \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Plat} \times \text{Jumlah Lantai} \times \text{Bjb}$$

$$\text{dia.16}$$

$$= 5,79 \text{ m} \times 20 \text{ buah} \times 2 \text{ 0plat} \times 1 \text{ lantai} \times 1,579$$

$$= 3596,50 \text{ kg.}$$

- **LY Tumpuan**

Pada besi tumpuan ini dapat dilihat dari detail plat lantai, besi tumpuan ini terdapat didua arah plat lantai tulangan atas kiri dan kanan pada gambar detail plat lantai.

- **Panjang Besi**

$$= (\text{Panjang} \times 0,25) \times 2 + (2 \text{ Bengkokan})$$

$$= (5,6 \text{ m} \times 0,25) + (2 \times 6 \times 16/1000)$$

$$= 2,99 \text{ m}$$

- **Jumlah Besi**

$$= (\text{panjang As})/\text{Jarak} + 1) \times 2$$

$$= (5,80 \text{ m})/0,30 + 1) \times 2$$

$$= 11 \text{ buah}$$

– **Berat Besi**

$$= \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Plat} \times \text{Jumlah Lantai} \times \text{Bjb}$$

dia.16

$$= 2,99 \text{ m} \times 11 \text{ besi} \times 20 \text{ plat} \times 1 \text{ lantai} \times 1,579$$

$$= 1070,63 \text{ kg.}$$

• **LY Lapangan**

Pada besi lapangan ini terdapat pada detail tulangan bawah plat lantai.

– **Panjang Besi**

$$= (\text{Panjang} \times 0,50) + (2 \text{ Bengkokan})$$

$$= (5,6 \text{ m} \times 0,50) + (2 \times 6 \times 16/1000)$$

$$= 2,99 \text{ m}$$

– **Jumlah Besi**

$$= (\text{Panjang As})/\text{Jarak} + 1)$$

$$= (5,60 \text{ m})/0,30 \text{ m} + 1)$$

$$= 10 \text{ buah}$$

– **Berat Besi**

$$= \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Plat} \times \text{Jumlah Lantai} \times \text{Bjb}$$

dia.16

$$= 2,99 \text{ m} \times 10 \text{ besi} \times 20 \text{ plat} \times 1 \text{ lantai} \times 1,579$$

$$= 976,16 \text{ kg.}$$

• **LX Tulangan Atas**

– **Panjang Besi**

$$= \text{Panjang As} + 2 \text{ Bengkokan}$$

$$= 5,60 \text{ m} + (2 \times 6 \times 16/1000)$$

$$= 5,79 \text{ m}$$

- **Jumlah Besi**
 - = Lebar As/Jarak + 1
 - = 5,60 m)/0,40 m + 1
 - = **15 buah**
- **Berat Besi**
 - = Panjang Besi × Jumlah Besi × Jumlah Plat × Jumlah Lantai × Bjb
dia.16
 - = 5,79 m × 20 buah × 20 plat × 1 lantai × 1,579
 - = 2743,09 kg.

- **LX Tulangan Bawah**

- **Panjang Besi**
 - = Panjang As + 2 Bengkokan
 - = 5,60 m + (2 × 6 × 16/1000)
 - = 5,79 m
- **Jumlah Besi**
 - = Lebar As/Jarak + 1
 - = 5,60 m)/0,40 m + 1
 - = **15 buah**
- **Berat Besi**
 - = Panjang Besi × Jumlah Besi × Jumlah Plat × Jumlah Lantai × Bjb
dia.16
 - = 5,79 m × 20 buah × 20 plat × 1 lantai × 1,579
 - = 2743,09 kg.

- **LX Tumpuan**

- **Panjang Besi**
 - = (Panjang x 0,25)x2 + (2 Bengkokan)
 - = (5,6 m x 0,25) + (2 × 6 × 16/1000)
 - = 2,99 m

– **Jumlah Besi**

$$= (\text{panjang As})/\text{Jarak} + 1) \times 2$$

$$= (5,60 \text{ m})/0,40 + 1) \times 2$$

$$= 9 \text{ buah}$$

– **Berat Besi**

$$= \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Plat} \times \text{Jumlah Lantai} \times \text{Bjb}$$

dia.16

$$= 2,99 \text{ m} \times 11 \text{ besi} \times 20 \text{ plat} \times 1 \text{ lantai} \times 1,579$$

$$= 850,21 \text{ kg.}$$

• **LX Lapangan**

– **Panjang Besi**

$$= (\text{Panjang} \times 0,50) + (2 \text{ Bengkokan})$$

$$= (5,6 \text{ m} \times 0,50) + (2 \times 6 \times 16/1000)$$

$$= 2,99 \text{ m}$$

– **Jumlah Besi**

$$= (\text{Panjang As})/\text{Jarak} + 1)$$

$$= (5,60 \text{ m})/0,40 \text{ m} + 1)$$

$$= 8 \text{ buah}$$

– **Berat Besi**

$$= \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Plat} \times \text{Jumlah Lantai} \times \text{Bjb}$$

dia.16

$$= 2,99 \text{ m} \times 8 \text{ besi} \times 20 \text{ plat} \times 1 \text{ lantai} \times 1,579$$

$$= 755,74 \text{ kg.}$$

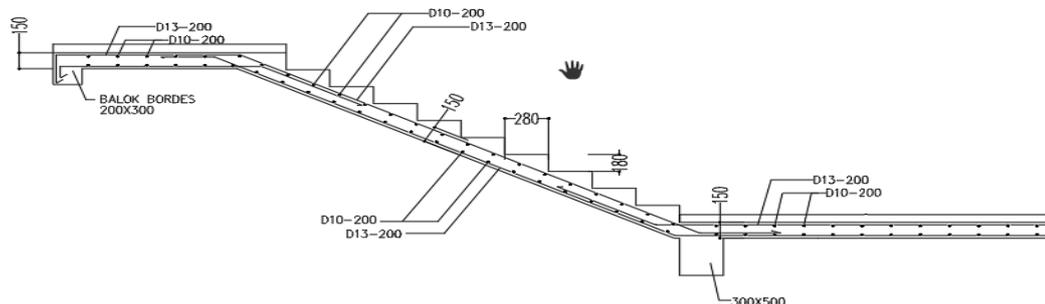
3.2.5 Pekerjaan Tangga

3.2.5.1 Metode Pengukuran Pekerjaan Tangga

Sebelum menghitung kuantitas tangga, terlebih dahulu memahami gambar dan bagian-bagian dari tangga. Perhitungan volume tangga meliputi pekerjaan beton (m³), bekisting (m²), & besi (kg) dibagi berdasarkan komponen penyusun tangga, yaitu plat tangga, anak tangga, bordes, balok tangga, serta kolom tangga.

3.2.5.2 Contoh Perhitungan Volume Tangga

Tangga merupakan salah satu komponen struktur beton bertulang dari sebuah bangunan yang berfungsi sebagai penghubung dan sarana mobilisasi orang/benda antara setiap lantai pada bangunan tersebut. Berikut contoh detail tangga tipe F6



Gambar 3.17 Detail Tangga Tipe A

No.	Type Tangga	Jumlah Tangga (No.)	Posisi Tangga (Floor Level)	Jumlah Lantai (No.)	KOMPONEN	Dimensions			BETON (m ³)	BEKISTING (m ²)	
						Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)		ALAS (m ²)	SAMPING (m ²)
1	1#A	1	LANTAI 1	1	Plat Tangga	4,956	1,2	0,15	0,89	5,95	1,49
					Anak tangga	1,2	0,3	0,18	0,91	5,04	3,02
					Bordes	1,75	2,561	0,18	0,81	4,48	0,32
					Kolom Bordes	2,4	0,2	0,3	0,14	2,40	0,72

Gambar 3.18 Taking Off Beton & Bekisting Tangga Tipe A

Terdapat tiga item pekerjaan penyusun plat yaitu beton, bekisting, dan pembesian. Gambar 3.18 merupakan format perhitungan volume beton & bekisting dari tangga tipe A. Format perhitungan volume beton dan bekisting plat dipisahkan dengan format perhitungan besi tangga. Adapun penjelasan dari Gambar 3.18 sebagai berikut :

