

PERPUSTAKAAN FTSP

HADIAN/RELI

TGL. TERIMA : 5 September 2005

NO. JUDUL : 001619

NO. INV. : 6720001619001

NO. INDUK :

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PERUBAHAN DESAIN (MUTU BETON DAN
JUMLAH TULANGAN) TERHADAP
BIAYA, KAPASITAS BEBAN DAN WAKTU PELAKSANAAN
PADA PEKERJAAN KOLOM**



RS

693.54

had

P

?

XVI, 124 p. : lang. bibl. 28

Disusun Oleh:

Nama : RINA INDRIANI

No. Mhs : 00 511 155

Nama : AGUSTIN NURUL AINI

No. Mhs : 00 511 164

o Beton - Kolom

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA**

2005

TUGAS AKHIR

PENGARUH PERUBAHAN DESAIN (MUTU BETON DAN JUMLAH TULANGAN) TERHADAP BIAYA, KAPASITAS BEBAN DAN WAKTU PELAKSANAAN PADA PEKERJAAN KOLOM

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta**

Oleh:

**Nama : RINA INDRIANI
No. Mhs : 00 511 155**

**Nama : AGUSTIN NURUL AINI
No. Mhs : 00 511 164**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2005**

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PERUBAHAN DESAIN
(MUTU BETON DAN JUMLAH TULANGAN) TERHADAP
BIAYA, KAPASITAS BEBAN DAN WAKTU PELAKSANAAN
PADA PEKERJAAN KOLOM**

Oleh:

Nama : RINA INDRIANI

No. Mhs : 00 511 155

Nama : AGUSTIN NURUL AINI

No. Mhs : 00 511 164

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

TUTI SUMARNINGSIH, Ir,Hj,ST,MT
Dosen Pembimbing



Tanggal : 25-04-2005

MOTTO

“Allah satu-satunya tempat bergantung”

(QS Al – Ikhlas : 2)

“Tak ada yang lebih setia menepati janji daripada Allah.”

(QS At Taubah : 111)

“ Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidup dan matiku hanyalah untuk Allah, penguasa semesta alam tiada sekutu bagi-Nya, dan demikian itulah yang diperintahkan kepadaku dan aku adalah orang yang pertama-tama menyerahkan diri kepada Allah.”

(QS Al An’am : 162-163)

“Sesungguhnya Allah tiada mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.”

(QS Ar-Ra’d : 11)

“Orang yang menghadapi maut yakin bahwa waktu perpisahan telah tiba.”

(QS Al – Qiyaamah : 28)

“Hendaklah ada diantaramu kelompok yang selalu mengajak kepada kebajikan, memerintahkan kepada yang makruf dan mencegah dari kemungkaran, Mereka itulah orang – orang yang bakal mencapai kebahagiaan.”

(QS Ali Imran : 104)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan perasaan bahagia dan sujud syukur

Berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya

Rina persembahkan Laporan Tugas Akhir ini kepada:

- ***Bapak dan Ibu tercinta (Hardjant, Ir dan Sessy Prabawati)***

Tak terhingga rasa terimakasihku atas do'a restu, kasih sayang, dorongan semangat, dan rasa percaya yang Bapak dan Ibu berikan kepadaku sehingga aku bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

- ***Adik-adik sepupuku tercinta (Desta, Novan, Desti)***

Terima kasih atas rasa kekeluargaan, kasih sayang, keceriaan dan keharmonisan yang telah kalian ciptakan.

- ***Keluargaku Tercinta :***

Om Pardi dan Tante Sri(makasih sebesar-besarnya bisa diterimanya rina di keluarga Om dan Tante); Mbah Hadi dan Mbah Hadi Kakung (alm); Nenek dan Kakek Ono(cepat sembuh ya...,kek!), Bi Deni dan Om Ade, Bi Esti dan Om Ade, Bi Ani dan Om Herman, Mang Obo dan Tante Yati, Bi Edna dan Om Tedi, Bi Entris dan Om duki, Wa Agung dan Wa rini; Tante Wur dan Om, Tante In dan Om Untung (makasih sebesar-besarnya),Tante Tuti dan Om,Om Hari, Om Nono dan Tante Menik, trima kasih atas dukungannya, kepercayaannya dan kasih sayangnya serta do'anya. Sepupu-sepupuku Jati, Adi, Budi, Pausi, Delvi, Rani, Dani, Heydi, Riyan, Nadia, Agi, Adit, Io, Aldi, Kiki, Rindi, Rea, Irma, dan Ari, trimakasih dukungan, do'a, dan keceriaannya

Special Thanks To :

- ***Allah SWT***

Aku mengucapkan syukur alhamdulillah atas semua rizki, karunia, nikmat, kesulitan-kemudahan, kesedihan-kebahagiaan dan kegagalan-kesuksesan yang telah Engkau berikan kepadaku. Semoga apa yang Kau berikan padaku tidak menjadi sia-sia dan menjadi bekal dalam perjalanan hidupku.

- ***Partner TA-ku (Nurul)***

Makasih banget atas semua kerja sama, dukungan dan semangatmu serta bisa menerima rina apa adanya dengan kekurangannya. Akhirnya laporan Tugas Akhir ini bisa selesai, tidak sia-sia kita bersama dalam suka maupun duka, maafin semua kesalahanku ya?!!!. (Kapan lagi qta bergadang bareng????)

- ***Temen dan Sahabat tercinta :***

Asthoel (Miss 'iteng'), Inoel (Miss Riweuh), Ithoel (Miss Ndut), Sasa (Miss Lohan), Yuni (Miss Serieus), Mba Wiwid (sabar ya mba...), Opik, Fian n Dina, Coco, Feri, Firman, Anton, Arif, Penjol, Faqih, Chun, Pulung "makasih dah jadi moderator kita ber dua", Puger "makasih dukungannya", Kadir, Wawan Mbut, Irma, Elis, Mas Eko, Iwan, makasih banget atas bantuan kalian semua. My Lovely Boy "Samsul Hidayat" makasih atas kesabarannya mendampingi aku selama ini. Kontrakan Yuni (Pia, Dwi, Dan Tita) "Bayar telfonnya nanti ya...?!", Kontrakan samsul (Fian, Anton, Jossi, Bowo), Kost-kostan Putra Mawar Family : Cun Djancuk, Adham Macan, Fani Homo, Adi Sundal, Agus Djomblo, Anto Toke', Anto, Uda dan warungnya.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT

Berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya

Nurul persembahkan Laporan Tugas Akhir ini kepada:

- ***Bapak dan Ibu tercinta (Sumarlan, Drs dan Ainun Jariyah)***

Tak terhingga rasa terimakasihku atas do'a restu, kasih sayang, perhatian, dan dorongan semangat, yang Bapak dan Ibu berikan kepadaku sehingga aku bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

- ***Adik - adikku tercinta (Lina dan Rais)***

Mba ga akan melupakan rasa kasih sayang, keceriaan dan kelucuan yang telah kalian ciptakan. Satu lagi kalian jangan sering bertengkar ya?? Mba pusing tau!!!!

- ***Saudara baruku (De-boy)***

Kenangan yang pernah kita alami bersama. Suka duka, tertawa menangis, marahan bahkan akan selalu i simpan dalam hati. Kasih sayangmu, dorongan semangatmu, perhatianmu, nasehatmu, ga akan i lupakan. Makasih d telah menjadi sodaraku. D telah banyak berkorban untuk i dan keluarga i. Adek – adek i adalah adek – adek d juga. Bapak ibu i, bapak ibu d juga. Sodara i, sodara d juga. Begitu sebaliknya.

- ***Keluargaku tercinta :***

Untuk Eyang putriku di Jepara. Matur nuwun sedanten nggih ???Om, Tante, yang ada di Jepara dan ada di Riau. Pakde, Budhe yang ada di Jepara,

Mojokerto dan Solo. Makasih atas semua doa, dorongan semangat, kasih sayangnya selama ini. Tak lupa sepupu – sepupuku yang lucu – lucu. Makasih ya????

Special Thanks To :

- ***Allah SWT***

Aku mengucapkan puji syukur Alhamdulillah atas semua rahmat, rezeki, karunia, nikmat, dan doa – doaku yang Kau kabulkan dan berikan padaku. Semoga Kau selalu dekat denganku. Bimbinglah aku ke jalanMu

- ***Patner TA-ku (Rina)***

Makasih banget atas tumpangan nginepnya, semua kerja sama, dukungan dan semangatmu selama ini. Akhirnya laporan Tugas Akhir ini bisa selesai, tidak sia-sia kita bersama dalam suka maupun duka, walau ujan deras tapi kita nekat ke proyek demi TA. Maafin semua keusilan dan kesalahanku ya?!!!.

- ***Temen dan Sahabat tercinta :***

Ucrit Item, Itoel Ndut, Yuni, Sasa, Samsul, Opik, Chocho (makasih laptopnya ya?), Feri, Firman, Habibie (makasih printernya ya?), Arif, Pulung (makasih dah jadi moderator seminar TA kita berdua). Pokoknya buat sahabat – sahabat sejatiku, bila nantinya kita ga akan bersama – sama lagi kalian tetap ada di hati inul. Inul ga akan lupakan waktu – waktu indah kita jalan – jalan, ke gunung, pantai dan banyak lagi. Sering calling – calling ya?jangan lupa ntar reuni lho?? Dan buat Mas Eko, Iwan, makasih banget atas bantuan kalian.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alikum Wr.Wb

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat menempuh jenjang pendidikan Strata Satu (S-1). Penyusun melaksanakan Tugas Akhir ini selama 6 bulan, dengan judul "PENGARUH PERUBAHAN DESAIN (MUTU BETON DAN JUMLAH TULANGAN) TERHADAP BIAYA, KAPASITAS BEBAN DAN WAKTU PELAKSANAAN PADA PEKERJAAN KOLOM". Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan pada proyek pembangunan Laboratorium Fakultas Kedokteran Umum, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Maksud dan tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan desain terhadap biaya, mutu dan waktu serta mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan desain.

Selama melaksanakan penelitian Tugas Akhir dan penyusunan laporan Tugas Akhir, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. DR. Ir. Luthfi Hasan, MS, selaku Rektor Universitas Islam Indonesia,
2. Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,

3. Ir. H. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
4. Ir. Hj. Tuti Sumarningsih, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
5. Ir. H. Faisol A. M, MS selaku Dosen Tamu I,
6. Ir. H. Tadjuddin BM. Aris, MS selaku Dosen Tamu II,
7. Hana Adi W, ST, selaku Tim Struktur Proyek serta rekan-rekan lain yang telah membantu dalam penelitian Tugas Akhir ini,
8. Bpk. Muh Karyadi selaku Administrasi Teknik yang telah membantu dalam pemberian data Tugas Akhir ini,
9. Norman A, ST selaku Drafter yang telah membantu dalam pemberian gambar struktur proyek,
10. Suhardi, selaku Pelaksana Struktur yang telah membantu memberikan informasi tentang tenaga kerja,
11. Eko Sulisty, ST, selaku dosen Teknik Sipil yang telah banyak membantu memberi masukan dan penjelasan,
12. Salam ta'zim dan bakti kami sampaikan kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta, beserta keluarga besar atas doa, kasih sayang, bimbingan, kesabaran serta dorongan semangat yang telah diberikan kepada kami selama ini,
13. Rekan-rekan seperjuanganku, khususnya keluarga besar Civil kelas C-2000. Terima kasih atas bantuan dan kerjasama serta tidak lupa saran dan kritiknya,

Penyusun menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Dan akhirnya penyusun berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semuanya.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Jogjakarta, April 2005

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Umum.....	6
2.2 Penelitian Yang Pernah Dilakukan	8
BAB III LANDASAN TEORI.....	13
3.1 Umum.....	13
3.2 Perubahan Desain.....	14

3.2.1	Definisi Perubahan Desain	14
3.2.2	Faktor – faktor Yang Mempengaruhi Perubahan Desain	14
3.2.3	Hal – hal Yang Dipengaruhi Oleh Perubahan Desain.....	16
3.3	Perencanaan Desain Struktur	18
3.4	Perhitungan Tulangan Kolom	19
3.5	Rencana Anggaran Biaya.....	22
3.5.1	Definisi.....	22
3.5.2	Komponen-Komponen Penyusun Rencana Anggaran Biaya	24
3.5.3	Analisis Harga Satuan	26
3.5.4	Metode Perhitungan	27
BAB IV	METODE PENELITIAN	30
4.1	Metode Penelitian.....	30
4.2	Metode Pengumpulan Data	30
4.2.1	Pengolahan Data.....	31
4.3	Metode Wawancara.....	31
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	33
5.1	Analisa Perhitungan Harga Bahan dan Upah untuk Kolom pada Proyek	33
5.2	Perhitungan Tulangan pada Kolom.....	41
5.2.1	Desain Awal	41
5.2.2	Desain Akhir	87
5.3	Pengaruh Mutu Terhadap Perubahan Desain	102

5.4 Pengaruh Waktu Terhadap Perubahan Desain	112
5.5 Tinjauan Faktor – faktor yang Mempengaruhi Perubahan Desain	116
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	121
6.1 Kesimpulan	121
6.2 Saran.....	122
DAFTAR PUSTAKA	123

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Kebutuhan Bahan Pada Pekerjaan Kolom	29
Tabel 5.1	Daftar Harga Bahan Untuk Pekerjaan Kolom Pada Proyek	34
Tabel 5.2	Daftar Harga Upah Untuk Pekerjaan Kolom Pada Proyek	34
Tabel 5.3	Daftar Harga Sewa Untuk Pekerjaan Kolom Pada Proyek	34
Tabel 5.4	Daftar Harga Bahan, Upah dan Alat Untuk Kolom pada Proyek	40
Tabel 5.5	Persentase Pengurangan Biaya Pekerjaan Kolom Beton Bertulang dari Desain Awal.....	100
Tabel 5.6	Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Pada Desain Awal (Segi Empat)	107
Tabel 5.7	Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Pada Desain Awal (Penampang L)	108
Tabel 5.8	Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Pada Desain Akhir (Segi Empat).....	109
Tabel 5.9	Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Pada Desain Akhir (Penampang L)	110
Tabel 5.10	Waktu Pelaksanaan Pekerjaan	112
Tabel 5.11	Hasil Wawancara Jumlah Pekerja	115
Tabel 5.12	Faktor –faktor Yang Mempengaruhi Perubahan Desain	120

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kartu Peserta Tugas Akhir

Lampiran 2 Perhitungan Tulangan Kolom Pada Desain Awal

Lampiran 3 Perhitungan Tulangan Kolom Pada Desain Akhir

Lampiran 4 Perhitungan Harga Satuan dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Lampiran 5 Perhitungan Waktu Untuk Pekerjaan Kolom

Lampiran 6 Lain - lain

Lampiran 7 Gambar Detail

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Komponen Penyusun RAB	26
Gambar 3.2 Bagan Perhitungan Biaya Pekerjaan	27
Gambar 4.1 Bagan Alir Tugas Akhir Penelitian	32

ABSTRAK

Dalam proses pembangunan suatu proyek, ada kalanya pelaksanaan tidak sesuai dengan apa yang direncanakan. Agar suatu bangunan bisa seefisien mungkin, maka perencanaan dan pelaksanaan harus saling berkaitan erat. Ketidaksiharian tersebut dapat disebabkan oleh faktor perubahan pada desain struktur. Desain arsitektur maupun perhitungan struktur pada proyek pembangunan Gedung Laboratorium Kedokteran Umum Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY) sebenarnya sudah selesai dilakukan. Tetapi ternyata pada penerapan struktur di lapangan, dimensi kolom tidak berubah. Oleh karena itu, perlu dilakukan perubahan desain dengan cara menaikkan mutu beton untuk mencapai kapasitas beban kolom. Hal ini dapat mengakibatkan jumlah tulangan kolomnya berkurang.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan desain, maka analisis dilakukan dengan cara perhitungan pada biaya, mutu dan waktu. Hal ini dikarenakan biaya, mutu dan waktu saling berkaitan dengan perubahan desain. Selain itu, perlu ditinjau pula faktor – faktor penyebab perubahan desain.