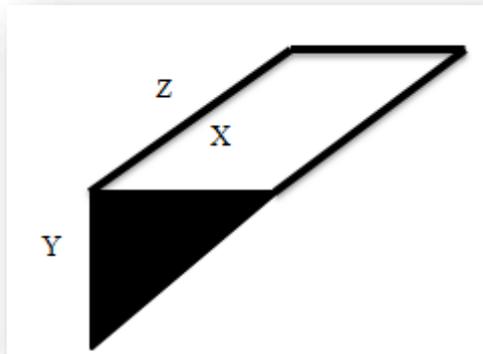
- Type Tangga : menyatakan jenis tangga yang dihitung.
- Jumlah Tangga : menyatakan jumlah tangga dengan tipe yang sama pada setiap lantai dalam satuan *number/jumlah*.
- Posisi Tangga : menyatakan posisi lantai dari tipe plat yang dihitung.
- Jumlah Lantai : menyatakan jumlah lantai disetiap segmen lantai tipikal dalam satuan *number/jumlah*.
- Komponen : menyatakan bagian-bagian penyusun tangga yang akan dihitung.
- Panjang : menyatakan dimensi panjang dari komponen yang akan dihitung. Dinyatakan dalam satuan meter.
- Lebar : menyatakan dimensi lebar dari komponen yang akan dihitung. Dinyatakan dalam satuan meter.
- Tebal : menyatakan dimensi tebal dari komponen yang akan dihitung. Dinyatakan dalam satuan meter.
- Keliling : menyatakan keliling dari komponen yang akan dihitung. Dinyatakan dalam satuan meter.
- Beton : menyatakan volume perhitungan beton dari tipe tangga yang dihitung dalam satuan m^3 .
- Bekisting : menyatakan volume perhitungan bekisting dari tipe tangga yang dihitung dalam satuan m^2 .

a. Pekerjaan Beton Tangga

Dalam perhitungan struktur tangga dikelompokkan berdasarkan bagian-bagian tangga, seperti plat tangga, anak tangga, bordes, balok tangga, serta kolom tangga. Secara umum pada perhitungan volume beton balok dilakukan dalam satuan m^3 yang terdiri dari hasil kali panjang komponen \times lebar komponen \times tinggi/tebal komponen.

Volume Beton Tangga = Panjang Komponen Tangga \times Lebar Komponen Tangga \times Tebal Komponen Tangga \times Jumlah Tangga \times Jumlah Lantai Tipikal

Untuk memudahkan dalam memahami perhitungan struktur tangga, berikut contoh perhitungan volume beton dari komponen anak tangga tipe tangga A pada lantai 1 berdasarkan data pada Gambar 3.19 :



Gambar 3.18 Sketsa Anak Tangga Tipe A

Berdasarkan Gambar 3.19 anak tangga memiliki sisi tread (X) dengan panjang 0,30 m, sisi riser (Y) dengan tinggi 0,18, panjang area tread (Z) sepanjang 1,20 m serta terdapat 14 anak tangga. Untuk menghitung volume beton anak tangga digunakan rumus sebagai berikut :

. Luas permukaan yang dimaksud adalah luas segitiga. Adapun tinggi yang dimaksud ialah panjang tread.

Volume Beton Anak Tangga

$$= 0,3 \text{ m} \times 0,18 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 14 \text{ anak tangga}$$

$$= 0,910 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Beton Anak Tangga} = \frac{\text{luas permukaan alas} \times \text{tinggi}}{2}$$

b. Pekerjaan Bekisting Tangga

Bekisting anak tangga diperoleh dari luas permukaan bagian *stringer* tangga. Sisi stringer tersebut berbentuk segitiga. Perhitungan volume bekisting komponen anak tangga dilakukan dalam satuan m².

Berikut contoh perhitungan volume bekisting komponen anak tangga tipe A pada lantai 1 berdasarkan data pada Gambar 3.18 :

$$\text{Volume Bekisting Anak Tangga Alas} = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Jumlah Anak Tangga} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal}$$

Volume Bekisting Anak Tangga Alas

$$= 1,2 \times 0,3 \times 14 \text{ anak tangga} \times 1 \text{ lantai}$$

$$= 5,04 \text{ m}^2.$$

$$\text{Volume Bekisting Anak Tangga Samping} = \text{Panjang} \times \text{Tebal} \times \text{Jumlah Anak Tangga} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal}$$

Volume Bekisting Anak Tangga Alas

$$= 1,2 \times 0,18 \times 14 \text{ anak tangga} \times 1 \text{ lantai}$$

$$= 3,02 \text{ m}^2.$$

No.	Type Tangga	Jumlah Tangga (No.)	Posisi Tangga (Floor Level)	Jumlah Lantai (No.)	KOMPONEN	PEMBESIAN													
						Dimensions			Jenis Besi	Besi (kg)					Berat Besi (kg)				
						Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)		Jarak (m)	Dia (mm)	Qty (No)	Panjang (m)	Pig Total (m)	8	10	13	16	
11AA	1 LANTAI 1				1 Plat Tangga	1	4,956	1,2	0,15	Vertikal Atas	0,2	13	6	5,296	31,78	0,00	0,00	33,12	0,00
									Vertikal Bawah	0,2	13	6	6,616	39,70	0,00	0,00	41,57	0,00	
									Horizontal	0,2	10	51	1,32	67,32	0,00	41,51	0,00	0,00	
					Bordes	1	1,75	2,551	0,15	Vertikal Atas	0,2	13	13	2,142	27,85	0,00	0,00	29,02	0,00
									Vertikal Bawah	0,2	13	13	2,61	33,93	0,00	0,00	35,36	0,00	
									Horizontal	0,2	10	19	2,681	50,94	0,00	31,41	0,00	0,00	
					Kolom Bordes	1	2,4	0,2	0,3	Tul. Utama Sengkrang		16	6	2,592	15,55	0,00	0,00	0,00	24,55
											0,1	13	25	0,652	16,30	0,00	0,00	16,99	0,00

Gambar 3. 20 Taking Off Pembesian Tangga Tipe A

c. Pekerjaan Besi Tangga

Perhitungan volume besi tangga disusun berdasarkan komponen penyusun tangga. Perhitungan besi tangga dilakukan dalam satuan kilogram (kg) yang diperoleh dari hasil panjang total besi \times rumus berat jenis

$$\text{Volume Besi Plat Tangga} = \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Tangga} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal} \times \text{berat jenis besi} \left(\frac{\text{diameter} \times \text{diameter} \times 0,074}{12} \right)$$

Untuk memudahkan dalam memahami perhitungan volume besi tangga, maka ada diberikan contoh perhitungan besi pada komponen anak tangga. Penulangan anak tangga dikelompokkan menjadi besi vertikal atas dan bawah D13-200. pada sisi besi horizontal D10-200 yang membentang sepanjang area pijakan. Panjang besi vertikal diperoleh dari jumlah sisi tread dengan riser ditambah dengan ketebalan plat tangga lalu ditambah bengkokan di kedua ujung besi. Kemudian untuk panjang besi horizontal diperoleh dari lebar area pijakan dikurang dengan 2 sisi selimut beton serta ditambah bengkokan di kedua sisi.

- **Vertikal D13-200**

- **Panjang Besi**

$$= \text{Panjang} + \text{Add bend} (2 \times 6 \times d / 1000)$$

$$= 4,956 + (2 \times 6 \times 13 / 1000)$$

$$= 5,112 \text{ m}$$

- **Jumlah Besi**

$$= (\text{Panjang tread} / \text{jarak})$$

$$= (1,2 \text{ m} / 0,20)$$

$$= 6 \text{ buah}$$

– **Panjang Total**

$$= \text{Panjang besi} \times \text{banyak besi} \times \text{jumlah lantai} \times \text{jumlah tangga}$$

$$= 5,112 \times 6 \times 1 \times 1$$

$$= 30,67 \text{ m}$$

– **Berat Besi**

$$= \text{Panjang Total} \times \text{Bjb dia.13}$$

$$= 30,67 \text{ m} \times 1,042$$

$$= 31,97 \text{ kg.}$$

• **Horizontal D10-200**

– **Panjang Besi**

$$= \text{Lebar} + \text{Add bend} (2 \times 6 \times d / 1000)$$

$$= 1,2 + (2 \times 6 \times 10 / 1000)$$

$$= 1,32 \text{ m}$$

– **Jumlah Besi**

$$= (\text{Panjang tread} / \text{jarak})$$

$$= (4,956 \text{ m} / 0,10)$$

$$= 51 \text{ buah}$$

– **Panjang Total**

$$= \text{Panjang besi} \times \text{banyak besi} \times \text{jumlah lantai} \times \text{jumlah tangga}$$

$$= 1,32 \times 51 \times 1 \times 1$$

$$= 67,32 \text{ m}$$

– **Berat Besi**

$$= \text{Panjang Total} \times \text{Bjb dia.13}$$

$$= 67,32 \text{ m} \times 0,617$$

$$= 41,51 \text{ kg.}$$

3.2.6 Pekerjaan Shearwall

3.2.6.1 Metode Pengukuran Pekerjaan Shearwall

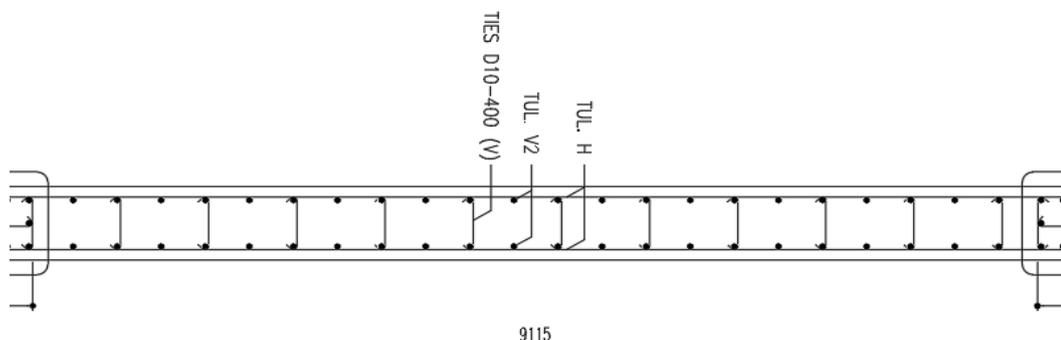
Pengambilan ukuran tinggi pekerjaan *Shearwall* yaitu dari atas lantai ke atas lantai selanjutnya (*floor to floor*) sebesar 3,7 meter. Perhitungan volume beton *Shearwall* dilakukan dalam satuan m³. Terdiri dari hasil kali panjang *Shearwall* × lebar *Shearwall* × tinggi *Shearwall*.

Perhitungan volume bekisting *Shearwall* dilakukan dalam satuan m². Diperoleh dari luas permukaan sisi tegak *Shearwall* yaitu (2 × (panjang *shearwall* × tinggi *Shearwall*)) + (2 × (lebar *Shearwall* × tinggi *Shearwall*)).

Adapun perhitungan volume pembesian *Shearwall* dilakukan dalam satuan kilogram (kg). Terdapat beberapa jenis besi yang digunakan pada pekerjaan *Shearwall*, yaitu besi vertikal, besi horizontal, sengkang, dan *ties*. Masing-masing besi tersebut diukur panjang totalnya kemudian untuk memperoleh berat dalam satuan kilogram harus dikali dengan berat jenis besi sesuai dengan diameter besi yang digunakan.

3.2.6.2 Contoh Perhitungan Volume Shearwall

Shearwall adalah jenis struktur dinding yang berbentuk beton bertulang yang biasanya dirancang untuk menahan geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Dengan adanya *ShearWall* atau dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut. Biasanya *Shaerwall* berada pada posisi perletakan *lift* dan tangga. Berikut contoh detail *Shaerwell* Tipe W1.



TABEL PENULANGAN SHEARWALL W1				
LANTAI	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LT.12-LT.ATAP (30 Mpa)	TUL. V1	D13-100	-	D13-100
	TUL. H	D10-200	D10-200	D10-200
	TUL. V2	-	D13-200	-
LT.8-LT.12 (40 Mpa)	TUL. V1	D16-100	-	D16-100
	TUL. H	D13-200	D13-200	D13-200
	TUL. V2	-	D16-200	-
LT.4-LT.8 (40 Mpa)	TUL. V1	D19-100	-	D19-100
	TUL. H	D13-200	D13-200	D13-200
	TUL. V2	-	D19-200	-
LT.1-LT.4 (40 Mpa)	TUL. V1	D25-100	-	D25-100
	TUL. H	D16-200	D16-200	D16-200
	TUL. V2	-	D25-200	-

Gambar 3. 21 Detail Corewall Tipe W1

No.	Type Shear Wall	Dimensions							
		Jumlah Shear Wall	Posisi Shear Wall	Jumlah Lantai	Tinggi Shear Wall	Panjang Shear Wall	Lebar Shear Wall	BETON	BEKISITNG
		(No.)	(Floor Level)	(No.)	(m)	(m)	(m)	M3	M2
1	W1	2	LANTAI 1-4	3	3,70	4,56	0,35	35,41	101,17

Gambar 3.22 Taking Off Pembesian Shearwall Tipe W1

Terdapat tiga item pekerjaan penyusun *Shearwall* yaitu beton, bekisting, dan pembesian. Pada Tabel 3.22 merupakan format perhitungan volume beton & bekisting dari *Shearwall* Tipe W1. Format perhitungan volume beton dan bekisting kolom dipisahkan dengan format perhitungan besi kolom. Adapun penjelasan dari Tabel 3.22 sebagai berikut:

- *Type Shearwall* : menyatakan jenis *Shearwall* yang dihitung.
- *Jumlah Shearwall* : menyatakan jumlah *Shearwall* dengan tipe yang sama pada setiap lantai dalam satuan *number/jumlah*.
- *Posisi Shearwall* : menyatakan posisi lantai dari tipe *Shearwall* yang dihitung.
- *Jumlah Lantai* : menyatakan jumlah lantai disetiap segmen lantai tipikal dalam satuan *number/jumlah*.
- *Tinggi Shearwall* : menyatakan tinggi setiap lantai atau dapat juga menunjukkan ketinggian tipe *Shearwall* yang dihitung dalam satuan meter.
- *Panjang Shearwall* : menyatakan dimensi panjang dari tipe

Corewall yang dihitung dalam satuan meter.

- Lebar *Shearwall* : menyatakan dimensi lebar dari tipe *Shearwall* yang dihitung dalam satuan meter.
- Beton : menyatakan volume perhitungan beton dari tipe *Shearwall l* yang dihitung dalam satuan m³.
- Bekisting : menyatakan volume perhitungan bekisting dari tipe *Shearwall l* yang dihitung dalam satuan m².

a. Pekerjaan Beton *Shearwall*

Pengambilan tinggi pekerjaan *Shearwall* yaitu dari atas lantai ke atas lantai selanjutnya (*floor to floor*) atau sebesar 3,7 meter pada lantai 1. Perhitungan volume beton *Shearwall l* dilakukan dalam satuan m³ yang diperoleh dari rumus:

$$\text{Volume Beton Shearwall} = \text{Panjang Shearwall} \times \text{Lebar Shearwall} \times \text{Tinggi Shearwall} \times \text{Jumlah Shearwall} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal}$$

Berikut contoh perhitungan volume beton *Shearwall* tipe W1 pada lantai 1 berdasarkan data pada Tabel 3.16 :

$$\begin{aligned} \text{Volume Beton Shearwall} &= \text{Panjang Shearwall} \times \text{Tinggi Shearwall} \times \text{Lebar Shearwall} \times 3 \text{ Lantai} \times \text{Jumlah Shearwall} \\ &= 4,56 \times 3,70 \times 0,35 \times 3 \text{ Lantai} \times 2 \text{ Shearwall} \\ &= 35,41 \end{aligned}$$

b. Pekerjaan Bekisting *Shearwall*

Perhitungan bekisting *Shearwall* dilakukan dalam satuan m² yang diperoleh dari tinggi *Shearwall* × luas permukaan *Shearwall* atau dapat diuraikan melalui rumus:

$$\text{Volume Bekisting } Shearwall = (2 \times (\text{Panjang } Shearwall + \text{Lebar } Shearwall)) \times \text{Tinggi } Shearwall \times \text{Jumlah } Shearwall \times \text{Jumlah Lantai Tipikal}$$

Berikut contoh perhitungan volume bekisting *Shearwall* tipe W1 pada lantai 1 berdasarkan data pada Tabel 3.16 :

$$\begin{aligned} \text{Volume Bekisting } Shearwall &= (2 \times (2,56 \text{ m} + 0,35 \text{ m})) \times 3,7 \text{ m} \times 2 \text{ Jumlah} \\ &\quad Shearwall \times 3 \text{ lantai} \\ &= 217,87 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