Dari hasil analisis, diperoleh hasil bahwa biaya yang diperlukan kolom pada desain awal adalah sebesar Rp. 540.531.384,80. Sedangkan pada desain akhir memerlukan biaya pekerjaan kolom sebesar Rp. 467.807.124,22. Mutu beton mengalami perubahan dari $f'c = 25$ Mpa menjadi $f'c = 35$ Mpa. Hal ini untuk memperoleh hasil perhitungan yang cukup signifikan. Waktu untuk menyelesaikan pekerjaan kolom, khususnya pembesian kolom mengalami perbedaan waktu. Setiap tahapnya, desain akhir memerlukan waktu selama 6 hari, sedangkan desain awal memerlukan waktu antara 6 s/d 8 hari.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan *life cycle* (siklus hidup) proyek, suatu proyek memiliki beberapa tahap, antara lain perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian. Jika suatu perencanaan telah ditetapkan, maka perencanaan tersebut harus diimplementasikan/dilaksanakan dan kemudian dikendalikan, dievaluasi, dan jika perlu disesuaikan/direncanakan kembali. Dalam pengendalian diupayakan agar proses dan hasil pelaksanaan sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan. Tetapi ada kalanya pelaksanaan tidak sesuai dengan apa yang direncanakan. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satu di antaranya adalah perubahan pada desain struktur.

Bangunan memiliki peranan penting dalam kehidupan masyarakat dan seringkali mempengaruhi suasana hidup bagi setiap individu. Sebagian besar dari hidup kita berada di sekitar atau di dalam bangunan, seperti : perumahan, kantor-kantor, pabrik-pabrik, rumah sakit, jembatan, dan sebagainya. Pengaruh yang sedemikian luas itu mengakibatkan sektor bangunan memegang peranan penting dalam meningkatkan kesejahteraan

dan perekonomian suatu negara. Yang menjadi masalah adalah bagaimana mendirikan suatu bangunan dengan cara seefisien mungkin. Karena itu, perencanaan dan pelaksanaan harus saling berkaitan erat.

Desain merupakan suatu proses untuk mendapatkan penyelesaian yang optimum. Dalam desain apa pun, harus ditentukan sejumlah kriteria untuk mengukur apakah nilai optimum tersebut telah tercapai atau belum. Untuk sebuah struktur, kriteria-kriteria tersebut dapat berupa biaya yang minimum, berat yang minimum, waktu konstruksi yang minimum, jumlah tenaga kerja minimum, biaya pembuatan produk-produk pemilik yang minimum, dan efisiensi pengoperasian yang maksimum bagi pemilik.

Desain struktur dapat didefinisikan sebagai suatu paduan dari sains dan seni, yang mengkombinasikan perasaan intuitif seorang insinyur yang berpengalaman mengenai perilaku struktur dengan pengetahuan yang mendalam mengenai prinsip-prinsip statika, dinamika, mekanika bahan, dan analisis struktur, untuk menciptakan suatu struktur yang aman dan ekonomis sehingga dapat berfungsi seperti yang diharapkan.

Untuk lebih jelasnya mengenai pengertian perubahan desain pada struktur yang dimaksud disini adalah perubahan desain pada pelaksanaan konstruksi di lapangan, dikarenakan ketidaksempurnaan/ketidaksesuaian gambar desain, sehingga gambar desain tersebut sulit/tidak sesuai untuk dilaksanakan di lapangan.

Perubahan desain dapat disebabkan oleh kelebihan beban akibat fungsi struktur, terlalu rendahnya taksiran atas efek-efek beban karena

penyederhanaan berlebihan dalam analisis strukturnya, dan akibat variasi-variasi dalam prosedur konstruksi. Selain itu perubahan desain juga dapat dilakukan berkaitan dengan luas penampang yang berhubungan dengan tampak arsitektural sebagai contoh adalah pada beberapa kasus desain kolom. Hal ini menjadi problem tersendiri. Sedangkan luas penampang baja dan mutu baja sangat rentan terhadap harga yang pada akhir – akhir ini cenderung naik.

Pengambilan keputusan untuk merubah desain harus ditinjau dari segi keamanan. Keputusan harus dibuat dengan mengetahui seberapa aman suatu struktur didesain. Tingkat keamanan secara normal dinyatakan dalam faktor keamanan. Faktor keamanan ini dapat didefinisikan dengan berbagai cara, tetapi secara umum dapat disebut sebagai perbandingan antara beban terhadap beban maksimum yang secara aktual diizinkan bekerja pada struktur. Oleh karena itu, jika sekiranya desain awal tidak sesuai dengan faktor keamanan maka desain tersebut dapat dirubah.

Penelitian ini dikhususkan pada perencanaan kolom. Dari desain arsitektur, perhitungan struktur sebenarnya sudah selesai dilakukan. Tetapi ternyata pada penerapan struktur di lapangan, dimensi kolom tidak berubah. Oleh karena itu, perlu dilakukan perubahan desain dengan cara menaikkan mutu beton untuk mencapai kapasitas beban kolom. Hal ini mengakibatkan jumlah tulangan kolomnya berkurang.

Tugas Akhir ini dititikberatkan pada pengaruh perubahan desain, terutama pada pekerjaan kolom, dikaitkan dengan beberapa penyebab perubahan desain dan akibat yang telah ditimbulkan. Penulangan kolom sangat berperan penting dalam memberikan fleksibilitas pada perencanaan struktur bangunan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian adalah sebagai berikut :

Bagaimanakah hubungan antara perubahan desain terhadap biaya, waktu dan mutu pada pekerjaan kolom yang memberikan efek sangat penting untuk kenyamanan struktur?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan desain terhadap biaya mutu dan waktu.
- b. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan desain untuk bangunan struktur.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk :

Memberikan tambahan pengetahuan tentang pengaruh perubahan desain struktur kolom terhadap biaya, mutu dan waktu.

1.5 Batasan Masalah

Agar permasalahan dari penulisan proposal Tugas Akhir ini tidak terlalu luas sehingga memerlukan waktu penelitian yang cukup lama, maka perlu adanya batasan-batasan masalah sebagai berikut :

- a. Penelitian dititikberatkan pada pekerjaan kolom.
- b. Analisis dilakukan terhadap biaya, mutu dan waktu yang dipengaruhi oleh perubahan desain.
- c. Penelitian dilakukan pada proyek bangunan gedung berlantai tiga.
- d. Penelitian dilakukan pada proyek Gedung Laboratorium Kedokteran Umum UMY.
- e. Perhitungan desain struktur beton tidak dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Kolom adalah elemen struktur suatu bangunan, yang berupa batang tekan vertikal dari rangka struktur, terutama memikul beban aksial serta meneruskannya ke elevasi yang lebih rendah dan akhirnya ke tanah dasar melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada satu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan *collapse* (runtuhnya) lantai yang bersangkutan, dan juga runtuh total seluruh strukturnya (Nawy,1990).

Keruntuhan kolom struktural merupakan hal yang sangat berarti ditinjau dari segi ekonomis maupun segi manusiawi. Oleh karena itu, dalam merencanakan kolom perlu lebih waspada, yaitu dalam memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi daripada yang dilakukan pada balok dan elemen *structural horizontal* lainnya, terlebih lagi karena keruntuhan tekan tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas.

Setiap perubahan, termasuk perubahan desain pada suatu proyek dapat diperkirakan akan mempunyai pengaruh atas tingkat hasil yang dicapai, antara lain biaya, mutu dan waktu.

Yang menjadi permasalahan adalah apakah dengan adanya perubahan desain akan mengurangi atau justru menambah biaya dan waktu? Demikian juga dengan mutu, apakah akan meningkatkan kualitas atau justru sebaliknya.

Biaya adalah jumlah segala usaha dan pengeluaran yang dilakukan dalam mengembangkan, memproduksi, dan aplikasi produk. Sedangkan mutu adalah suatu kondisi fisik, sifat, dan kegunaan suatu barang yang dapat memberi kepuasan konsumen secara fisik maupun psikologis, sesuai dengan nilai uang yang dikeluarkan (Iman Soeharto, 1995).

Mutu adalah sifat dan karakteristik produk atas jasa yang membuatnya memenuhi kebutuhan pelanggan atau pemakai (*customers*). Untuk mengetahui mutu suatu obyek adalah mengidentifikasi obyek, kemudian mengkaji sifat obyek tersebut agar memenuhi keinginan pelanggan. Setelah diidentifikasi materi produknya, selanjutnya dipertanyakan lebih jauh mengenai bentuk, ukuran, warna, berat, ketahanan, kinerja, dan lain-lain dari produk itu (Iman Soeharto, 1995).

Sedangkan waktu merupakan masa yang diperlukan untuk melakukan kegiatan dari awal sampai akhir. Biasanya waktu dinyatakan dengan jam, hari atau minggu. H.L.Gant merintis perencanaan dan pengendalian proyek yang sistematis dan analitis dengan memperkenalkan metode bagan balok. Metode ini mengidentifikasikan urutan kegiatan dan unsur waktu, yang terdiri dari waktu mulai, waktu selesai, dan saat pelaporan (Iman Soeharto, 1995).

2.2 Penelitian Yang Pernah Dilakukan

a. Bambang Tricahyo Rahino (Tesis, Program Pascasarjana, UII, 2001).

Penelitian yang dilakukan berjudul : “Pengaruh Faktor-Faktor Perubahan Desain Terhadap Pelaksanaan Konstruksi Pada Bangunan Gedung”. Rumusan permasalahan Penelitian tersebut adalah seperti apa ranking faktor-faktor perubahan desain tersebut terhadap waktu, biaya dan mutu dalam tahap pelaksanaan pekerjaan konstruksi pembangunan gedung pemerintah dan swasta? Metode penelitian berbentuk kuesioner dengan sistem baris dan lajur semacam tabel sehingga pengisiannya dengan cara pilihan yang sesuai. Hasil penelitiannya disajikan dalam bentuk *diagram pie* dan tabel, yang digunakan untuk meranking faktor-faktor yang berpengaruh terhadap perubahan desain. Sehingga kesimpulannya berupa peringkat/ranking dari pengaruh perubahan desain terhadap waktu, biaya, dan mutu, diranking dari ranking 1 sampai dengan 5. Maka temuan dalam variabel tersebut jelas dapat memberikan gambaran antara yang direncanakan dengan kenyataan di lapangan banyak perbedaan atau perubahan.

b. Bisman Nusantara (Evaluasi Kinerja Biaya Dan Waktu Dengan Menggunakan Konsep Nilai Hasil, Teknik Sipil, UII, 2003)

Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia sebagai sarana penunjang pendidikan sangat dibutuhkan guna menunjang mutu lulusan yang berkualitas global. Dalam pembangunan Laboratorium tersebut menggunakan sistem swakelola, masalah pengendalian biaya dan

waktu menjadi sangat penting bagi proyek. Metode yang digunakan dalam mengendalikan biaya dan waktu salah satu diantaranya adalah Metode Konsep Nilai Hasil. Konsep ini tidak hanya mampu menunjukkan varian dari biaya dan waktu pelaporan, namun juga dapat menunjukkan kinerja dari biaya dan waktu saat pelaporan. Dari analisis didapat hasil : dari segi biaya proyek ini mengalami penghematan biaya, dimana biaya rencana sebesar Rp 8.217.301.745,64, sementara perkiraan biaya total proyek menurut Konsep Nilai Hasil sebesar Rp 7.471.405.504,65, sehingga proyek mengalami keuntungan sebesar Rp 745.897.246.,99. Dari segi waktu proyek ini memang mengalami keterlambatan dari rencana *time schedule* pada pelaporan kedua. Namun dari waktu total yang diberikan, penyelesaian pekerjaan belum terlambat. Penyebab keterlambatan proyek karena kurangnya sumberdaya manusia, sehingga prestasi realisasi pekerjaan proyek, lebih kecil dari prestasi rencana.

c. Puteri Paramita (Analisis Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Struktur Pada Konstruksi Gedung Bertingkat, Teknik Sipil, UII, 2003)

Pengamatan terhadap pekerjaan struktur pada proyek yang ditinjau dimaksud untuk menghitung Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pada konstruksi gedung, khususnya pada pekerjaan struktur, kemudian menganalisis prosentase kenaikan biaya upah untuk tiap lantai.

Pada perhitungan anggaran untuk pelaksanaan pekerjaan struktural proyek, pertama kali dihitung volume untuk item pekerjaan

struktural yang diperoleh dari gambar rencana atau gambar kerja (*shop drawing*) yang telah dibuat. Kemudian dihitung biaya total material untuk tiap item pekerjaan, yaitu dengan mengalikan volume yang telah didapat dengan harga material. Untuk memperoleh biaya total tenaga kerja tiap item pekerjaan, volume yang telah didapat dikalikan dengan harga upah borongan. Biaya total tiap item pekerjaan didapatkan dengan menjumlahkan biaya material dan upah borongan.

d. Noviko Thaufik, Woro Palupi A. A (Analisis Rencana Anggaran Biaya Pada Konstruksi Gedung Dengan Metoda Non Bow, Teknik Sipil, UII, 2004)

Penelitian yang dilakukan adalah menghitung anggaran biaya dengan metode Non BOW. Prinsip dasar pada metode Non BOW adalah analisis koefisien bahan berdasarkan gambar rencana, sedangkan harga upah yang diperhitungkan merupakan upah borongan.

Hitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu proyek berpedoman pada gambar rencana. Untuk mendapatkan biaya yang efisien maka diperlukan pemanfaatan material yang efektif. Misalkan pada pekerjaan bekisting diharapkan pemakaian bahan sedapat mungkin menggunakan bahan yang dapat dimanfaatkan lagi untuk mengurangi anggaran biaya.

e. Lusena Sansibarta, Handoyo Sapto Nugroho (Analisis Biaya Pekerjaan Bekisting Balok Dan Plat Berdasarkan Analisa BOW Dibandingkan Dengan Pelaksanaan Di Lapangan, Teknik Sipil, UII, 2002)

Salah satu item pekerjaan pada proyek konstruksi adalah pekerjaan beton yang termasuk didalamnya adalah pekerjaan pembesian (penulangan), pekerjaan bekisting, dan pekerjaan beton (cor) itu sendiri. Pada pekerjaan bekisting, item – item pokok yang berpengaruh pada biaya bekisting adalah bahan – bahan dan upah pekerja untuk membuat, memasang dan membongkar bekisting. Bila bentuk sekelompok beton hanya sedikit dan dalam pembuatan bekisting tidak dapat dipergunakan lagi bahan – bahan yang telah satu kali pakai, maka biaya dari pembuatan bekisting akan tinggi, akan tetapi bilamana bahan dipakai beberapa kali, maka biaya persekali kali pakai akan relatif rendah.