PEMBESIAN												
						Berat Besi (kg)						
Jenis Besi	Jarak	Dia.	Qty	Pjg	Total (m ³)	8	10	13	16	19	22	25
	(m)	(mm)	Ties	(m)	(m)	0,395	0,617	1,042	1,579	2,226	2,985	3,854
VERTIKAL	0,20	25,00	47	5,00	1397,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5384,66
HORIZONTAL	0,2	16,00	38	10,01	2281,37	0,00	0,00	0,00	3601,52	0,00	0,00	0,00
TIES	0,4	10,00	103	0,39	240,44	0,00	148,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Gambar 3. 23 Taking Off Pembesian Corewall Tipe W1

Pada Gambar 3.23 merupakan format perhitungan volume pembesian dari *Shearwall* tipe W1. Adapun penjelasan mengenai tabel pembesian *Shearwall* tipe W1 sebagai berikut :

- Jenis Besi : menyatakan semua jenis besi yang digunakan pada *Shearwall* tipe W1.
- Jarak : menyatakan jarak antar besi dalam satuan meter.
- Dia : menyatakan diameter besi yang digunakan pada masing- masing jenis besi dalam satuan milimeter.
- Qty : menyatakan *quantity*/jumlah besi yang digunakan

dalam satuan number/jumlah.

- Panjang : menyatakan panjang dari setiap jenis besi dalam satuan meter.
- Pjg Total : menyatakan akumulasi panjang total dari setiap jenis besi dalam satuan meter.
- Berat Besi (kg): menyatakan akumulasi berat besi dari setiap jenis besi dalam satuan kilogram.

c. Pekerjaan Besi *Shearwall*

Secara umum perhitungan besi *Shearwall* dilakukan dalam satuan kilogram (kg) yang diperoleh dari hasil panjang total besi × rumus berat jenis besi atau dapat diuraikan melalui rumus :

$$\text{Volume Besi Shearwall} = \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Shearwall} \times \text{Jumlah Lantai Tipikal} \times \text{Berat Jenis Besi} \left(\frac{\text{diameter} \times \text{diameter} \times 0,074}{12} \right)$$

Berikut contoh perhitungan volume setiap besi pada *Shearwall* tipe W1 lantai 1 berdasarkan data pada Tabel 3.14 :

- **Besi Vertikal D25-200**

- **Panjang Besi**

$$\begin{aligned} &= \text{Tinggi Shearwall} + \text{lapping} + 2 \text{ bengkakan} \\ &= 3,70 \text{ m} + (40 \times 25/1000) + (2 \times 6 \times 25/1000) \\ &= 5 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Jumlah Besi**

$$\begin{aligned} &= \text{Panjang / jarak besi} \times 2 + 1 \\ &= 4,56 / 0,2 \times 2 + 1 \\ &= 47 \text{ buah} \end{aligned}$$

- **Berat Besi**

$$\begin{aligned} &= \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Corewall} \times \text{Jumlah Lantai} \\ &\quad \times \text{bjb dia.25} \\ &= 5 \text{ m} \times 47 \text{ besi} \times 2 \text{ Shearwall} \times 3 \text{ lantai} \times 3,854 \end{aligned}$$

$$= 5384,66 \text{ kg}$$

- **Besi Vertikal D16-200**

- **Panjang Besi**

$$= \text{Panjang Shearwall} + \text{lapping} + 2 \text{ bengkakan}$$

$$= 4,56 \text{ m} + (40 \times 16/1000) + (2 \times 6 \times 16/1000)$$

$$= 10,01 \text{ m}$$

- **Jumlah Besi**

$$= \text{Tinggi} / \text{jarak besi} \times 2 + 1$$

$$= 3,70 / 0,2 \times 2 + 1$$

$$= 38 \text{ buah}$$

- **Berat Besi**

$$= \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Corewall} \times \text{Jumlah Lantai} \\ \times \text{bjb dia.25}$$

$$= 10,01 \text{ m} \times 38 \text{ besi} \times 2 \text{ Shearwall} \times 3 \text{ lantai} \times 1,579$$

$$= 3601,52 \text{ kg}$$

- **Besi Ties D10-400**

- **Panjang Besi**

$$= \text{Lebar Shearwall} + 2 \text{ bengkakan} - \text{Selimut Beton}$$

$$= 0,35 \text{ m} + (2 \times 6 \times 16/1000) - (0,04, *2)$$

$$= 0,39 \text{ m}$$

- **Jumlah Besi**

$$= \text{Tinggi} / \text{jarak besi} \times \text{Banyaknya Ties} \times 2 + 1$$

$$= 3,70 / 0,4 \times 11 \times 2 + 1$$

$$= 103 \text{ buah}$$

- **Berat Besi**

$$= \text{Panjang Besi} \times \text{Jumlah Besi} \times \text{Jumlah Corewall} \times \text{Jumlah Lantai} \\ \times \text{bjb dia.10}$$

$$= 0,39 \text{ m} \times 103 \text{ besi} \times 2 \text{ Shearwall} \times 3 \text{ lantai} \times 0,617$$

$$= 148,27 \text{ kg}$$

3.2.7 Rekapitulasi Volume

Setelah perhitungan volume selesai, selanjutnya dilakukan penyusunan rekapitulasi volume. Rekapitulasi volume merupakan akumulasi seluruh volume dari item pekerjaan yang dihitung disusun berdasarkan posisi lantai. Pada tabel 3.15 penyusunan rekapitulasi volume pekerjaan beton dan bekisting ditotal untuk seluruh tipe, sedangkan rekapitulasi volume pekerjaan pembesian dikelompokkan berdasarkan diameter besi. Adapun untuk memperoleh rasio besi didapatkan dari

$$\frac{\text{Total Volume Besi}}{\text{Total Volume Beton}}$$

No	Pekerjaan	Item Pekerjaan			Rasio Besi (kg/m ³)
		Beton (m ³)	Bekisting (m ²)	Besi (kg)	
LANTAI 1					
A.	Balok	82,384	561,859	16.397,948	199,042
B.	Plat Lantai	166,303	923,908	23.744,813	142,780
C.	Kolom	53,286	398,200	12.903,259	242,149
D.	Shear Wall	41,516	112,221	12.820,239	308,803
E.	Tangga	14,999	108,419	1.244,871	82,999

Gambar 3.24 Rekapitulasi Volume Pekerjaan

3.3 Rencana Anggaran Biaya

Dalam perencanaan sebuah proyek konstruksi, selalu dibutuhkan nilai estimasi untuk mewujudkan proyek konstruksi tersebut. Nilai estimasi itu menjadi sebuah anggaran yang didetailkan dalam bentuk Rencana Anggaran Biaya (RAB). Dengan demikian, RAB dapat diartikan sebagai sebuah daftar item pekerjaan yang akan dilaksanakan dan kuantitas yang dibutuhkan. Dengan mengetahui kuantitas item pekerjaan, dapat dihitung nilai pekerjaan keseluruhan dari proyek tersebut.

Sebelum dilakukan penyusunan RAB terdapat beberapa data yang harus dimiliki, diantaranya yaitu volume pekerjaan yang akan dilaksanakan beserta keterangan spesifikasi yang digunakan, harga satuan pekerjaan, harga satuan material dan upah dari lokasi dimana proyek tersebut didirikan. Adapun harga

satuan pekerjaan diperoleh dari tahapan perhitungan yang melibatkan analisa harga satuan pekerjaan serta harga satuan material dan upah yang digunakan dari lokasi proyek tersebut. Penyusunan analisa harga satuan pekerjaan berpedoman pada Permen PUPR No.28 Tahun 2016, sedangkan harga satuan material & upah yang digunakan yaitu Kota Jakarta Selatan pada tahun 2023.

DAFTAR HARGA SATUAN UPAH & BAHAN			
KOTA JAKARTA TIMUR			
2023			
NO	URAIAN	SATUAN	HARGA SATUAN
A. UPAH			
1	Pekerja	Oh	Rp 174.748,00
2	Tukang kayu	Oh	Rp 183.834,00
3	Tukang besi	Oh	Rp 183.834,00
4	Tukang batu	Oh	Rp 183.834,00
5	Kepala Tukang	Oh	Rp 199.782,00
6	Mandor	Oh	Rp 211.379,00
B. MATERIAL			
1	Beton Struktur Ready Mix fc 40 mpa	m ³	Rp 1.010.000,00
2	Beton Struktur Ready Mix fc 30 mpa	m ³	Rp 960.000,00
3	Cessing Pondasi Borpile ø80 cm	m ³	Rp 34.000,00
4	Paku	kg	Rp 17.296,00
5	Kawat Beton	kg	Rp 16.283,00
6	Besi Beton	kg	Rp 12.256,00
7	Dolken Dia 8 s/d 10 cm	Btg	Rp 38.000,00
8	Dolken Dia 10 s/d 12 cm	Btg	Rp 45.000,00
9	Kayu Balok Kelas II	m ³	Rp 3.450.000,00
10	Kayu Papan Kelas III	m ³	Rp 2.426.000,00
11	Multiplek uk 1,22 x 2,42 x 12 mm	Lbr	Rp 155.000,00
12	Multiplek uk 1,22 x 2,42 x 9 mm	Lbr	Rp 115.000,00
13	Minyak Bekesting	Ltr	Rp 18.000,00
14	Spacer bekisting	Bh	Rp 22.000,00

Gambar 3.25 Harga Satuan Material & Upah Kota Jakarta Timur 2023

per liter yaitu Rp. 18.000. dan upah pekerja sebesar Rp. 145.000,0 Kemudian setelah diperoleh data harga satuan material & upah Kota Jakarta Timur 2023, dilakukan penyusunan analisa harga satuan pekerjaan yang berpedoman pada Permen PUPR No.28 Tahun 2016. Adapun analisa yang digunakan yaitu meliputi item pekerjaan beton, bekisting, serta pembesian. Berikut contoh analisa harga satuan pekerjaan dari masing-masing item tersebut :

JENIS PEKERJAAN : A.4.1.1.3 Membuat Beton Mutu $f'c=30$ mpa Ready Mix
 SATUAN : M3
 HARGA SATUAN PEKERJAAN : Rp 1.520.330,94

NO	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	1,650	174.748,00	288.334,20
	Tukang Batu	L.02	OH	0,275	183.834,00	50.554,35
	Kepala tukang	L.03	OH	0,028	199.782,00	5.593,90
	Mandor	L.04	OH	0,083	211.379,00	17.544,46
				JUMLAH TENAGA KERJA	362.026,90	
B	BAHAN					
	Ready Mix K- 400 Ready Mix		m ³	1,000	960.000,00	960.000,00
					JUMLAH HARGA BAHAN	960.000,00
C	PERALATAN					
					JUMLAH HARGA ALAT	
D	JUMLAH (A+B+C)					1.322.026,90
E	Overhead & profit			15% s Jumlah		198.304,04
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					1.520.330,94

Gambar 3.26 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Beton Mutu $f'c=30$ MPa

Pada Gambar 3.26 dapat diketahui bahwa untuk pelaksanaan 1m³ beton mutu $f'c=30$ MPa diperlukan beberapa tenaga kerja yaitu pekerja, tukang batu, kepala tukang, serta mandor. Selain itu juga dibutuhkan material beton readymix mutu $f'c=30$ MPa. Kemudian satuan serta koefisien dari masing-masing tenaga kerja tersebut merupakan standar yang digunakan pada AHSP Permen PUPR No.28 Tahun 2016.

Setelah itu, masukan data harga dari item yang terdapat pada analisa mengacu pada data sebelumnya, yaitu harga satuan upah dan material Kota Jakarta Selatan 2023. Kemudian kali semua harga satuan tersebut dengan koefisien masing-masing dan dijumlah berdasarkan jenis tenaga kerja/material. Setelah diperoleh jumlah harga antara tenaga kerja dan material, tambahkan nilai overhead & profit sebesar 15% sehingga diperoleh harga satuan pekerjaan 1m³ beton mutu $f'c=30$ MPa sebesar Rp 1.520.330,94 .

NO	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
JENIS PEKERJAAN : A.4.1.1.22 Pemasangan 1 m ² bekisting untuk kolom SATUAN : M ² HARGA SATUAN PEKERJAAN : Rp 534.894,45						
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,660	174.748,00	115.333,68
	Tukang	L.02	OH	0,330	183.834,00	60.665,22
	Kepala tukang	L.03	OH	0,033	199.782,00	6.592,81
	Mandor	L.04	OH	0,033	211.379,00	6.975,51
						189.567,21
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m ³	0,040	2.426.000,00	97.040,00
	Paku 5 - 10 Cm		Kg	0,400	17.296,00	6.918,40
	Minyak bekisting		Liter	0,200	18.000,00	3.600,00
	Balok kayu kelas II		m ³	0,015	3.450.000,00	51.750,00
	Plywod tebal 9 mm		Lbr	0,350	115.000,00	40.250,00
	Dolken kayu ϕ 8-10 Cm		Batang	2,000	38.000,00	76.000,00
					JUMLAH HARGA BAHAN	275.558,40
C	PERALATAN					
					JUMLAH HARGA ALAT	-
D	JUMLAH (A+B+C)					465.125,61
E	Overhead & profit			15% x Jumlah		69.768,84
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					534.894,45

Gambar 3. 27 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bekisting Kolom

Analisa selanjutnya yaitu pekerjaan bekisting kolom dalam satuan 1 m² seperti yang terdapat pada Gambar 3.27. Pada Gambar 3.27 dapat diketahui bahwa untuk pelaksanaan 1 m² bekisting kolom diperlukan beberapa tenaga kerja yaitu pekerja, tukang, kepala tukang, serta mandor. Selain itu juga dibutuhkan material kayu kelas tiga, paku 5-10 cm, minyak bekisting, balok kayu kelas dua, *plywood* tebal 9 mm, serta dolken kayu diameter 8-10 cm. Satuan serta koefisien dari masing-masing tenaga kerja maupun material tersebut merupakan standar yang digunakan pada AHSP Permen PUPR No.28 Tahun 2016.

Setelah itu, masukan data harga dari item yang terdapat pada analisa mengacu pada data sebelumnya, yaitu harga satuan upah dan material Kota Bekasi 2020. Kemudian kali semua harga satuan tersebut dengan koefisien masing-masing dan dijumlah berdasarkan jenis tenaga kerja/material. Setelah diperoleh jumlah harga antara tenaga kerja dan material, tambahkan nilai *overhead & profit* sebesar 15% sehingga diperoleh dengan harga satuan pekerjaan 1 m² bekisting kolom sebesar Rp. 534.894,45.

JENIS PEKERJAAN : A.4.1.17 Pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir
 SATUAN : Kg
 HARGA SATUAN : Rp 182.246,46

NO	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,070	174.748,00	12.232,36
	Tukang	L.02	OH	0,070	183.834,00	12.868,38
	Kepala tukang	L.03	OH	0,007	199.782,00	1.398,47
	Mandor	L.04	OH	0,004	211.379,00	845,52
				JUMLAH TENAGA KERJA		27.344,73
B	BAHAN					
	Besi beton		Kg	10,500	12.256,00	128.688,00
	Kawat beton		Kg	0,150	16.283,00	2.442,45
				JUMLAH HARGA BAHAN		131.130,45
C	PERALATAN					
				JUMLAH HARGA ALAT		-
D	JUMLAH (A+B+C)					158.475,18
E	Overhead & profit			15% x Jumlah		23.771,28
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					182.246,46
					Per 1 Kg	18.224,65

Gambar 3. 28 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pembesian 10 kg

Analisa selanjutnya yaitu pekerjaan pembesian 10 kg dalam satuan kilogram (kg). Pada Gambar 3.28 dapat diketahui bahwa untuk pekerjaan pembesian 10 kg diperlukan beberapa tenaga kerja yaitu pekerja, tukang, kepala tukang, serta mandor. Selain itu juga dibutuhkan material besi beton dan kawat beton. Satuan serta koefisien dari masing-masing tenaga kerja maupun material tersebut merupakan standar yang digunakan pada AHSP Permen PUPR No.28 Tahun 2016.