Pengamatan terhadap pekerjaan bekisting balok dan plat yang terjadi pada proyek yang ditinjau, adalah untuk mendapatkan data – data yang berkenaan dengan pekerjaan bekisting mengenai suatu model bekisting, bahan/material yang digunakan, produktivitas pekerja, dan biaya yang dikeluarkan untuk pelaksanaan pekerjaan yang diamati. Biaya ini yang kemudian dibandingkan dengan biaya pada analisa PU (BOW) untuk mengetahui seberapa besar selisih biaya yang terjadi dan berapa nilai penghematan yang didapat.

Penelitian yang akan dilakukan adalah pada pekerjaan kolom, khususnya perubahan desain dari perencanaan sampai dengan pelaksanaan pada suatu proyek.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Desain pada suatu proyek yang sudah direncanakan ada kalanya berbeda dengan desain yang dilaksanakan di lapangan. Perubahan desain yang terjadi pada pelaksanaan konstruksi di lapangan dapat diantisipasi serta ditekan seminimal mungkin, oleh karena perubahan desain ini dapat berpengaruh cukup besar terhadap biaya, mutu dan waktu.

Praktek desain dewasa ini memanfaatkan pengetahuan tentang mekanika material, analisis stuktur, dan secara khusus, stabilitas struktur, bersama-sama dengan aturan-aturan desain demi menjamin keamanan. Yang paling luas digunakan adalah peraturan desain yang diterbitkan oleh *American Institute of Steel Construction (AISC)*, dalam *Load and Resistance Factor Steel Buildings-Allowable Stress Design and Plastic Design*.

AISC merupakan lembaga gabungan dari pabrik baja dan perusahaan konstruksi baja, serta perorangan yang tertarik pada penelitian dan perencanaan struktur baja. Hasil penelitiannya disintesa menjadi prosedur perencanaan praktis agar diperoleh struktur yang aman dan ekonomis. Sesuai dengan AISC, semua desain dan analisis kolom didasarkan atas luas penampang melintang bruto kolom.

3.2 Perubahan Desain

3.2.1 Definisi Perubahan Desain

Perubahan yaitu dari kata ubah yang berarti lain/beda, berubah artinya menjadikan lain/berbeda dengan semula. Perubahan yaitu berubahnya sesuatu (Kamus Umum Bahasa Indonesia Susunan W.J.S. Prawirodarminto Pusat Penelitian dan Pengembangan Bahasa Dep. P dan K).

Desain adalah tuntunan kondisi sebaik-baiknya antara para pelaku di dalam pelaksanaan pembangunan yaitu konsultan, arsitek, kontraktor, beserta sub-subnya agar produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, artinya gambar desain harus lengkap dan sesuai dengan kondisi proyek serta memenuhi standar yang berlaku terhadap lingkungan dan daerah yang akan dikerjakan (Owner Common dan Davis, 1997).

Sesuai dengan dua pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa perubahan desain merupakan suatu perbedaan antara desain awal dengan desain akhir yang diakibatkan oleh tuntutan kondisi dari para pelaku di dalam pelaksanaan pembangunan, dengan harapan desain akhir lebih baik dari desain awal.

3.2.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perubahan Desain

Perubahan desain mempunyai konsep yang perlu dicermati yaitu adanya pemahaman tingkat besar kecilnya perubahan desain, sehingga perlu

ditekan seminimal mungkin atau hindari terjadinya perubahan secara total pada perubahan desain tersebut. Oleh karena itu, perlu diketahui faktor – faktor yang mempengaruhi besar kecilnya perubahan desain. (Fritz Szhumacher dalam Bambang T R, 2001)

Faktor-faktor yang umumnya mempengaruhi terjadinya perubahan desain pada pelaksanaan konstruksi bangunan gedung adalah sebagai berikut :

- 1) Faktor kelengkapan gambar desain
- 2) Faktor kesesuaian desain dengan kondisi lokasi proyek
- 3) Faktor kesesuaian desain dengan standar yang berlaku
- 4) Faktor permintaan pimpinan proyek (untuk merubah desain karena sesuatu alasan)
- 5) Faktor persyaratan dari per data terhadap desain
- 6) Faktor kesesuaian antara gambar desain dengan RKS (Rencana Kerja dan Syarat)
- 7) Faktor kesesuaian desain dengan kondisi air tanah di lokasi proyek
- 8) Faktor pondasi di lapangan
- 9) Faktor bahan bangunan
- 10) Faktor perubahan guna bangunan
- 11) Faktor kesesuaian desain dengan perkiraan volume pekerjaan
- 12) Faktor kesalahan informasi dalam proses desain
- 13) Faktor kemudahan dalam pelaksanaan

Ke-13 (tiga belas) faktor yang menimbulkan perubahan desain tersebut akan menjadi kajian di dalam penelitian ini.

3.2.3 Hal-hal Yang Dipengaruhi Oleh Perubahan Desain

a. Biaya.

Perkiraan biaya memegang peranan penting dalam penyelenggaraan proyek. Fungsi dari perkiraan biaya adalah untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan untuk membangun proyek atau investasi, merencanakan dan mengendalikan sumber daya (material, tenaga kerja, pelayanan maupun waktu).

Perkiraan biaya di atas erat hubungannya dengan analisis biaya, yaitu pekerjaan yang menyangkut pengkajian biaya kegiatan-kegiatan terdahulu yang akan dipakai sebagai bahan untuk menyusun perkiraan biaya.

b. Mutu

Peningkatan kesesuaian mutu adalah upaya agar mutu meningkat sesuai dengan standar ketentuan menurut spesifikasi teknis. Selanjutnya mengelola aspek mutu dengan benar dan tepat, sehingga tercapai apa yang disebut dengan *fitness for use*. Yaitu, pengelolaan yang bertujuan mencapai persyaratan mutu proyek pada pekerjaan pertama tanpa adanya pengulangan dengan cara yang efektif dan ekonomis. Pengelolaan mutu proyek merupakan unsur dari pengelolaan proyek secara keseluruhan.

Permasalahan yang mempengaruhi mutu lebih banyak berawal dan didominasi oleh kualitas sumber daya manusia yang berkaitan dengan kemampuan dan ketrampilan teknis. Seperti penyusunan kriteria perencanaan dan spesifikasi, tata cara penyediaan material dan peralatan, pengerahan tenaga terampil dan sebagainya.

c. Waktu.

Pada bisnis konstruksi sering kali tersedia catatan perkiraan jumlah jam orang, untuk menyelesaikan suatu macam pekerjaan. Sehingga bila telah diketahui perkiraan tersebut dan ditentukan berapa besar jumlah tenaga kerja yang akan dipakai, maka angka kurun waktu dihitung dari rumus :

$$\text{Kurun waktu} = \frac{\text{Jam orang untuk menyelesaikan pekerjaan}}{\text{Jumlah tenaga kerja}}$$

Masalah – masalah yang berpengaruh terhadap waktu pelaksanaan konstruksi lebih banyak disebabkan oleh mekanisme penyelenggaraan, seperti keterlambatan pengadaan peralatan dan material, keterlambatan jadwal perencanaan, kelayakan jadwal konstruksi, masalah – masalah produktivitas dan sebagainya.

3.3 Perencanaan Desain Struktur

Perencanaan desain struktur didefinisikan sebagai paduan dari seni dan ilmu, yang menggabungkan intuisi seorang insinyur yang berpengalaman dalam kelakuan struktur dengan pengetahuan mendalam tentang prinsip statika, dinamika, mekanika bahan dan analisa struktur, untuk mendapatkan struktur yang ekonomis dan aman serta sesuai dengan tujuan pembuatannya (Salmon, Johnson dan Wira, 1986).

Suatu perencanaan harus sesuai dengan peraturan bangunan yang meliputi semua bidang yang berhubungan dengan keamanan seperti perencanaan struktur dan detail arsitektur. Hal ini juga disertai adanya filosofi perencanaan atau sering disebut perencanaan keadaan batas. Keadaan batas adalah suatu keadaan pada struktur bangunan dimana bangunan tersebut tidak bisa memenuhi fungsi yang telah direncanakan.

Pihak yang bertanggungjawab pada perencanaan disebut perencana. Perencana harus memahami prinsip perencanaan dan kelakuan struktur yang dicakup oleh aturan – aturan. Dimana spesifikasi yang berisi aturan – aturan tersebut ditujukan untuk menjamin keamanan. Jika tidak, maka hasil perencanaannya akan kasar, sangat konservatif, dan kadang – kadang tidak aman. Selain itu, perencana juga harus bertanggungjawab penuh terhadap keamanan.

Pelaku utama di dalam perubahan desain adalah konsultan perencana. Konsep yang perlu dicermati dalam perubahan desain adalah

pemahaman tingkat besar kecilnya perubahan desain. Yang perlu ditekan seminimal mungkin atau dihindari adalah adanya perubahan total pada desain. Hal ini dapat terjadi jika perencana atau konsultan perencana kurang profesional.

3.4 Perhitungan Tulangan Kolom

Pada suatu kerangka bangunan, kolom menempati posisi penting. Karena kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, bahkan dapat berakibat runtuhnya seluruh bangunan. Umumnya kegagalan komponen tekan tidak memberikan tanda – tanda yang jelas dan bersifat mendadak. Karena itu, dalam perencanaan kolom harus cermat dan dengan memberikan cadangan kekuatan yang lebih besar dibanding komponen lain.

Berdasarkan bentuk dan susunan tulangan, kolom dibedakan :

- a. kolom berpengikat sengkang, umumnya berupa kolom bujur sangkar atau segi empat
- b. kolom berpengikat spiral, umumnya pada kolom bundar
- c. kolom komposit, terdiri dari baja profil struktural yang dibungkus beton (Aboe, 2000)

Dari berbagai penelitian, diperoleh bahwa kolom berspiral ternyata lebih tangguh dari kolom bersengkang, karena itu SK-SNI memberikan faktor reduksi :

- a. kolom berpengikat spiral : $\emptyset = 0,70$
- b. kolom berpengikat sengkang : $\emptyset = 0,65$

Dalam penelitian yang dilakukan, ternyata jenis kolom yang dipakai pada struktur bangunan adalah kolom pendek berpengikat sengkang.

SK-SNI memberikan persyaratan tulangan kolom :

- a. Pembatasan tulangan untuk balok agar berlaku daktail dapat dilakukan dengan mudah. Tetapi untuk kolom agak sukar karena beban aksial lebih dominan, sehingga keruntuhan tekan sulit dihindari. Jumlah luas tulangan pokok memanjang kolom dibatasi dengan rasio tulangan : $0,01 < \rho_g < 0,08$ namun disarankan tidak lebih dari 4 %, agar penulangan tidak menjadi berdesakan terutama pada pertemuan balok kolom.
- b. Jumlah batang tulangan pokok memanjang / longitudinal minimal 4 batang untuk kolom berpengikat sengkang
- c. Jarak bersih antara tulangan memanjang :
 - 1) berpengikat sengkang $> 1,5 d_b$ atau 40 mm
 - 2) pada kolom berpengikat sengkang, bila jarak bersih tulangan memanjang > 150 mm harus dipasang kait pengikat.
- d. Pengikat sengkang ;
 - 1) menggunakan batang $> D10$ untuk kolom yang menggunakan tulangan pokok $< D32$, batang $> D12$ tetapi $< D16$ untuk tulangan pokok $> D32$
 - 2) spasi sengkang (pkp) :

< 16 Ø tulangan longitudinal

< 48 Ø sengkang

< ukuran terkecil (b : lebar) kolom

3) tebal penutup beton minimal 40 mm

Seperti pada balok, asumsi yang diambil pada kolom adalah :

- a. distribusi regangan linier di seluruh tebal kolom
- b. rekatan antara tulangan dan beton sempurna, tidak terjadi slip
- c. regangan hancur beton $\epsilon_c' = 0,003$
- d. beton tarik diabaikan

(Aboe, 2000)

Rumus yang digunakan dalam perhitungan perencanaan tulangan kolom dengan kapasitas beban sentris maksimum adalah fungsi linear yang diperoleh dengan menambahkan kontribusi beton, yaitu $(A_g - A_{st}) 0,85 f_c'$ dan baja $A_{st} f_y$.

$$P_o = 0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$$

dimana,

P_o = kapasitas beban sentris maksimum

f_c' = mutu beton

A_g = luas bruto total penampang beton

A_{st} = luas total tulangan baja

f_y = mutu baja

$$A_{st} = A_s + A's$$

dimana,

A_s = luas tulangan tarik baja

$A's$ = luas tulangan tekan baja

$$A_g = A_{st} \cdot \rho_g$$

(Aboe,2000)

3.5 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

3.5.1 Definisi

Menurut John W. Niron dalam bukunya Pedoman Praktis Anggaran dan Borongan (Rencana Anggaran Biaya Bangunan), 1990, definisi Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah sebagai berikut :

Rencana : himpunan planning termasuk detail atau penjelasan dan tata cara pelaksanaan pembuatan sebuah bangunan.

Anggaran : perkiraan atau perhitungan biaya suatu bangunan berdasarkan bestek dan gambar bestek.

Biaya : jenis / besarnya pengeluaran yang ada hubungannya dengan borongan yang tercantum dalam persyaratan yang terlampir.

Sedangkan menurut Sugeng Djojowiriono, 1991, Rencana Anggaran Biaya merupakan perkiraan /perhitungan biaya yang diperlukan untuk tiap item

pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek.

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, dapat didefinisikan bahwa Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah merencanakan suatu bangunan dalam bentuk faedah penggunaannya, beserta besar biaya yang diperlukan dan susunan – susunan dalam bidang administrasi maupun pelaksanaan kerja dalam bidang teknik.

Anggaran biaya suatu bangunan/proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisis, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan/proyek tersebut. Biaya adalah jumlah dari masing-masing hasil perkiraan volume dan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan.

Anggaran biaya merupakan harga bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Penaksiran anggaran biaya adalah proses perhitungan volume pekerjaan, harga dari berbagai macam bahan dan pekerjaan yang akan terjadi pada suatu konstruksi.

3.5.2 Komponen-komponen Penyusun RAB

Biaya terdiri dari dua macam antara lain :

a. Biaya Langsung (*direct cost*)

Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek (Iman Soeharto, 1995). Biaya langsung menurut P2SDM terdiri dari :

1). Kebutuhan material (unsur bahan)

Meliputi semua komponen pokok dan komponen penunjang dari material yang digunakan, mengingat kedua komponen tersebut akan berpengaruh cukup besar pada biaya.

2). Upah tenaga kerja (unsur upah)

Penetapan biaya tenaga kerja (upah satuan pekerjaan) merupakan komponen yang paling sulit dari analisa Rencana Anggaran Biaya konstruksi, khususnya ketika melakukan analisis teknis. Hal tersebut disebabkan oleh adanya berbagai kondisi yang mempengaruhi dan begitu menentukan terhadap tingkat produktifitas kelompok /individu.