Setelah itu, masukan data harga dari item yang terdapat pada analisa mengacu pada data sebelumnya, yaitu harga satuan upah dan material Kota Jakarta Selatan 2023. Kemudian kali semua harga satuan tersebut dengan koefisien masing-masing dan dijumlah berdasarkan jenis tenaga kerja/material. Setelah diperoleh jumlah harga antara tenaga kerja dan material, tambahkan nilai *overhead & profit* sebesar 15% sehingga diperoleh harga satuan pekerjaan pekerjaan pembesian 10 kg sebesar Rp. 182.246,46. Namun perlu diperhatikan harga yang diperoleh tersebut dalam satuan 10 kg besi, sehingga ketika akan memasukan harga tersebut menjadi Rp. 18.224,65 per 1 kg besi.

RENCANA ANGGARAN BIAYA PEKERJAAN STRUKTUR						
PROYEK RUSUN CIPINANG JAKARTA TIMUR						
No	Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan Pekerjaan	Total Harga	
1.	Struktur Lantai 1					
A.	Pekerjaan Balok					
a.	Beton fc' 30 mpa	m ³	82,38	Rp 1.520.331	Rp	125.251.193
b.	Bekisting	m ²	561,86	Rp 546.797	Rp	307.222.593
c.	Pembesian	kg	16397,95	Rp 18.225	Rp	298.846.787
B.	Pekerjaan Plat lantai					
a.	Beton fc' 30 mpa	m ³	166,30	Rp 1.520.331	Rp	252.836.156
b.	Bekisting	m ²	923,91	Rp 709.694	Rp	655.692.101
c.	Pembesian	kg	23744,81	Rp 18.225	Rp	432.740.796
C.	Pekerjaan Kolom					
a.	Beton fc' 40 mpa	m ³	53,29	Rp 1.577.831	Rp	84.076.931
b.	Bekisting	m ²	398,20	Rp 534.894	Rp	212.994.972
c.	Pembesian	kg	12903,26	Rp 18.225	Rp	235.157.326
D.	Pekerjaan Shear Wall					
a.	Beton fc' 40 mpa	m ³	41,52	Rp 1.577.831	Rp	65.504.993
b.	Bekisting	m ²	112,22	Rp 671.733	Rp	75.382.544
c.	Pembesian	kg	12820,24	Rp 18.225	Rp	233.644.316
E.	Pekerjaan tangga					
a.	Beton fc' 30 mpa	m ³	11,58	Rp 1.520.331	Rp	17.602.917
b.	Bekisting	m ²	77,26	Rp 505.960	Rp	39.090.178
c.	Pembesian	kg	899,59	Rp 18.225	Rp	16.394.734

Gambar 3. 29 Rencana Anggaran Biaya

Setelah data-data yang diperlukan tersedia, barulah dapat disusun Rencana Anggaran Biaya. Rencana Anggaran Biaya merupakan gabungan data hasil perhitungan volume pekerjaan dengan analisa harga satuan pekerjaan. Seperti contoh yang terdapat pada Tabel 3.20. Setiap item pekerjaan dicantumkan beserta satuan ukur dan volumenya. Kemudian masukan data harga satuan pekerjaan berdasarkan jenis pekerjaannya. Setelah itu kali setiap volume dengan harga satuan pekerjaannya masing-masing, sehingga diperoleh biaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan item kerja tersebut.

18	Struktur Lantai Atap 2		
A.	Pekerjaan Balok	Rp	203.112.095,57
B.	Pekerjaan Plat lantai	Rp	165.383.672,21
C.	Pekerjaan Kolom	Rp	122.697.730,64
D.	Pekerjaan Shear Wall	Rp	178.670.877,60
JUMLAH		Rp	46.938.463.480,95
PPn 10%		Rp	4.698.346.348,09
TOTAL		Rp	51.681.809.829,04

Gambar 3. 30 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Setelah rencana anggaran biaya tersusun selanjutnya dilakukan rekapitulasi berdasarkan data tersebut. Rekapitulasi rencana anggaran biaya tersebut berfungsi untuk mengetahui besaran biaya yang diperlukan untuk melaksanakan masing-masing komponen struktur serta total biaya yang diperlukan untuk pekerjaan struktur atas itu sendiri. Jumlah semua biaya dari setiap komponen struktur atas sebesar Rp 46.938.463.480,95 kemudian ditambah dengan PPn sebesar 10 % sehingga diperoleh total biaya sebesar Rp 51.681.809.829,04. Apabila dibandingkan dengan total *gross floor area (GFA)* proyek tersebut yakni seluas 15,081 m², maka dapat diperkirakan biaya pekerjaan struktur per m² yaitu sebesar Rp 3.426.948. (sudah termasuk PPn 10%).

3.4 Jadwal Pelaksanaan (Time Schedule)

Penyusunan *time schedule* merupakan sebuah kegiatan penetapan standar kinerja waktu yang ditentukan dengan merujuk seluruh tahapan kegiatan proyek beserta durasi dan penggunaan sumber daya. Dari semua informasi dan data yang telah diperoleh, dilakukan penjadwalan sehingga akan ada *output* berupa *time schedule* yang berguna untuk memonitor progress pelaksanaan apakah telah sesuai dengan rencana ataupun tidak. Dibawah merupakan contoh dari *timeschedule*:

No.	Pekerjaan	Jumlah Harga	Bobot (%)	Durasi (Minggu)
19	Struktur Atas			
A.	Pekerjaan Pondasi Borpile	Rp 3.430.278.348,18	7,30	4
B.	Pekerjaan Pile Cap	Rp 217.095.888,62	0,46	3
1	Struktur Lantai 1			
A.	Pekerjaan Balok	Rp 731.320.573,87	1,56	7
B.	Pekerjaan Plat Lantai	Rp 1.341.269.052,27	2,85	13
C.	Pekerjaan Kolom	Rp 532.229.228,20	1,13	14
D.	Pekerjaan <i>ShearWall</i>	Rp 374.531.852,58	0,80	4
E.	Pekerjaan Tangga	Rp 73.087.829,07	0,16	3

Gambar 3. 31 Time Schedule

Dalam penyusunan time schedule terdapat beberapa informasi yang dibutuhkan diantaranya item pekerjaan yang akan dilaksanakan, biaya serta bobot dari masing-masing item kerja, serta durasi pelaksanaan. Untuk memperoleh bobot dari setiap item kerja dapat dilakukan dengan cara $\frac{\text{Biaya item kerja}}{\text{Biaya total pekerjaan}} \times 100$. Sebagai contoh berdasarkan Gambar 3.31, biaya pekerjaan balok lantai 1 sebesar Rp 731.320.573,87 kemudian dibagi total biaya sebesar Rp 51.681.809.829,04 dan dikali 100, maka diperoleh bobot pekerjaan balok pada lantai 1 sebesar 1,15.

Kemudian untuk memperoleh durasi dapat dilakukan analisa sederhana menggunakan koefisien tenaga kerja yang terdapat pada analisa harga satuan pekerjaan. Berikut contoh koefisien tenaga kerja dari pekerjaan beton balok :

LANTAI 1							BALOK			
No.	Pekerjaan	Satuan	Koef	Total Koef	Jenis Tenaga Kerja	Kapasitas Pekerja / hari	Volume	Durasi Penyelesaian oleh 1 pekerja (hari)	Jumlah Tenaga Kerja	Durasi Penyelesaian oleh semua pekerja (hari)
a.	Beton	m ³	1,65	2,036	Pekerja	0,491159	82,384	167,734	60	2,796
			0,275		Tukang Batu					
			0,028		Kepala tukang					
			0,083		Mandor					
b.	Bekisting	m ²	0,66	1,056	Pekerja	0,94697	561,859	593,323	60	9,888712064
			0,33		Tukang					
			0,033		Kepala tukang					
			0,033		Mandor					
c.	Pembesian	kg	0,07	0,151	Pekerja	66,22517	16.397,948	247,609	60	4,126816838
			0,07		Tukang					
			0,007		Kepala tukang					
			0,004		Mandor					
										16,811
										2,401585457

Gambar 3. 32 Koefisien Tenaga Kerja Pekerjaan Beton Balok

Seperti data yang diperoleh pada Gambar 3.32, diketahui bahwa jumlah koefisien seluruh tenaga kerja sebesar 2,036 yang meliputi koefisien pekerja, tukang batu, kepala tukang, serta mandor. Dari koefisien tersebut dapat diketahui bahwa 1 pekerja dalam satu hari minimal dapat menyelesaikan pekerjaan beton sebesar:

$$\begin{aligned} &= 1 / 2,036 \\ &= 0,491159136 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

Jika dibandingkan dengan volume beton pekerjaan balok lantai 1 sebesar 82,384 m³, maka waktu yang dibutuhkan untuk 1 pekerja menyelesaikan pekerjaan tersebut yaitu:

$$\begin{aligned} &= 82,384 \text{ m}^3 / 0,491159136 \\ &= 167,734 \text{ hari} \end{aligned}$$

Apabila diasumsikan terdapat 60 orang pekerja yang menyelesaikan pekerjaan beton balok lantai 1 tersebut, maka waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikannya yaitu:

$$= 167,734 \text{ hari} / 60 \text{ pekerja} = 2,796 \text{ atau dapat digenapkan menjadi 3 hari.}$$

3.5 Arus Kas (Cash Flow)

Secara sederhana laporan arus kas / *cashflow* merupakan suatu sistem informasi proyek yang bertujuan untuk mengetahui semua aktivitas biaya yang keluar maupun masuk ke kas proyek. Penyusunan arus kas juga merupakan sebuah kegiatan kontrol biaya yang berguna untuk membandingkan biaya aktual pelaksanaan dengan yang telah direncanakan. Berdasarkan Tabel 3.20, secara umum terdapat tiga aktivitas utama yang menjadi pokok dalam penyusunan laporan arus kas, yaitu pembayaran progress, retensi, dan uang muka.

No.	Pekerjaan	Jumlah Harga	Durasi (Minggu)	BULAN I				
				1	2	3	4	1
I.	NILAI PROYEK TANPA PPN	Rp. 46.983.463.481						0,22
	PROGRESS FISIK							
	BOBOT MINGGUAN	100		0,00	0,00	0,00	0,22	0,52
	BOBOT MINGGUAN KUMULATIF			0,00	0,00	0,00	0,22	0,75
II.	CASH IN							
	UANG MUKA 20%	Rp. 9.396.692.696		Rp. 9.396.692.696				
	TOTAL PEMBAYARAN PROGRES	Rp. 46.983.463.481						Rp. 104.474.
	RETENSI 5%	Rp. 2.349.173.174						
	PINJAMAN KAS KANTOR	Rp. 933.669.270						
	JUMLAH CASH IN			Rp. 9.396.692.696	Rp.		Rp.	Rp. 104.474.
III.	CASH OUT							
	PEMBAHALIAN RETENSI 5%	Rp. 2.349.173.174						Rp. 5.223.
	PEMBAHALIAN UANG MUKA	Rp. 9.396.692.696						Rp. 20.894.4
	PEMBAHALIAN KAS KANTOR	Rp. 933.669.270						
1	Struktur Lantai 1							
A.	Pekerjaan Balok	Rp. 731.320.573,87	7	Rp. 104.474.368	Rp. 104.474.368	Rp. 104.474.368	Rp. 104.474.368	Rp. 104.474.
B.	Pekerjaan Plat Lantai	Rp. 1.341.269.052,27	13	Rp. 103.174.542	Rp. 103.174.542	Rp. 103.174.542	Rp. 103.174.542	Rp. 103.174.
C.	Pekerjaan Kolom	Rp. 532.229.228,20	14					Rp. 38.016.373
D.	Pekerjaan ShearWall	Rp. 374.531.852,58	4			Rp. 93.632.963	Rp. 93.632.963	Rp. 93.632.
E.	Pekerjaan Tangga	Rp. 73.087.829,07	3		Rp. 93.632.963			Rp. 24.392
2	Struktur Lantai 2							
A.	Pekerjaan Balok	Rp. 1.104.588.461,65	4				Rp. 276.147.185	Rp. 276.147.
B.	Pekerjaan Plat Lantai	Rp. 1.062.321.294,20	8				Rp. 132.885.161	Rp. 132.885.
C.	Pekerjaan Kolom	Rp. 506.375.173,44	11					
D.	Pekerjaan ShearWall	Rp. 374.531.852,58	4					Rp. 93.632.
E.	Pekerjaan Tangga	Rp. 73.087.829,07	3					Rp. 24.392
3	Struktur Lantai 3							
A.	Pekerjaan Balok	Rp. 1.027.131.102,29	6					
B.	Pekerjaan Plat Lantai	Rp. 1.000.021.632,31	8					
C.	Pekerjaan Kolom	Rp. 506.375.173,44	10					
D.	Pekerjaan ShearWall	Rp. 374.531.852,58	4					
E.	Pekerjaan Tangga	Rp. 68.436.001,74	2					
4	Struktur Lantai 4							
A.	Pekerjaan Balok	Rp. 852.457.742,51	6					
B.	Pekerjaan Plat Lantai	Rp. 891.082.366,15	8					
C.	Pekerjaan Kolom	Rp. 426.351.944,25	10					
D.	Pekerjaan ShearWall	Rp. 285.406.716,43	4					
E.	Pekerjaan Tangga	Rp. 65.507.308,53	2					
5	Struktur Lantai 5							

Gambar 3. 33 Ilustrasi Cash Flow Proyek

No.	Waktu	Bobot (%)	Pembayaran Progress (Rp)	Pengembalian Retensi (Rp)	Pengembalian Uang Muka (Rp)
1	Progress ke-1	0,24	Rp. 104.474.368	Rp. 5.223.718,38	Rp. 20.894.873,54
2	Progress ke-2	2,30	Rp. 1.010.705.808	Rp. 50.535.290,41	Rp. 202.141.161,64
3	Progress ke-3	2,75	Rp. 1.209.999.760	Rp. 60.499.987,98	Rp. 241.999.951,94
4	Progress ke-4	5,32	Rp. 2.339.766.901	Rp. 116.988.345,06	Rp. 467.953.380,22
5	Progress ke-5	5,45	Rp. 2.394.813.907	Rp. 119.740.695,33	Rp. 478.962.781,31
6	Progress ke-6	5,94	Rp. 2.612.984.317	Rp. 130.649.215,86	Rp. 522.596.863,44
7	Progress ke-7	6,52	Rp. 2.866.137.980	Rp. 143.306.898,99	Rp. 573.227.595,97
8	Progress ke-8	8,39	Rp. 3.690.209.417	Rp. 184.510.470,86	Rp. 738.041.883,44
9	Progress ke-9	12,24	Rp. 5.381.543.677	Rp. 269.077.183,84	Rp. 1.076.308.735,38
10	Progress ke-10	14,83	Rp. 6.521.603.868	Rp. 326.080.193,38	Rp. 1.304.320.773,50
11	Progress ke-11	8,63	Rp. 3.793.970.353	Rp. 189.698.517,67	Rp. 758.794.070,68
12	Progress ke-12	6,49	Rp. 2.856.220.826	Rp. 142.811.041,28	Rp. 571.244.165,14
13	Progress ke-13	5,47	Rp. 2.407.246.889	Rp. 120.362.344,44	Rp. 481.449.377,74
14	Progress ke-14	2,87	Rp. 1.263.398.842	Rp. 63.169.942,12	Rp. 252.679.768,47
15	Progress ke-15	2,68	Rp. 1.176.916.074	Rp. 58.845.803,69	Rp. 235.383.214,74
16	Progress ke-16	4,89	Rp. 2.149.058.111	Rp. 107.452.905,56	Rp. 429.811.622,24
17	Progress ke-17	2,56	Rp. 1.125.047.851	Rp. 56.252.392,54	Rp. 225.009.570,18
18	Progress ke-18	1,17	Rp. 512.532.658	Rp. 25.626.632,90	Rp. 102.506.531,61
19	Progress ke-19	1,28	Rp. 562.731.322	Rp. 28.136.566,10	Rp. 112.546.264,39
Total		100	Rp. 43.979.362.928	Rp. 2.198.968.146,39	Rp. 8.795.872.585,57

Tabel 3.25 Rekapitulasi Pembayaran Progress, Pengembalian Retensi, dan Pengembalian Uang Muka

Kegiatan pertama yaitu pembayaran progress. Aktivitas tersebut dilakukan oleh kontraktor dengan tujuan untuk memperoleh bayaran atas progress pekerjaan yang telah dilakukan. Kontraktor akan menghitung hasil prestasi pekerjaan yang telah dikerjakan secara berkala dan mengajukan pembayaran kepada pihak *owner*. Kemudian perwakilan pihak *owner* akan melakukan pengecekan untuk memastikan bahwa jumlah prestasi pekerjaan yang diajukan telah sesuai dengan hasil pekerjaan di lapangan. Apabila pihak *owner* telah yakin dengan keakuratan perhitungan prestasi pekerjaan yang diajukan kontraktor, sertifikat pembayaran dapat diterbitkan. Perhitungan pembayaran progress dari pihak *owner* ke kontraktor diperoleh dari hasil bobot kumulatif progress $\times \frac{\text{nilai proyek setelah Ppn 10\%}}{100}$ – pengembalian uang muka – pemotongan retensi. Pembayaran progress yang diajukan pada bulan pertama akan dilakukan pada minggu pertama di bulan berikutnya.