3). Biaya peralatan (unsur upah/bahan)

Biaya peralatan diantaranya : pembelian dan sewa alat, mobilisasi dan demobilisasi, transportasi, memasang, membongkar juga pengoperasiannya selama konstruksi berlangsung.

b. Biaya Tak Langsung (*indirect cost*)

Biaya tak langsung adalah pengeluaran untuk manajemen, supervisi, dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalansi/produk permanen, tetapi diperlukan dalam rangka proses pembangunan proyek (Iman Soeharto, 1995). Biaya tak langsung menurut P2SDM terdiri dari :

1). *Overhead cost* (biaya umum)

- Gaji pekerja tetap : kantor pusat dan kantor lapangan
- Perhitungan sewa kantor, telepon, dan sebagainya
- Akomodasi perjalanan
- Biaya dokumentasi
- Bunga bank, notaris dan sebagainya
- Biaya peralatan kecil dan habis pakai

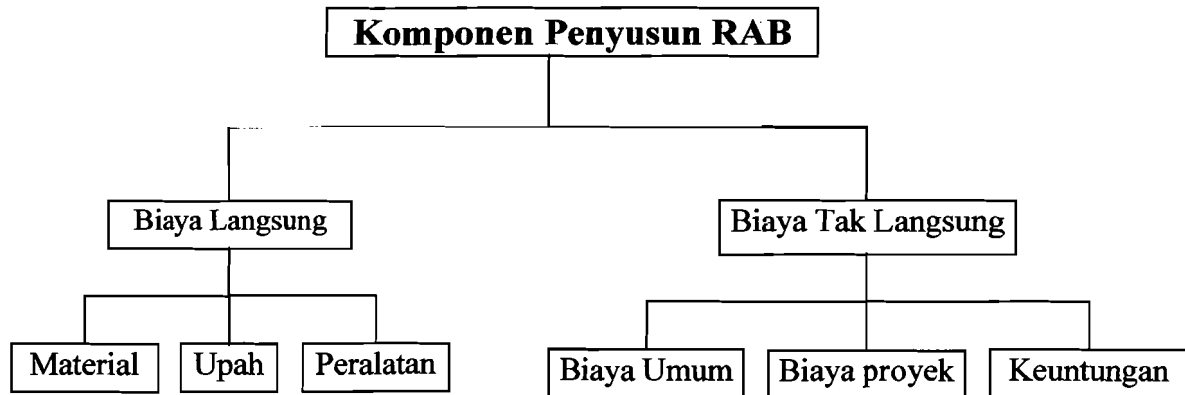
2). Biaya proyek

- Keamanan dan keselamatan kerja
- Biaya asuransi
- Pajak pertambahan nilai
- Surat ijin dan lokasi
- Inspeksi, pengujian dan pengetesan, dan sebagainya

3). *Profit* (keuntungan)

Keuntungan atau laba adalah suatu keadaan dimana biaya pendapatan proyek lebih besar daripada pengeluaran proyek, atau

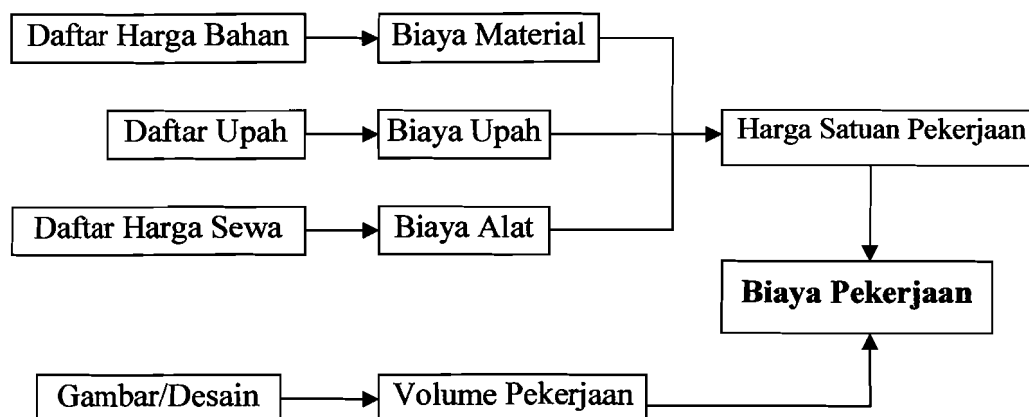
dengan kata lain biaya pada perencanaan proyek lebih besar daripada biaya pelaksanaannya.



Gambar 3.1 Bagan Komponen Penyusun RAB

3.5.3 Analisa Harga Satuan

Ada tiga istilah yang harus dibedakan dalam menyusun Rencana Anggaran Biaya, yaitu : Harga Satuan Bahan, Harga Satuan Upah, dan Harga Satuan Pekerjaan. Menurut Bachtiar Ibrahim dalam bukunya Rencana dan Estimate Real of Cost, 1991, bahwa harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Analisis adalah merupakan rumusan guna menetapkan harga dan upah masing-masing dalam bentuk satuan. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan di lokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah tenaga kerja.



Gambar 3.2 Bagan Perhitungan Biaya Pekerjaan

Bagan di atas merupakan gabungan pengertian Penyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari P2SDM dan Iman Soeharto. Bahwa dari daftar harga bahan dapat diperoleh biaya material, dari daftar upah dapat diperoleh biaya upah, sedangkan dari daftar harga sewa dapat diperoleh biaya alat. Penjumlahan dari biaya material, biaya upah dan biaya alat merupakan harga satuan pekerjaan.

Dari gambar/desain pada proyek dapat diperoleh volume pekerjaan. Untuk mengetahui biaya pekerjaan dapat dihitung dengan mengalikan harga satuan pekerjaan dengan volume pekerjaan.

3.5.4 Metode Perhitungan

Rencana Anggaran Biaya proyek gedung dapat dihitung dengan dua metode. Yaitu dengan metode BOW dan metode Non BOW (praktis). Untuk lebih jelasnya kedua metode tersebut dapat dijelaskan berikut ini.

Prinsip yang terdapat dalam metode BOW mencakup daftar indeks upah dan bahan yang telah ditetapkan. Keduanya menganalisa harga (biaya) yang diperlukan dalam membuat harga satuan pekerjaan. Komposisi, perbandingan dan susunan material serta tenaga kerja pada satu pekerjaan sudah ditetapkan, yang selanjutnya dikalikan dengan harga material dan upah yang berlaku saat itu.

Sedangkan analisa dengan metode Non BOW (praktis), untuk kebutuhan bahan/material sama dengan metode BOW akan tetapi nilai indeks bahan dicari berdasarkan gambar rencana dan kebutuhan upah mengacu pada harga borongan.

Pada penelitian ini, analisis harga satuannya menggunakan BOW yang meliputi indeks bahan/material, upah, dan alat yang sudah menjadi ketetapan dan ketentuan umum. Sedangkan harga bahan/material, upah, dan alat diperoleh dari proyek.

Sebelum menyusun dan menghitung harga satuan pekerjaan seseorang harus mampu menguasai cara pemakaian analisa BOW. BOW (*Burgerlijke Openbare Werken*) ialah suatu ketentuan dan ketetapan umum yang ditetapkan Dir. BOW tanggal 28 Februari 1921 No. 5372 A pada jaman pemerintahan Belanda.

Adapun, cara perhitungan biayanya adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung total harga bahan dan upah, sesuai item pekerjaan kolom antara lain pembesian, bekisting dan adukan beton. Untuk kemudahan dalam menghitung, diperlukan data sesuai tabel berikut :

Tabel. 3.1 Kebutuhan Bahan Pada Pekerjaan Kolom

Pekerjaan Pembesian 1 m³ Beton :
100 kg Besi beton
2 kg Kawat bendrat
100 kg Bar Cutter
Pekerjaan Bekisting 1 m³ Beton :
0.43 m ³ Kayu Kruing
4 kg Paku
Pekerjaan Adukan 1 m³ Beton :
1.05 m ³ Ready Mix
1 m ³ Alat Bantu (Pompa)
1 m ³ Vibrator

- b. Menghitung total berat besi yang digunakan untuk mengetahui harga satuan beton.
- c. Menghitung total biaya kolom dengan cara mengalikan antara volume beton dan harga satuan beton.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah suatu rangkaian atau tata cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas suatu permasalahan yang diuraikan menurut suatu tahapan yang sistematis.

4.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data ialah teknik atau cara-cara yang dapat digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Setelah didapat informasi dari data yang terkumpul maka dilakukan proses penyederhanaan untuk dapat memudahkan membaca dan menginterpretasikannya. Pengumpulan data dilakukan untuk membandingkan desain awal dengan desain akhir pada kolom. Data-data tersebut dapat berupa :

- a. Gambar denah kolom baik denah awal (perencanaan) maupun desain pelaksanaan (hasil perubahan), yaitu pada lantai dasar, lantai 1, dan lantai 2. Selain itu, detail penulangan kolom juga diperlukan pada penelitian ini.
- b. RKS, Struktur Organisasi Proyek serta data lain yang mendukung.

4.2.1 Pengolahan Data

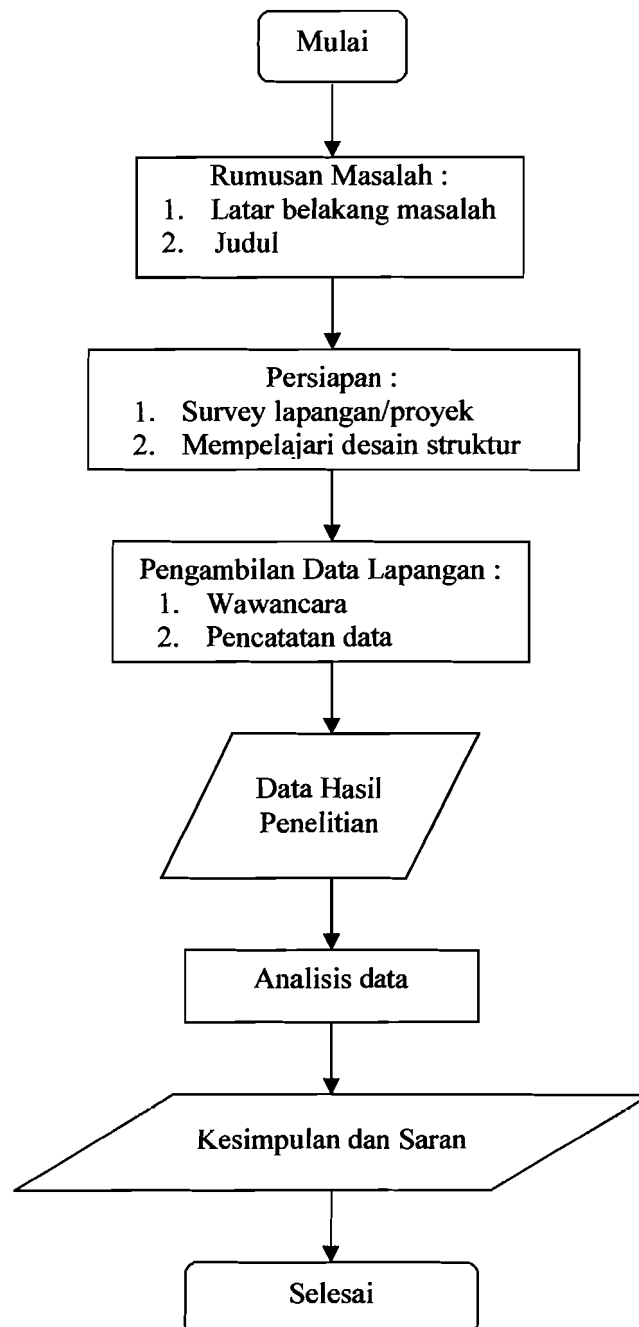
Pengolahan data dilakukan agar data yang diperoleh jelas dan dapat dipahami serta dapat mempermudah penelitian yang kami lakukan.

Adapun tahapan - tahapannya sebagai berikut :

- a. Studi Pustaka dari beberapa buku literatur.
- b. Merangkum teori yang saling berhubungan antara manajemen konstruksi dan hal – hal yang terkait.
- c. Mengumpulkan data dan penjelasan yang didapat dari Pelaksana Proyek Gedung Laboratorium Kedokteran UMY .
- d. Mempelajari metode konstruksi bangunan gedung bertingkat khususnya pada pekerjaan kolom.
- e. Menganalisa gambar denah dan detail penulangan kolom.

4.3 Metode Wawancara

Dalam penelitian ini, wawancara yang dilakukan oleh peneliti bertujuan untuk memperoleh informasi langsung dari sumber atau respondennya secara lebih mendalam, yaitu tentang hal yang berhubungan dengan perencanaan dan pelaksanaan dalam proyek. Peneliti melakukan wawancara (*interview*) dengan bagian perencana dan pelaksana terutama masalah desain kolom.



Gambar 4.1 Bagan Alir Tugas Akhir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Perhitungan Harga Bahan dan Upah untuk Kolom Pada Proyek

Anggaran biaya proyek pada pembahasan Tugas Akhir ini dihitung berdasarkan metode B.O.W yang terdiri dari daftar indeks bahan, komposisi, perbandingan dan susunan material yang telah ditetapkan. Adapun harga bahan dan harga satuan pekerjaan untuk tukang sesuai harga real yang dipakai proyek pada saat itu.

Untuk mengetahui harga bahan dan upah pada pekerjaan kolom, maka analisis dilakukan pada 3 item pekerjaan antara lain :

- a. Pekerjaan pembesian
- b. Pekerjaan bekisting
- c. Pekerjaan adukan beton /cor

Ketiga item pekerjaan tersebut akan dibahas satu persatu pada bab ini. Khusus pada item pekerjaan adukan beton/cor dilakukan 2 kali perhitungan dengan mutu beton yang berbeda yaitu mutu beton $f'c$ 25 Mpa dan $f'c$ 35 Mpa. Hal ini dikarenakan desain pada kolom mengalami perubahan. Perubahan yang terjadi bukan hanya pada jumlah tulangnya saja, tetapi juga pada mutu betonnya.

Dalam perhitungan, harga bahan, upah, dan alat merupakan harga yang dipakai proyek pada saat itu. Dengan ketentuan seperti tabel berikut :

Tabel. 5.1 Daftar Harga Bahan Untuk Pekerjaan Kolom Pada Proyek

No	Nama Bahan	sat	Harga (Rp)
1	Besi Ulir/Deform	kg	5100
	Besi Polos	kg	4900
2	Kawat bendrat	kg	7000
3	Kayu Kruing	m ³	1700000
4	Paku	kg	5775
5	Ready Mix fc 25 Mpa	m ³	256000
	Ready Mix fc 35 Mpa	m ³	291000

Tabel. 5.2 Daftar Upah Untuk Pekerjaan Kolom Pada Proyek

No	Item Pekerjaan	Harga Sat (Rp)	Satuan
1	Pekerjaan Pembesian 1 m ³ Beton	165	/kg/m ³
2	Pekerjaan Bekisting 1 m ³ Beton	8800	/kg/m ²
3	Pekerjaan Adukan 1 m ³ Beton	32000	/m ³

Tabel. 5.3 Daftar Harga Sewa Untuk Pekerjaan Kolom Pada Proyek

No	Nama Alat	Harga (Rp)	Sat
1	Bar Cutter	24,57	/kg
2	Pompa	9000	/m ³
3	Vibrator	2000	/m ³

a. Pekerjaan Pembesian 1 m³ Beton

Kebutuhan bahan yang dipakai dalam pekerjaan pembesian menurut B.O.W adalah (Tabel. 3.1):

- 1) 100 kg untuk besi beton
- 2) 2 kg untuk kawat bendrat

3) Sewa alat per 100 kg (bar cutter)

Sedangkan harga bahan yang digunakan proyek adalah (Tabel. 5.1) :

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Besi beton} &= \frac{\text{harga D25} + \text{harga P10}}{2} \\
 &= \frac{\text{Rp. 5.100,00} + \text{Rp 4.900,00}}{2} \\
 &= \text{Rp. 5.000,00/kg}
 \end{aligned}$$

2) Kawat bendrat = Rp. 7.000,00/kg

Harga bahan = jumlah (kebutuhan bahan x harga bahan)

$$\begin{aligned}
 &= (100 \times \text{Rp. 5.000,00}) + (2 \times \text{Rp. 7.000,00}) \\
 &= \text{Rp. 500.000,00} + \text{Rp. 14.000,00} \\
 &= \text{Rp. 514.000,00}
 \end{aligned}$$

Harga upah dengan harga satuan (Tabel. 5.2) Rp. 165,00 per (kg/m³) =
Rp. 18.500,00

Harga sewa alat pada (Tabel 5.3) Rp. 24,57 per (kg/m³) = Rp. 2.457,00

Baik harga satuan, harga tukang, maupun harga sewa alat tersebut diperoleh dari proyek.

Jadi, harga bahan dan upah pada pekerjaan pembesian 1 m³ beton untuk kolom adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \text{total harga bahan} + \text{harga upah} + \text{harga sewa alat} \\
 &= \text{Rp. 514.000,00} + \text{Rp. 18.500,00} + \text{Rp. 2.457,00} \\
 &= \text{Rp. 534.957,00}
 \end{aligned}$$

b. Pekerjaan Bekisting 1 m³ Beton

Menurut B.O.W, kebutuhan bahan yang dipakai pada pekerjaan bekisting adalah sebagai berikut (Tabel. 3.1):

- 1) 0,43 m³ untuk kayu kruing dengan 3 kali pemakaian
- 2) 4 kg untuk paku

Harga bahan yang dipakai di proyek adalah (Tabel. 5.1) :

- 1) Kayu kruing = Rp. 1.700.000,00
- 2) Paku = Rp. 5.775,00

$$\begin{aligned}
 \text{Total harga bahan} &= \text{jumlah (kebutuhan bahan x harga bahan)} \\
 &= (0,43 \times \text{Rp. 1.700.000,00}) + (4 \times \text{Rp. 5.775,00}) \\
 &= \text{Rp. 731.000,00} + \text{Rp. 23.100,00} \\
 &= \text{Rp. 754.100,00}
 \end{aligned}$$

Harga upah dengan harga satuan (Tabel. 5.2) Rp. 8800,00 per (kg/m²) =
Rp. 65.000,00

Baik harga satuan maupun harga tukang tersebut diperoleh dari proyek.

Jadi, harga bahan dan upah pada pekerjaan bekisting 1 m³ beton untuk kolom adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \text{total harga bahan} + \text{harga upah} \\
 &= \text{Rp. 754.100,00} + \text{Rp. 65.000,00} \\
 &= \text{Rp. 819.100,00}
 \end{aligned}$$

c. *Pekerjaan Adukan Beton f'c 25 Mpa (Desain Awal)*

Kebutuhan bahan pada adukan beton dengan mutu beton f'c 25 Mpa menurut B.O.W adalah (Tabel. 3.1) :

- 1) 1,05 m³ untuk ready mix
- 2) 1 m³ untuk alat bantu berupa pompa
- 3) 1 m³ untuk vibrator

Harga bahan ready mix yang dipakai adalah dari PT. Karya Beton. Sedangkan harga alat Bantu dari proyek dengan ketentuan sebagai berikut (Tabel. 5.1) :

- 1) Ready mix = Rp. 256.000,00
- 2) Alat Bantu = Rp. 9.000,00
- 3) Vibrator = Rp. 2000,00

$$\begin{aligned} \text{Total harga bahan} &= (\text{kebutuhan bahan} \times \text{harga bahan}) \\ &= (1,05 \times \text{Rp. 256.000,00}) \\ &= \text{Rp. 268.800,00} \end{aligned}$$

Harga upah dengan harga satuan (Tabel. 5.2) Rp. 32000,00 per m³ –
Rp. 34.000,00

Harga pompa dan vibrator pada (Tabel 5.3) Rp. 9000,00 + Rp. 2000,00
= Rp. 11.000,00 per m³

Baik harga satuan, harga tukang, maupun harga sewa alat tersebut diperoleh dari proyek.

Jadi, harga bahan dan upah pada pekerjaan adukan beton f'c 25 Mpa untuk kolom adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \text{total harga bahan} + \text{harga upah} + \text{harga sewa alat} \\
 &= \text{Rp. } 268.800,00 + \text{Rp. } 34.000,00 + \text{Rp. } 11.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 313.800,00
 \end{aligned}$$

d. Pekerjaan Adukan Beton f'c 35 Mpa (Desain Akhir)

Kebutuhan bahan pada adukan beton dengan mutu beton f'c 35 Mpa menurut B.O.W adalah (Tabel. 3.1) :

- 1) 1,05 m³ untuk ready mix
- 2) 1 m³ untuk alat bantu berupa pompa
- 3) 1 m³ untuk vibrator

Harga bahan ready mix yang dipakai adalah dari PT. Karya Beton. Sedangkan harga alat bantu dari proyek dengan ketentuan sebagai berikut (Tabel. 5.1):

- 1) Ready mix = Rp. 291.000,00
- 2) Alat Bantu = Rp. 9.000,00
- 3) Vibrator = Rp. 2000,00

$$\begin{aligned}
 \text{Total harga bahan} &= \text{kebutuhan bahan} \times \text{harga bahan} \\
 &= 1,05 \times \text{Rp. } 291.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 305.550,00
 \end{aligned}$$

Harga upah dengan harga satuan (Tabel. 5.2) Rp. 32000,00 per m³ =
Rp. 34.000,00

Harga pompa dan vibrator pada (Tabel 5.3) Rp. 9000,00 + Rp. 2000,00
= Rp. 11.000,00 per m³

Baik harga satuan, harga tukang, maupun harga sewa alat tersebut diperoleh dari proyek.

Jadi, harga bahan dan upah pada pekerjaan adukan beton f'c 35 Mpa untuk kolom adalah :

= total harga bahan + harga upah + harga sewa alat

= Rp. 305.550,00 + Rp. 34.000,00 + Rp. 11.000,000

= Rp. 350.550.00

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Tabel. 5.4 Daftar Harga Bahan, Upah dan Alat untuk Kolom pada Proyek.

Tabel. 5.4

Daftar Harga Bahan, Upah dan Alat untuk Kolom pada Proyek

Items Pekerjaan	Material / Bahan				Tukang			Sewa Alat				Harga bahan dan upah (Rp)		
	Meurut BOW		Harga (Rp)		Harga sat (Rp)	Real (Rp)			Harga (Rp)					
a	b		c	d=b*c	e	f	g		h	i=g*h	g=d+f+i			
Pekerjaan Pembesian 1 m ³ Beton	100	kg	Besi beton	@ 5.000	500.000	165	/m ³		100	kg	Bar Cutter	@ 24,57	2.457	534.957
	2	kg	Kawat bendrat	@ 7.000	14.000							18.500		
					514.000									
Pekerjaan Bekisting 1 m ³ Beton	0.43	m ³	Kayu Kruing	@ 1.700.000	731.000	8.800	/m ²							819.100
	4	kg	Paku Dipakai	@ 5.775	23.100									
					754.100									
1 m ³ Adukan Beton fc 25 Mpa (Desain Awal)	1.05	m ³	Ready Mix	@ 256.000	268.800	32.000	/m ³		1	m ³	Pompa	@ 9.000	9.000	313.800
					268.800						1	m ³	Vibrator	
1 m ³ Adukan Beton fc 35 Mpa (Desain Akhir)	1.05	m ³	Ready Mix	@ 291.000	305.550	32.000	/m ³		1	m ³	Pompa	@ 9.000	9.000	350.550
					305.550						1	m ³	Vibrator	

5.2. Perhitungan Kebutuhan Tulangan pada Kolom

5.2.1 Desain Awal

Contoh Perhitungan :

a) Kolom Lantai Dasar, Tipe K1, Dimensi 600 x 600mm

Kolom ini berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisinya 600 x 600 mm, dan tinggi dari kolom K1 adalah 3,95 m (Lampiran 7 Gambar Detail Kolom).

Jumlah kolom tipe K1 = 10 buah

Volume beton = sisi x sisi x tinggi kolom

$$= 0,60 \times 0,60 \times 3,95$$

$$= 1,422 \text{ m}^3$$

Volume beton total kolom tipe K1 = $10 \times 1,422 \text{ m}^3 = 14,22 \text{ m}^3$

Untuk perhitungan volume beton total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Beton Kolom Penampang Segi Empat (Lampiran 2.1).

Volume bekisting = keliling kolom x tinggi kolom

$$= 2 \times (0,60 + 0,60) \times 3,95$$

$$= 9,48 \text{ m}^2$$

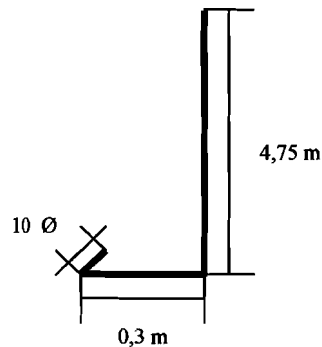
Volume bekisting total kolom tipe K1 = $10 \times 9,48 \text{ m}^2 = 94,8 \text{ m}^2$

Untuk perhitungan volume bekisting total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang

sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Bekisting Kolom Penampang Segi Empat (Lampiran 2.2).

Perhitungan kebutuhan besi :

1). Tulangan pokok



Elevasi lantai dasar = + 0,00 m

Elevasi lantai 1 = + 3,35 m

Jarak elevasi lantai dasar ke poer pile = 0,60 m

Tinggi poer pile = 0,80 m

(Lampiran 7 Gambar Detail Kolom dan
Detail Poer Pile-6)

$$\begin{aligned} \text{Panjang besi} &= (\text{elevasi lantai 1} - \text{lantai dasar}) + \text{jarak elevasi lantai} \\ &\quad \text{dasar ke poer pile} + \text{tinggi poer pile} \\ &= (3,35 - 0,00) + 0,60 + 0,80 \\ &= 4,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang besi tekuk} &= 12 \times D25 \\ &= 12 \times 0,025 \\ &= 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 10 \times D25 \\ &= 10 \times 0,025 \\ &= 0,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan pokok} &= \text{panjang besi} + \text{panjang besi tekuk} + \\ &\quad \text{panjang kait} \\ &= 4,75 + 0,3 + 0,25 \\ &= 5,30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang begel} &= \text{keliling bujur sangkar} + \text{panjang kait} \\
 &= (2 \times (0,50 + 0,50)) + 0,20 \\
 &= 2,20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan II = 1600 mm (Lampiran 7 Gambar
Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan II} / \text{jarak antar begel} \\
 &= 1600 / 150 \\
 &= 10,67 \approx 11 \text{ buah} \\
 &= 11 + 1 = 12 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

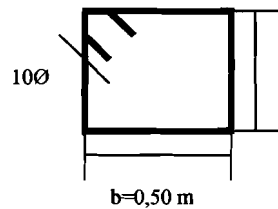
$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel luar} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat} \\
 &\quad \text{begel} \\
 &= 2,20 \times 12 \times 0,62 \\
 &= 16,37 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel potongan II} &= \text{volume begel luar} \\
 &= 16,37 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama dengan tinggi potongan yang berbeda, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9).

(b). Begel tumpuan potongan I atas Ø10-100

(1). begel luar



$$h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling bujur sangkar} + \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times (0,50 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 2,20 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom potongan I atas} = 1100 \text{ mm (Lampiran 7}$$

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan I atas} / \text{jarak begel}$$

$$= 1100 / 100$$

$$= 11 \text{ buah}$$

$$= 11 + 1 = 12 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\text{Volume begel luar} = \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat}$$

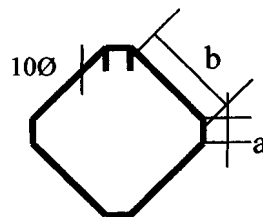
begel

$$= 2,20 \times 12 \times 0,62$$

$$= 16,37 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama dengan tinggi potongan yang berbeda dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9).

(2). begel dalam



$$\begin{aligned} a \text{ begel} &= \text{jarak antar tulangan} + (2 \times D25) \\ &= 0,04 + (2 \times 0,025) \\ &= 0,09 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \text{ begel} &= \text{Akar} [((3 \times \text{jarak antar tulangan}) + (3 \times D25))^2 + \\ &\quad ((3 \times \text{jarak antar tulangan}) + (3 \times D25))^2] \\ &= \text{Akar} [((3 \times 0,04) + (3 \times 0,025))^2 + \\ &\quad ((3 \times 0,04) + (3 \times 0,025))^2] \\ &= 0,276 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang begel} = ((4 \times a) + (4 \times b)) + \text{panjang kait}$$

$$= ((4 \times 0,09) + (4 \times 0,276)) + 0,20$$

$$= 1,66 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan I atas = 1100 mm (Lampiran 7

Gambar Detail kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

Jumlah begel = tinggi kolom potongan I / jarak begel

$$= 1100 / 100$$

$$= 11 \text{ buah}$$

$$= 11 + 1 = 12 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

Volume begel dalam = panjang begel x jumlah begel x berat

begel

$$= 1,66 \times 12 \times 0,62$$

$$= 12,38 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama dengan tinggi potongan yang berbeda dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Dalam Kolom (Lampiran 2.12 s/d 2.14).

Volume begel kolom potongan I atas = volume begel luar +

volume begel dalam

$$= 16,37 + 12,38$$

$$= 28,75 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel kolom K1} &= \text{volume begel potongan I bawah} + \text{volume} \\
 &\quad \text{begel potongan II} + \text{volume begel potongan} \\
 &\quad \text{I atas} \\
 &= 33,54 + 16,37 + 28,75 \\
 &= 78,66 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama dapat dilihat pada Rekapitulasi Kebutuhan Besi Tulangan Polos Kolom (Lampiran 2.16 s/d 2.17).

Perhitungan Total Berat Besi :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah volume} &= \text{volume besi} + \text{volume begel} \\
 &= 571,34 + 78,66 \\
 &= 650,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total berat besi} &= \text{jumlah volume} / \text{volume beton} \\
 &= 650,00 / 1,42 \\
 &= 457,10 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan total berat besi kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Total Berat Besi (Lampiran 2.17).

Harga satuan beton pada Proyek :

Harga upah dan bahan pada pekerjaan pembesian 1m³ beton /kg :

$$\frac{\text{total berat besi} \times \text{koef. bhn} \times \text{harga bahan, upah, alat pek. pembesian 1m}^3 \text{ beton}}{\text{Bahan dari B.O.W}}$$

$$= \frac{457,10 \times 1,1 \times \text{Rp. } 534.957}{100}$$

$$= \text{Rp. } 2.689.816,46$$

Harga satuan K1 pada lantai dasar

$$= \text{harga upah, bahan, upah (pekerjaan pembesian } 1\text{m}^3 \text{ beton} + 1\text{m}^3 \text{ adukan beton } f'c \text{ 25} + \text{pekerjaan pembesian } 1 \text{ m}^3 \text{ beton /kg)}$$

$$= \text{Rp. } 819.100,00 + \text{Rp. } 313.800,00 + \text{Rp. } 2.689.816,46$$

$$= \text{Rp. } 3.822.716,46$$

Perhitungan harga satuan pada kolom desain awal lainnya dengan $f'c$ yang sama dapat dilihat pada Harga Satuan Beton pada Proyek (Lampiran 4.1 s/d 4.2).

$$\text{Rencana Anggaran Biaya (RAB)} = \text{volume beton} \times \text{harga satuan}$$

$$= 14,22 \times \text{Rp. } 3.822.716,46$$

$$= \text{Rp. } 54.359.028,12$$

Perhitungan rencana anggaran biaya pada kolom desain awal lainnya dapat dilihat pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) Kolom (Lampiran 4.3), dengan jumlah total anggaran biaya tiap lantai.

b) Kolom Lantai Dasar, Tipe K3, Dimensi 600 x 600 mm

Kolom ini berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisinya 600 x 600 mm, dan tinggi dari kolom K3 adalah 4,10 m (Lampiran 7 Gambar Detail Kolom).