Retensi merupakan kegiatan pemotongan pembayaran biaya progress pekerjaan oleh pihak *owner* kepada kontraktor yang bertujuan untuk menjamin agar kontraktor melaksanakan pekerjaan secara maksimal. Retensi pada proyek tersebut yaitu 5% sehingga apabila dihitung besarnya nilai retensi yaitu $5\% \times$ nilai proyek tanpa PPn maka diperoleh nilai sebesar Rp. 2.198.968.146,39. Nilai retensi tersebut akan dipotong oleh *owner* disetiap pembayaran progress setiap bulan. Adapun pengembalian uang retensi tersebut kepada kontraktor akan diberikan pada saat masa pemeliharaan selesai.

Kegiatan terakhir yaitu pengembalian uang muka. Uang muka merupakan biaya yang dikeluarkan pihak *owner* pada awal pelaksanaan yang bertujuan untuk menjadi modal awal kontraktor melaksanakan pekerjaannya. Uang muka yang diberikan *owner* pada proyek tersebut sebesar 20% dari nilai proyek atau sebesar Rp. 8.795.872.585,57. Kegiatan pengembalian uang muka dilakukan kontraktor proporsional bersamaan saat pihak *owner* membayarkan progress pekerjaan, dan harus lunas dikembalikan pada saat progress mencapai 100%. Berikut contoh perhitungan pengembalian uang muka pada tahap pertama :

- Uang muka 20 % = Rp. 8.795.872.585,57
- Total pembayaran kumulatif hingga progress 100 % = Rp. 8.795.872.585,00
- **Pengembalian uang muka tahap-1 :**
 - = Persentase pengembalian uang muka × pembayaran progress tahap 1
 - = 20% × Rp. Rp 104.474.368
 - = Rp 20.894.873,54

Disamping tiga kegiatan pokok diatas, dilakukan peminjaman kas kantor pada akhir bulan ke-40 sebesar Rp. 748.310,523 dan dikembalikan saat pelaksanaan selesai atau pada masa pemeliharaan. Penentuan besar pinjaman diperoleh berdasarkan nilai minus terbesar pada sisa kas *cashflow*.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini terkait penyusunan analisa perhitungan biaya struktur atas terdapat beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Perhitungan volume pekerjaan struktur atas dilakukan dari lantai 1-16 (atap) atau sebanyak 16 lantai. Volume yang dihitung meliputi beberapa komponen, yaitu kolom, balok, plat lantai, *Corewall*, dan tangga. Dari masing- masing komponen terdapat tiga item pekerjaan yang dihitung yaitu beton, bekisting dan besi yang kuantitasnya dipisahkan sesuai dengan item material masing-masing, sehingga diperoleh hasil rekapitulasi volume pekerjaan struktur proyek Perumahan Rusun Cipinang Jakarta Timur sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Volume Struktur

No	Pekerjaan	Item Pekerjaan			Rasio Besi (kg/m ³)
		Beton (m ³)	Bekisting (m ²)	Besi (kg)	
	LANTAI 1				
A.	Balok	82,384	561,859	16.397,948	199,042
B.	Plat Lantai	166,303	923,908	23.744,813	142,780
C.	Kolom	53,286	398,200	12.903,259	242,149
D.	Shear Wall	41,516	112,221	12.820,239	308,803
E.	Tangga	14,999	108,419	1.244,871	82,999

Adapun rasio besi masing-masing komponen, diperoleh dari $\frac{\text{total berat besi}}{\text{total volume beton}}$.

Sebagai contoh pada pekerjaan balok :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{total berat besi}}{\text{total volume beton}} \\
 &= \frac{16.397,948 \text{ kg}}{82,384 \text{ m}^3} \\
 &= 199,042 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

2. Rencana Anggaran Biaya yang diperoleh dari pekerjaan struktur atas proyek Perumahan Rusun Cipinang Jakarta Timur sebesar Rp 46.983.463.480

kemudian ditambah dengan PPn sebesar 10 % sehingga diperoleh total biaya sebesar Rp51.681.809.829. Apabila dibandingkan dengan total gross floor area (GFA) proyek tersebut yakni seluas 15,081 m², maka dapat diperkirakan biaya pekerjaan struktur per m² yaitu sebesar Rp3.426.948 (sudah termasuk PPn 10%) Dalam penyusunan time schedule terdapat beberapa informasi yang dibutuhkan diantaranya item pekerjaan yang akan dilaksanakan, biaya serta bobot dari masing-masing item kerja, serta durasi pelaksanaan. Untuk memperoleh bobot dari setiap item kerja dapat dilakukan dengan cara $\frac{\text{Biaya item kerja}}{\text{Biaya total pekerjaan}} \times 100$. Durasi total pelaksanaan selama 23 bulan atau setara 94 minggu.

3. Laporan arus kas/ *cashflow* merupakan suatu sistem informasi proyek yang bertujuan untuk mengetahui semua aktivitas biaya yang keluar maupun masuk ke kas proyek. Penyusunan arus kas juga merupakan sebuah kegiatan kontrol biaya yang berguna untuk membandingkan biaya aktual pelaksanaan dengan yang telah direncanakan. Berdasarkan data proyek Perumahan Rusun Cipinang terdapat beberapa informasi yang diperoleh diantaranya, nilai uang muka yang ditetapkan yaitu 20 % atau sebesar Rp. 43.979.362.928, Retensi 5% atau sebesar Rp. 2.198.968.146,39. Pengembalian uang muka dilakukan bersamaan setiap pembayaran progress pekerjaan dan harus sudah lunas saat progress pekerjaan mencapai 100% atau disebut juga pada masa pemeliharaan.

4.2 Saran

Selama penyusunan Tugas Akhir tentu tidak terlepas dari berbagai kekurangan. Terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan masukan kepada setiap pihak terkait, diantaranya :

1. Perlunya memahami konsep teori secara komprehensif termasuk pada ilmu-ilmu pendukung seperti keprofesian, kontrak konstruksi, manajemen konstruksi selama perkuliahan. Hal ini dibutuhkan karena saat penyusunan tugas akhir menjadi sarana untuk mengasah pemahaman ilmu serta kompetensi yang telah diperoleh.

2. Perlunya peningkatan pengembangan kompetensi mahasiswa dalam mengoperasikan *software* penunjang seperti Autocad, Microsoft Office, Microsoft Project, Cost-X dan sebagainya. Hal ini sangat membantu dalam menyelesaikan tugas-tugas dasar bagi seorang *Quantity Surveyor*.
3. Senantiasa mengasah pengetahuan dan kompetensi dalam berbagai kesempatan sehingga dapat memiliki “*sense*” yang baik ketika terjun di dunia kerja nanti sebagai *quantity surveyor*.
4. Perlunya peningkatan dan pengalaman membaca gambar kerja dan bagaimana proses kerjanya, karena ketika tidak bisa membaca gambar kerja dan proses pekerjaan tidak diketahui maka proses menghitung kuantitas suatu pekerjaan dan membayangkan bagaimana proses kerjanya akan susah untuk dihitung. Dan setiap arsitek memiliki karakteristik dalam membuat detail gambar kerja, untuk itu perbanyaklah membaca gambar kerja dan pahami setiap proses pekerjaan konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

Hansen, Seng. (2015). *Manajemen kontrak konstruksi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Hansen, S. (2017). *Quantity Surveying: Pengantar Manajemen Biaya dan Kontrak Konstruksi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Husen, Abrar. (2009). *Manajemen proyek*. Yogyakarta: Andi Offset.

SNI 2847. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

SNI 03-2847. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.

<http://www.ilmuprojek.com/2019/06/cara-menghitung-volume-besi-spiral-borepile-dengan-mudah.html>

LAMPIRAN I