Jumlah kolom tipe K3 = 4 buah

$$\text{Volume beton} = \text{sisi} \times \text{sisi} \times \text{tinggi kolom}$$

$$= 0,60 \times 0,60 \times 4,10$$

$$= 1,48 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume beton total kolom tipe K3} = 4 \times 1,48 \text{ m}^3 = 5,90 \text{ m}^3$$

Untuk perhitungan volume beton total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Beton Kolom Penampang Segi Empat (Lampiran 2.1).

Volume bekisting = keliling kolom x tinggi kolom

$$= 2 \times (0,60 + 0,60) \times 4,10$$

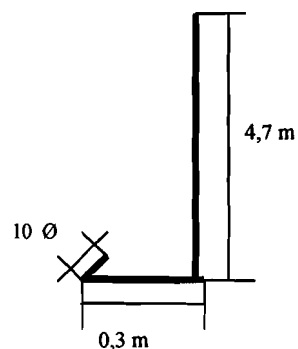
$$= 9,84 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume bekisting total kolom tipe K3} = 4 \times 9,84 \text{ m}^2 = 36,96 \text{ m}^2$$

Untuk perhitungan volume bekisting total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Bekisting Kolom Penampang Segi Empat (Lampiran 2.2).

Perhitungan kebutuhan besi :

1). Tulangan pokok



Elevasi lantai dasar = + 0,00 m

Elevasi lantai 1 = + 3,35 m

Jarak elevasi lantai dasar ke poer pile = 0,75 m

Tinggi poer pile = 0,6 m

(Lampiran 7 Gambar Detail Kolom dan

Detail Poer Pile-4)

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang besi} &= (\text{elevasi lantai 1} - \text{lantai dasar}) + \text{jarak elevasi lantai} \\
 &\quad \text{dasar ke poer pile} + \text{tinggi poer pile} \\
 &= (3,35 - 0,00) + 0,75 + 0,6 \\
 &= 4,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang besi tekuk} &= 12 \times \text{D25} \\
 &= 12 \times 0,025 \\
 &= 0,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang kait} &= 10 \times \text{D25} \\
 &= 10 \times 0,025 \\
 &= 0,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang tulangan pokok} &= \text{panjang besi} + \text{panjang besi tekuk} + \\
 &\quad \text{panjang kait} \\
 &= 4,7 + 0,3 + 0,25 \\
 &= 5,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Banyak tulangan pokok} = 24 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi tulangan D25} = 3,85 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume besi tulangan} &= \text{panjang tulangan pokok} \times \text{banyak tulangan} \\
 &\quad \times \text{berat besi tulangan} \\
 &= 5,25 \times 24 \times 3,85 \\
 &= 485,10 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume besi tulangan kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi

yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Pokok Kolom (Lampiran 2.3 s/d 2.4).

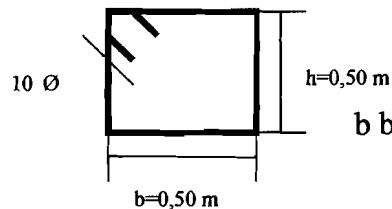
2). Begel

(a). Begel tumpuan potongan I bawah Ø10-100

(1). begel luar $h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$



$$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling bujur sangkar} + \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times (0,50 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 2,20 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom potongan I bawah} = 1250 \text{ mm (Lampiran 7$$

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom} / \text{jarak begel}$$

$$= 1250 / 100$$

$$= 12,5 \approx 13 \text{ buah}$$

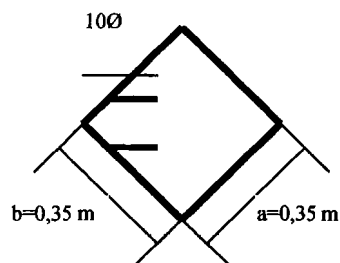
$$= 13 + 1 = 14 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel luar} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat} \\
 &\quad \text{begel} \\
 &= 2,20 \times 14 \times 0,62 \\
 &= 19,10 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

(2). Begel dalam



$$\begin{aligned}
 a \text{ begel} &= \text{Akar} [(((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2 + \\
 &\quad (((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2] \\
 &= \text{Akar} [(((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2 + (((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2] \\
 &= 0,35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b \text{ begel} &= \text{Akar} [(((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2 + \\
 &\quad (((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2] \\
 &= \text{Akar} [(((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2 + (((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2] \\
 &= 0,35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang begel} &= \text{keliling bujur sangkar} \times \text{panjang kait} \\ &= (4 \times 0,35) + 0,20 \\ &= 1,60 \text{ m}\end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I bawah = 1250 mm (Lampiran 7
Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I bawah} / \text{jarak antar} \\ &\quad \text{begel} \\ &= 1250 / 100 \\ &= 12,5 \approx 13 \text{ buah} \\ &= 13 + 1 = 14 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume begel dalam} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat} \\ &\quad \text{begel} \\ &= 1,60 \times 14 \times 0,62 \\ &= 13,89 \text{ kg}\end{aligned}$$

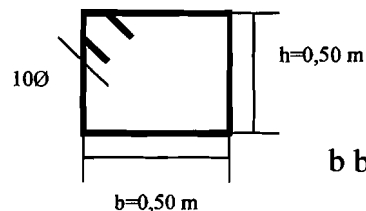
Untuk perhitungan volume begel dalam kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan

Kebutuhan Besi Tulangan Begel Dalam Kolom (Lampiran 2.12 s/d 2.14) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned} \text{Volume begel kolom potongan I bawah} &= \text{volume begel luar} + \\ &\quad \text{volume begel dalam} \\ &= 19,10 + 13,89 \\ &= 32,99 \text{ kg} \end{aligned}$$

(b). Begel lapangan potongan II Ø10-150

$$\text{(1). begel luar} \quad h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$



$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling bujur sangkar} + \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times (0,50 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 2,20 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan II = 1750 mm (Lampiran 7 Gambar
Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom} / \text{jarak begel}$$

$$= 1750 / 150$$

$$= 11,67 \approx 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

Volume begel luar = panjang begel x jumlah begel x berat

begel

$$= 2,20 \times 13 \times 0,62$$

$$= 17,73 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

Volume begel potongan II = volume begel luar

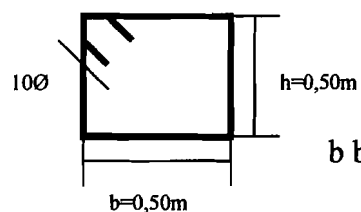
$$= 17,73 \text{ kg}$$

(c). Begel tumpuan potongan I atas Ø10-100

(1). begel luar $h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$



$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang begel} &= \text{keliling bujur sangkar} + \text{panjang kait} \\ &= (2 \times (0,50 + 0,50)) + 0,20 \\ &= 2,20 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I atas = 1100 mm (Lampiran 7
Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I atas} / \text{jarak begel} \\ &= 1100 / 100 \\ &= 11 \text{ buah} \\ &= 11 + 1 = 12 \text{ buah} \end{aligned}$$

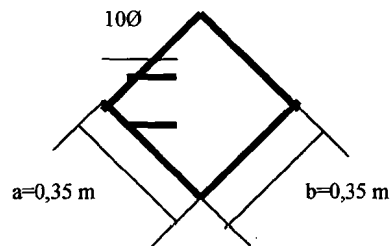
$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume begel luar} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat} \\ &\quad \text{begel} \\ &= 2,20 \times 12 \times 0,62 \\ &= 16,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang

Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

(2). begel dalam



$$\begin{aligned} a \text{ begel} &= \text{Akar } [(((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2 + \\ &\quad (((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2] \\ &= \text{Akar } [(((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2 + (((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2] \\ &= 0,35 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \text{ begel} &= \text{Akar } [(((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2 + \\ &\quad (((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2] \\ &= \text{Akar } [(((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2 + (((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2] \\ &= 0,35 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang begel} &= \text{keliling bujur sangkar} \times \text{panjang kait} \\ &= (4 \times 0,35) + 0,20 \\ &= 1,60 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I atas = 1100 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I bawah} / \text{jarak antar} \\
 &\quad \text{begel} \\
 &= 1100 / 100 \\
 &= 11 \text{ buah} \\
 &= 11 + 1 = 12 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel dalam} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat} \\
 &\quad \text{begel} \\
 &= 1,60 \times 12 \times 0,62 \\
 &= 11,90 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel dalam kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Dalam Kolom (Lampiran 2.12 s/d 2.14) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel kolom potongan I atas} &= \text{volume begel luar} + \\
 &\quad \text{volume begel dalam} \\
 &= 16,37 + 11,90 \\
 &= 28,27 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel kolom K3} &= \text{volume begel potongan I bawah} + \text{volume} \\
 &\quad \text{begel potongan II} + \text{volume begel potongan} \\
 &\quad \text{I atas} \\
 &= 32,98 + 17,73 + 28,27
 \end{aligned}$$

$$= 78,98 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Rekapitulasi Kebutuhan Besi Tulangan Polos Kolom (Lampiran 2.16 s/d 2.17).

Perhitungan Total Berat Besi :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah volume} &= \text{volume besi} + \text{volume begel} \\ &= 485,10 + 101,56 \\ &= 586,66 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total berat besi} &= \text{jumlah volume} / \text{volume beton} \\ &= 586,66 / 1,48 \\ &= 397,46 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan total berat besi kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Total Berat Besi (Lampiran 2.17).

Harga satuan beton pada Proyek :

Harga upah dan bahan pada pekerjaan pembesian 1m³ beton /kg :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{total berat besi} \times \text{koef. bhn} \times \text{harga bhn, upah, alat pek pembesian 1m}^3 \text{ beton}}{\text{Bahan dari B.O.W}} \\ &= \frac{397,46 \times 1,1 \times \text{Rp. } 534.957,00}{100} \\ &= \text{Rp. } 2.338.884,19 \end{aligned}$$

Harga satuan K3 pada lantai dasar

$$\begin{aligned}
&= \text{harga bahan, upah, alat (pekerjaan pembesian } 1\text{m}^3 \text{ beton} + 1\text{m}^3 \\
&\quad \text{adukan beton f'c 25} + \text{pekerjaan pembesian } 1 \text{ m}^3 \text{ beton /kg)} \\
&= \text{Rp. } 819.100,00 + \text{Rp. } 311.800,00 + \text{Rp. } 2.338.884,19 \\
&= \text{Rp. } 3.471.784,19
\end{aligned}$$

Perhitungan harga satuan pada kolom desain awal lainnya dengan f'c yang sama, dapat dilihat pada Harga Satuan Beton pada Proyek (Lampiran 4.1 s/d 4.2).

$$\begin{aligned}
\text{Rencana Anggaran Biaya (RAB)} &= \text{volume beton} \times \text{harga satuan} \\
&= 5,90 \times \text{Rp. } 3.471.784,19 \\
&= \text{Rp. } 20.497.413,89
\end{aligned}$$

Perhitungan rencana anggaran biaya pada kolom desain awal lainnya dapat dilihat pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) Kolom (Lampiran 4.3 s/d 4.4), dengan jumlah total anggaran biaya tiap lantai.

c) Kolom Lantai Dasar, Tipe K6, Dimensi 400 x 600mm

Kolom ini berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisinya 400 x 600 mm, dan tinggi dari kolom K6 adalah 4,125 m (Lampiran 7 Gambar Detail Kolom)

Jumlah kolom tipe K6 = 2 buah

Volume beton = sisi x sisi x tinggi kolom

$$= 0,40 \times 0,60 \times 4,13$$

$$= 0,99 \text{ m}^3$$

Volume beton total kolom tipe K6 = $2 \times 0,99 \text{ m}^3 = 1,98 \text{ m}^3$

Untuk perhitungan volume beton total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Beton Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.1).

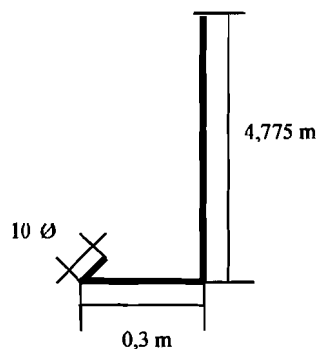
$$\begin{aligned}\text{Volume bekisting} &= \text{keliling kolom} \times \text{tinggi kolom} \\ &= 2 \times (0,40 + 0,60) \times 4,13 \\ &= 8,25 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Volume bekisting total kolom tipe K6} = 4 \times 9,84 \text{ m}^2 = 16,5 \text{ m}^2$$

Untuk perhitungan volume bekisting total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Bekisting Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.2).

Perhitungan kebutuhan besi :

1). Tulangan pokok



Elevasi lantai dasar = + 0,00 m

Elevasi lantai 1 = + 3,375 m

Jarak elevasi lantai dasar ke poer pile = 0,75 m

Tinggi poer pile = 0,65 m

(Lampiran 7 Gambar Detail Kolom dan Detail Poer Pile-5)

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= (\text{elevasi lantai 1} - \text{lantai dasar}) + \text{jarak elevasi lantai} \\ &\quad \text{dasar ke poer pile} + \text{tinggi poer pile} \\ &= (3,375 - 0,00) + 0,75 + 0,65 \\ &= 4,78 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang besi tekuk} &= 12 \times D25 \\
 &= 12 \times 0,025 \\
 &= 0,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang kait} &= 10 \times D25 \\
 &= 10 \times 0,025 \\
 &= 0,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang tulangan pokok} &= \text{panjang besi} + \text{panjang besi tekuk} + \\
 &\quad \text{panjang kait} \\
 &= 4,78 + 0,3 + 0,25 \\
 &= 5,33 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Banyak tulangan pokok} = 20 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi tulangan D25} = 3,85 \text{ kg/m}$$

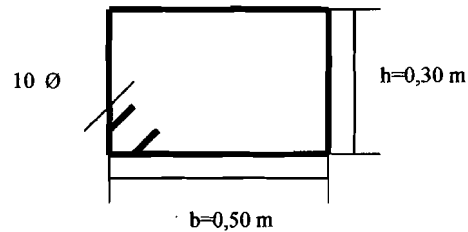
$$\begin{aligned}
 \text{Volume besi tulangan} &= \text{panjang tulangan pokok} \times \text{banyak tulangan} \\
 &\quad \times \text{berat besi tulangan} \\
 &= 5,33 \times 20 \times 3,85 \\
 &= 410,03 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume besi tulangan kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Pokok Kolom (Lampiran 2.3 s/d 2.4).

2). Begel

(a). Begel tumpuan potongan I bawah Ø10-100

(1). begel luar



$$h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,40 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,30 \text{ m}$$

$$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom potongan I bawah} = 1250 \text{ mm (Lampiran 7)}$$

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan I bawah} / \text{jarak begel}$$

$$= 1250 / 100$$

$$= 12,5 \approx 13 \text{ buah}$$

$$= 13 + 1 = 14 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

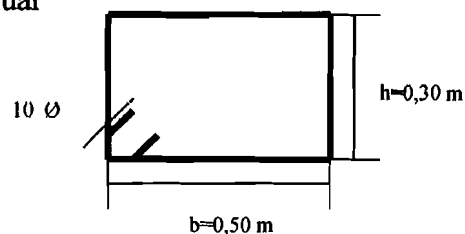
$$\begin{aligned} \text{Volume begel luar} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat} \\ &\quad \text{begel} \\ &= 1,8 \times 14 \times 0,62 \\ &= 15,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned} \text{Volume begel potongan I bawah} &= \text{volume begel luar} \\ &= 15,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

(b). Begel lapangan potongan II Ø10-150

(1). begel luar



$$\begin{aligned} h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,40 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \end{aligned}$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom potongan II} = 1775 \text{ mm (Lampiran 7 Gambar$$

Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan II} / \text{jarak begel}$$

$$= 1775 / 150$$

$$= 11,83 \approx 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\text{Volume begel luar} = \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat begel}$$

$$= 1,8 \times 13 \times 0,62$$

$$= 14,51 \text{ kg}$$

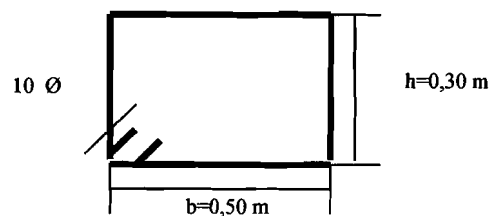
Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang

Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned}\text{Volume begel potongan II} &= \text{volume begel luar} \\ &= 14,51 \text{ kg}\end{aligned}$$

(b). Begel tumpuan potongan I atas Ø10-100

(1). begel luar



$$\begin{aligned}h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,40 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,30 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang begel} &= \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait} \\ &= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20 \\ &= 1,8 \text{ m}\end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan II = 1100 mm (Lampiran 7 Gambar

Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

Jumlah begel = tinggi kolom potongan II / jarak begel

$$= 1100 / 100$$

$$= 11 \text{ buah}$$

$$= 11 + 1 = 12 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

Volume begel luar = panjang begel x jumlah begel x berat

begel

$$= 1,8 \times 12 \times 0,62$$

$$= 13,39 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

Volume begel potongan I atas = volume begel luar

$$= 13,39 \text{ kg}$$

Volume begel kolom K6 = volume begel potongan I bawah + volume

begel potongan II + volume begel potongan

I atas

$$= 15,62 + 14,51 + 13,39$$

$$= 43,52 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Rekapitulasi Kebutuhan Besi Tulangan Polos Kolom (Lampiran 2.16 s/d 2.17).

Perhitungan Total Berat Besi :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah volume} &= \text{volume besi} + \text{volume begel} \\ &= 410,03 + 43,52 \\ &= 453,55 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total berat besi} &= \text{jumlah volume} / \text{volume beton} \\ &= 453,55 / 0,99 \\ &= 458,13 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan total berat besi kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Total Berat Besi (Lampiran 2.17).

Harga satuan beton pada Proyek :

Harga upah dan bahan pada pekerjaan pembesian 1m³ beton /kg :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{total berat besi} \times \text{koef bhn} \times \text{harga bhn, upah, alat pek pembesian 1m}^3 \text{ beton}}{\text{Bahan dari B.O.W}} \\ &= \frac{458,13 \times 1,1 \times \text{Rp. } 534.957,00}{100} \\ &= \text{Rp. } 2.695.880,14 \end{aligned}$$

Harga satuan K6 pada lantai dasar

$$\begin{aligned} &= \text{harga upah \& bahan (pekerjaan pembesian 1m}^3 \text{ beton} + 1\text{m}^3 \text{ adukan} \\ &\quad \text{beton f'c 25} + \text{pekerjaan pembesian 1 m}^3 \text{ beton /kg)} \\ &= \text{Rp. } 819.100,00 + \text{Rp. } 311.800,00 + \text{Rp. } 2.695.880,14 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 3.828.780,14$$

Perhitungan harga satuan pada kolom desain awal lainnya dengan $f'c$ yang sama, dapat dilihat pada Harga Satuan Beton pada Proyek (Lampiran 4.1 s/d 4.2).

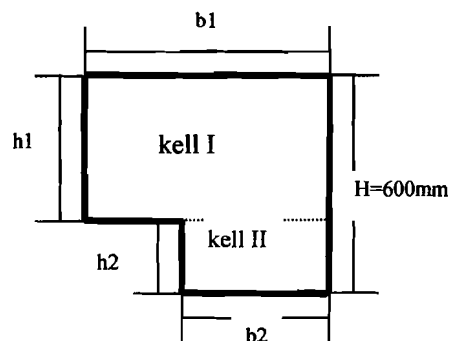
$$\begin{aligned} \text{Rencana Anggaran Biaya (RAB)} &= \text{volume beton} \times \text{harga satuan} \\ &= 1,98 \times \text{Rp. } 3.828.780,14 \\ &= \text{Rp. } 7.580.984,67 \end{aligned}$$

Perhitungan rencana anggaran biaya pada kolom desain awal lainnya dapat dilihat pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) Kolom (Lampiran 4.3 s/d 4.4), dengan jumlah total anggaran biaya tiap lantai.

d) Kolom Lantai Dasar, Tipe K8, Dimensi L 400 x 600 mm

Kolom ini mempunyai bentuk L, dengan dimensi kolom L 400 x 600 mm, dan tinggi dari kolom K8 adalah 4,175 m (Lampiran 7 Gambar Detail Kolom).

Jumlah kolom tipe K8 – 2 buah.



$$h1 \text{ kolom} = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$$

$$b1 \text{ kolom} = 600 \text{ mm} = 0.6 \text{ m}$$

$$h2 \text{ kolom} = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$$

$$b2 \text{ kolom} = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Volume beton} = ((h1 \times b1) + (h2 \times b2)) \times \text{tinggi kolom}$$

$$= ((0,4 \times 0,6) + (0,2 \times 0,4)) \times 4,175$$

$$= 1,34 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume beton total kolom tipe K8} = 2 \times 1,34 \text{ m}^3 = 2,67 \text{ m}^3$$

Untuk perhitungan volume beton total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Beton Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.1).

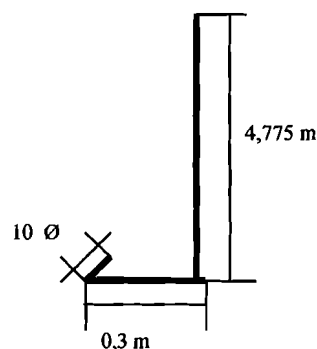
$$\begin{aligned} \text{Volume bekisting} &= (\text{keliling I} + \text{keliling II}) \text{ kolom} \times \text{tinggi kolom} \\ &= ((0,4+0,6+0,4+0,2)+(0,2+0,4+0,2)) \times 4,18 \\ &= 10,02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Volume bekisting total kolom tipe K8} = 2 \times 10,02 \text{ m}^2 = 20,04 \text{ m}^2$$

Untuk perhitungan volume bekisting total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Bekisting Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.2).

Perhitungan kebutuhan besi :

1). Tulangan pokok



Elevasi lantai dasar = + 0,00 m

Elevasi lantai 1 = + 3,38 m

Jarak elevasi lantai dasar ke poer pile = 0,8 m

Tinggi poer pile = 0,6 m

(Lampiran 7 Gambar Detail Kolom dan
Detail Poer Pile-3)

$$\begin{aligned} \text{Panjang besi} &= (\text{elevasi lantai 1} - \text{lantai dasar}) + \text{jarak elevasi lantai} \\ &\quad \text{dasar ke poer pile} + \text{tinggi poer pile} \end{aligned}$$

$$= (3,38 - 0,00) + 0,8 + 0,6$$

$$= 4,78 \text{ m}$$

$$\text{Panjang besi tekuk} = 12 \times D25$$

$$= 12 \times 0,025$$

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

$$\text{Panjang kait} = 10 \times D25$$

$$= 10 \times 0,025$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan pokok} &= \text{panjang besi} + \text{panjang besi tekuk} + \\ &\quad \text{panjang kait} \end{aligned}$$

$$= 4,78 + 0,3 + 0,25$$

$$= 5,33 \text{ m}$$

$$\text{Banyak tulangan pokok} = 22 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi tulangan D25} = 3,85 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume besi tulangan} &= \text{panjang tulangan pokok} \times \text{banyak tulangan} \\ &\quad \times \text{berat besi tulangan} \end{aligned}$$

$$= 5,33 \times 22 \times 3,85$$

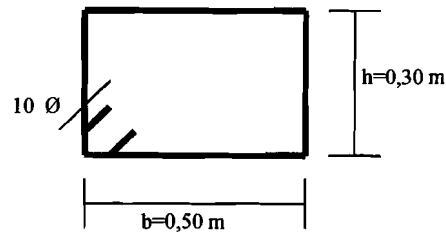
$$= 451,03 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume besi tulangan kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Pokok Kolom (Lampiran 2.3 s/d 2.4).

2). Begel

(a). Begel tumpuan potongan I bawah Ø10-100

(1). begel horizontal



$$\begin{aligned} h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,40 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang begel} &= \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait} \\ &= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20 \\ &= 1,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I bawah = 1300 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

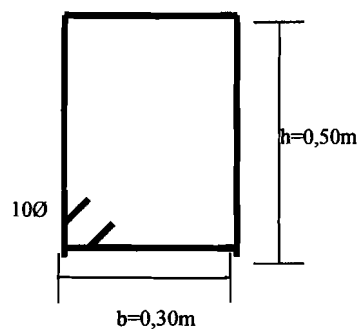
$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I bawah} / \text{jarak begel} \\
 &= 1300 / 100 \\
 &= 13 \text{ buah} \\
 &= 13 + 1 = 14 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel horizontal} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \\
 &\quad \text{berat begel} \\
 &= 1,8 \times 14 \times 0,62 \\
 &= 15,62 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel horizontal kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Horizontal Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.9 s/d 2.10) dengan tinggi potongan yang berbeda.

(2). begel vertikal



$$\begin{aligned}
 h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton}) \\
 &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\
 &= 0,50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton}) \\
 &= 0,40 - (2 \times 0,05) \\
 &= 0,30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\
 &= 2 \times 10 \times 0,01 \\
 &= 0,20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang begel} &= \text{keliling segi empat} \times \text{panjang kait} \\
 &= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20 \\
 &= 1,80 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I bawah = 1300 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I bawah} / \text{jarak antar} \\
 &\quad \text{begel} \\
 &= 1300 / 100 \\
 &= 13 \text{ buah} \\
 &= 13 + 1 = 14 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

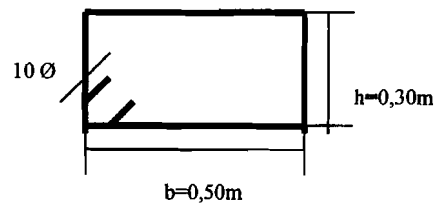
$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel vertikal} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat} \\
 &\quad \text{begel} \\
 &= 1,80 \times 14 \times 0,62 \\
 &= 15,62 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel vertikal kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Vertikal Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.11 s/d 2.12) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel kolom potongan I bawah} &= \text{volume begel} \\
 &\quad \text{horizontal} + \text{volume} \\
 &\quad \text{begel vertikal} \\
 &= 15,62 + 15,62 \\
 &= 31,24 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

(b). Begel lapangan potongan II Ø10-150

(1). begel horizontal



$$\begin{aligned}
 h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\
 &= 0,40 - (2 \times 0,05) \\
 &= 0,30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\
 &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\
 &= 0,50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\
 &= 2 \times 10 \times 0,01
 \end{aligned}$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

Panjang begel = keliling segi empat + panjang kait

$$= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan II = 1775 mm (Lampiran 7 Gambar

Detail Kolom)

Jarak antar begel = 150 mm

Jumlah begel = tinggi kolom potongan II / jarak begel

$$= 1775 / 150$$

$$= 11,83 \approx 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

Volume begel horizontal = panjang begel x jumlah begel x

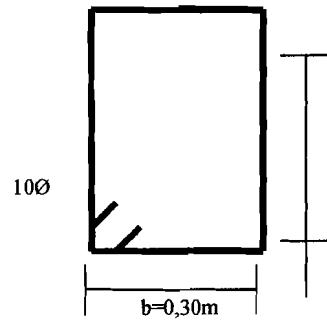
berat begel

$$= 1,8 \times 13 \times 0,62$$

$$= 14,51 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel horizontal kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Horizontal Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.9 s/d 2.10) dengan tinggi potongan yang berbeda.

(2). begel vertikal



$$h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton})$$

$$= 0,40 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,30 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} \times \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 1,80 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan I bawah = 1775 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan II} / \text{jarak antar begel}$$

$$= 1775 / 150$$

$$= 11,83 \approx 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\text{Volume begel vertikal} = \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat}$$

begel

$$= 1,80 \times 13 \times 0,62$$

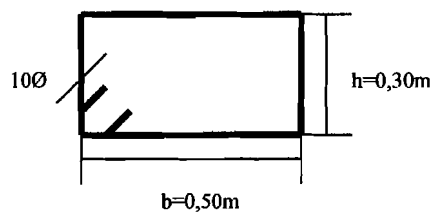
$$= 14,51 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel vertikal kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Vertikal Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.11 s/d 2.12) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned} \text{Volume begel kolom potongan II} &= \text{volume begel horizontal} + \\ &\quad \text{volume begel vertikal} \\ &= 14,51 + 14,51 \\ &= 29,02 \text{ kg} \end{aligned}$$

(b). Begel tumpuan potongan I atas Ø10-100

(1). begel horizontal



$$\begin{aligned} h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,40 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

Panjang begel = keliling segi empat + panjang kait

$$= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan II = 1100 mm (Lampiran 7 Gambar
Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

Jumlah begel = tinggi kolom potongan I atas / jarak begel

$$= 1100 / 100$$

$$= 11 \text{ buah}$$

$$= 11 + 1 = 12 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

Volume begel horizontal = panjang begel x jumlah begel x

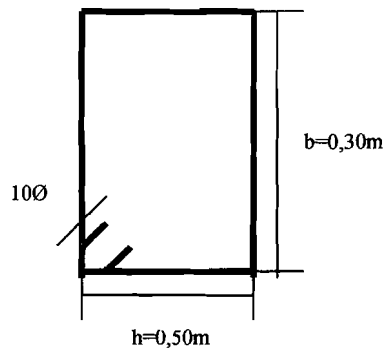
berat begel

$$= 1,8 \times 12 \times 0,62$$

$$= 13,39 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel horizontal kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Horizontal Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.9 s/d 2.10) dengan tinggi potongan yang berbeda.

(2). begel vertikal



$$\begin{aligned} h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton}) \\ &= 0,40 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang begel} &= \text{keliling segi empat} \times \text{panjang kait} \\ &= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20 \\ &= 1,80 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I atas = 1100 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

$$\begin{aligned} \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I atas} / \text{jarak antar} \\ &\quad \text{begel} \\ &= 1100 / 100 \end{aligned}$$

$$= 11 \text{ buah}$$

$$= 11 + 1 = 12 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\text{Volume begel vertikal} = \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat}$$

begel

$$= 1,8 \times 12 \times 0,62$$

$$= 13,39 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel vertikal kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Vertikal Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.11 s/d 2.12) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\text{Volume begel kolom potongan I atas} = \text{volume begel horizontal}$$

+ volume begel vertikal

$$= 13,39 + 13,39$$

$$= 26,78 \text{ kg}$$

$$\text{Volume begel kolom K8} = \text{volume begel potongan I bawah} + \text{volume}$$

begel potongan II + volume begel potongan

I atas

$$= 31,25 + 29,02 + 26,78$$

$$= 87,05 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Rekapitulasi Kebutuhan Besi Tulangan Polos Kolom (Lampiran 2.16 s/d 2.17).

Perhitungan Total Berat Besi :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah volume} &= \text{volume besi} + \text{volume begel} \\ &= 451,03 + 87,05 \\ &= 538,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total berat besi} &= \text{jumlah volume} / \text{volume beton} \\ &= 538,08 / 1,34 \\ &= 402,75 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan total berat besi kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Total Berat Besi (Lampiran 2.17).

Harga satuan beton pada Proyek :

Harga upah dan bahan pada pekerjaan pembesian 1m³ beton /kg :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{total berat besi} \times \text{koef. bhn} \times \text{harga bhn, upah, alat pek pembesian 1m}^3 \text{ beton}}{\text{Bahan dari B.O.W}} \\ &= \frac{402,75 \times 1,1 \times \text{Rp. } 534.957,00}{100} \\ &= \text{Rp. } 2.369.999,86 \end{aligned}$$

Harga satuan K8 pada lantai dasar

$$\begin{aligned} &= \text{harga upah \& bahan (pekerjaan pembesian 1m}^3 \text{ beton} + 1\text{m}^3 \text{ adukan} \\ &\quad \text{beton f'c 25} + \text{pekerjaan pembesian 1 m}^3 \text{ beton /kg)} \\ &= \text{Rp. } 819.100,00 + \text{Rp. } 311.800,00 + \text{Rp. } 2.369.999,86 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 3.502.899,86$$

Perhitungan harga satuan pada kolom desain awal lainnya dengan $f'c$ yang sama, dapat dilihat pada Harga Satuan Beton pada Proyek (Lampiran 4.1 s/d 4.2).

$$\begin{aligned} \text{Rencana Anggaran Biaya (RAB)} &= \text{volume beton} \times \text{harga satuan} \\ &= 2,67 \times \text{Rp. } 3.502.899,86 \\ &= \text{Rp. } 9.359.748,42 \end{aligned}$$

Perhitungan rencana anggaran biaya pada kolom desain awal lainnya dapat dilihat pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) Kolom (Lampiran 4.3 s/d 4.4), dengan jumlah total anggaran biaya tiap lantai.

5.2.2 Desain Akhir

Contoh Perhitungan :

- a) Kolom Lantai 2, Tipe K4, Dimensi 600 x 600mm

Kolom ini berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisinya 600 x 600 mm, dan tinggi dari kolom K4 adalah 5,15 m (Lampiran 7 Gambar Detail Kolom).

Jumlah kolom tipe K4 = 4 buah

Volume beton = sisi x sisi x tinggi kolom

$$= 0,60 \times 0,60 \times 5,15$$

$$= 1,85 \text{ m}^3$$

Volume beton total kolom tipe K4 = $4 \times 1,85 \text{ m}^3 = 7,42 \text{ m}^3$

Untuk perhitungan volume beton total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Beton Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 3.1).

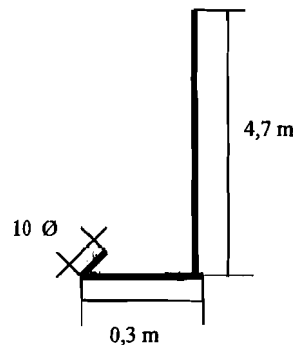
$$\begin{aligned}\text{Volume bekisting} &= \text{sisi} \times \text{sisi} \times \text{tinggi kolom} \\ &= 2 \times (0,60 + 0,60) \times 5,15 \\ &= 12,36 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Volume bekisting total kolom tipe K4} = 4 \times 12,36 \text{ m}^3 = 49,44 \text{ m}^3$$

Untuk perhitungan volume bekisting total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Bekisting Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 3.2).

Perhitungan kebutuhan besi :

1). Tulangan pokok



Elevasi lantai dasar = + 0,00 m

Elevasi lantai 1 = + 3,35 m

Jarak elevasi lantai dasar ke poer pile = 0,75 m

Tinggi poer pile = 0,60 m

(Lampiran 7 Gambar Detail Kolom dan
Detail Poer Pile-4)

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi} &= (\text{elevasi lantai 1} - \text{lantai dasar}) + \text{jarak elevasi lantai} \\ &\quad \text{dasar ke poer pile} + \text{tinggi poer pile} \\ &= (3,35 - 0,00) + 0,75 + 0,60 \\ &= 4,7 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang besi tekuk} &= 12 \times D25 \\ &= 12 \times 0,025\end{aligned}$$

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

$$\text{Panjang kait} = 10 \times D25$$

$$= 10 \times 0,025$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan pokok} &= \text{panjang besi} + \text{panjang besi tekuk} + \\ &\quad \text{panjang kait} \end{aligned}$$

$$= 4,7 + 0,3 + 0,25$$

$$= 5,25 \text{ m}$$

$$\text{Banyak tulangan pokok} = 16 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi tulangan D25} = 3,85 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume besi tulangan} &= \text{panjang tulangan pokok} \times \text{banyak tulangan} \times \\ &\quad \text{berat besi tulangan} \end{aligned}$$

$$= 5,25 \times 16 \times 3,85$$

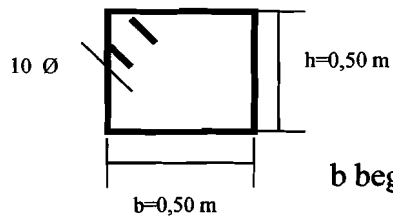
$$= 323,40 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume besi tulangan kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Pokok Kolom (Lampiran 3.3 s/d 3.4).

2). Begel

(a). begel luar

(1). begel tumpuan potongan III Ø10-100



$$h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times \text{P10}$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait}$$

$$= (4 \times 0,50) + 0,20$$

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

$$\text{Tinggi kolom potongan I bawah} = 1200 \text{ mm (Lampiran 7}$$

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan III} / \text{jarak begel}$$

$$= 1200 / 100$$

$$= 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

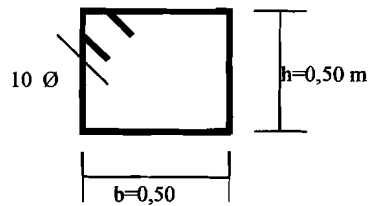
$$\text{Volume begel potongan III} = \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times$$

berat begel

$$= 2,2 \times 13 \times 0,62$$

$$= 17,73 \text{ kg}$$

(2). begel lapangan potongan IV Ø10-150



$$h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait}$$

$$= (4 \times 0,50) + 0,20$$

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

$$\text{Tinggi kolom potongan I bawah} = 2750 \text{ mm (Lampiran 7}$$

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan IV} / \text{jarak begel}$$

$$= 2750 / 150$$

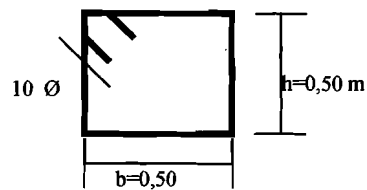
$$= 18,3 \approx 19 \text{ buah}$$

$$= 19 + 1 = 20 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

$$\begin{aligned} \text{Volume begel potongan IV} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \\ &\quad \text{berat begel} \\ &= 2,2 \times 20 \times 0,62 \\ &= 27,28 \text{ kg} \end{aligned}$$

(3). Begel tumpuan potongan I Ø10-100



$$\begin{aligned} h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times \text{P10} \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang begel} &= \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait} \\ &= (4 \times 0,50) + 0,20 \\ &= 2,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I bawah = 1200 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I} / \text{jarak begel} \\
 &= 1200 / 100 \\
 &= 12 \text{ buah} \\
 &= 12 + 1 = 13 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

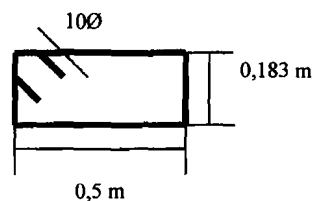
$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel potongan I} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \\
 &\quad \text{berat begel} \\
 &= 2,2 \times 13 \times 0,62 \\
 &= 17,73 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel luar} &= \text{volume begel potongan III} + \text{volume begel} \\
 &\quad \text{potongan IV} + \text{volume begel potongan I} \\
 &= 17,73 + 27,28 + 17,73 \\
 &= 62,74 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 3.5 s/d 3.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

(b). begel dalam

(1). begel dalam potongan I bawah (horizontal)



$$\begin{aligned}
 \text{a begel} &= \text{jarak tulangan} + (2 \times D25) \\
 &= 0,133 + (2 \times 0,025) \\
 &= 0,183 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut beton}) \\
 &= 0,6 - (2 \times 0,05) \\
 &= 0,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\
 &= 2 \times 10 \times 0,01 \\
 &= 0,20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang begel} &= \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait} \\
 &= (2 \times 0,183) + (2 \times 0,5) + 0,20 \\
 &= 1,57 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I bawah = 1200 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I bawah} / \text{jarak antar} \\
 &\quad \text{begel} \\
 &= 1200 / 100 \\
 &= 12 \text{ buah} \\
 &= 12 + 1 = 13 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

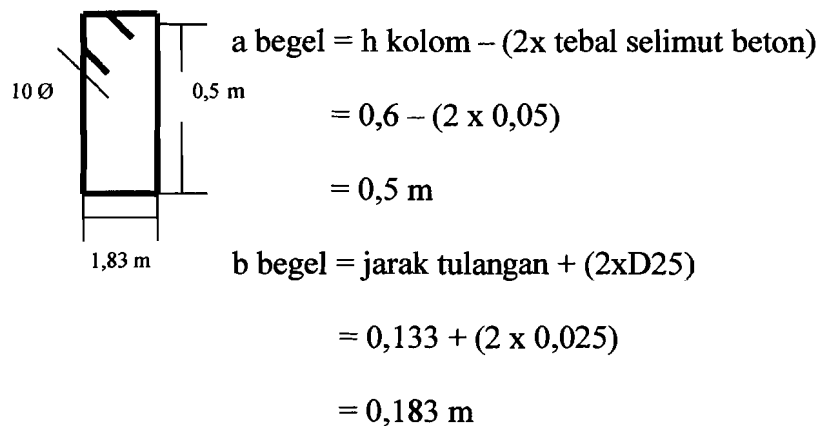
Berat besi P10 = 0,62 kg/m

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel dalam horizontal} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah} \\
 &\quad \text{begel} \times \text{berat begel}
 \end{aligned}$$

$$= 1,57 \times 13 \times 0,62$$

$$= 12,62 \text{ kg}$$

(2). begel dalam potongan I bawah (vertikal)



$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times 0,183) + (2 \times 0,5) + 0,20$$

$$= 1,57 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan I bawah – 1200 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan I bawah} / \text{jarak antar}$$

begel

$$= 1200 / 100$$

$$= 12 \text{ buah}$$

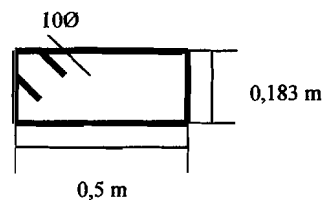
$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

$$\begin{aligned} \text{Volume begel dalam vertikal} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \\ &\quad \times \text{berat begel} \\ &= 1,57 \times 13 \times 0,62 \\ &= 12,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume begel pot I bawah} &= \text{volume begel dalam horizontal} + \\ &\quad \text{volume begel dalam vertikal} \\ &= 12,62 + 12,62 \\ &= 25,24 \text{ kg} \end{aligned}$$

(3). begel dalam potongan I atas (horizontal)



$$\begin{aligned} \text{a begel} &= \text{jarak tulangan} + (2 \times D25) \\ &= 0,133 + (2 \times 0,025) \\ &= 0,183 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b begel} &= \text{h kolom} - (2 \times \text{tebal selimut beton}) \\ &= 0,6 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang begel = keliling segi empat + panjang kait

$$= (2 \times 0,183) + (2 \times 0,5) + 0,20$$

$$= 1,57 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan I atas = 1200 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

Jumlah begel = tinggi kolom potongan I atas / jarak antar
begel

$$= 1200 / 100$$

$$= 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

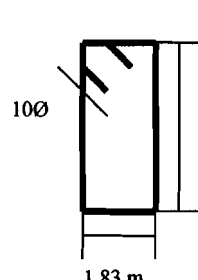
Berat besi P10 = 0,62 kg/m

Volume begel dalam horizontal = panjang begel x jumlah
begel x berat begel

$$= 1,57 \times 13 \times 0,62$$

$$= 12,62 \text{ kg}$$

(4). begel dalam potongan I atas (vertikal)



a begel = h kolom - (2x tebal selimut beton)

$$= 0,6 - (2 \times 0,05)$$

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

b begel = jarak tulangan + (2xD25)

$$= 0,133 + (2 \times 0,025)$$

$$= 0,183 \text{ m}$$

Panjang kait = 2 x 10 x P10

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

Panjang begel = keliling segi empat + panjang kait

$$= (2 \times 0,183) + (2 \times 0,5) + 0,20$$

$$= 1,57 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan I atas = 1200 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

Jumlah begel = tinggi kolom potongan I atas / jarak antar
begel

$$= 1200 / 100$$

$$= 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

Volume begel dalam vertikal = panjang begel x jumlah begel
x berat begel

$$= 1,57 \times 13 \times 0,62$$

$$= 12,62 \text{ kg}$$

Volume begel pot I atas = volume begel dalam horizontal +
volume begel dalam vertikal

$$= 12,62 + 12,62$$

$$= 25,24 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel dalam} &= \text{volume begel pot I bawah} + \text{volume} \\
 &\quad \text{begel pot I atas} \\
 &= 25,24 + 25,24 \\
 &= 50,48 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel dalam kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Dalam Kolom (Lampiran 3.12 s/d 3.14) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel kolom K4} &= \text{volume begel luar} + \text{volume begel dalam} \\
 &= 62,74 + 50,48 \\
 &= 113,23 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Rekapitulasi Kebutuhan Besi Tulangan Polos Kolom (Lampiran 3.16 s/d 3.17).

Perhitungan Total Berat Besi :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah volume} &= \text{volume besi} + \text{volume begel} \\
 &= 323,40 + 76,26 \\
 &= 399,66 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total berat besi} &= \text{jumlah volume} / \text{volume beton} \\
 &= 399,66 / 1,48 \\
 &= 270,77 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan total berat besi kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Total Berat Besi (Lampiran 3.17).

Harga satuan beton pada Proyek :

Harga upah dan bahan pada pekerjaan pembesian 1m³ beton /kg :

$$= \frac{\text{total berat besi} \times \text{koef. bhn} \times \text{harga bhn, upah, alat pek pembesian 1m}^3 \text{ beton}}{\text{Bahan dari B.O.W}}$$

$$= \frac{214,33 \times 1,1 \times \text{Rp. } 534.957,00}{100}$$

$$= \text{Rp. } 1.261.211,69$$

Harga satuan K4 pada lantai 2 :

$$= \text{harga upah, bahan, alat (pekerjaan pembesian 1m}^3 \text{ beton} + 1\text{m}^3 \text{ adukan beton f'c 35} + \text{pekerjaan pembesian 1 m}^3 \text{ beton /kg)}$$

$$= \text{Rp. } 819.100,00 + \text{Rp. } 350.550,00 + \text{Rp. } 1.261.211,69$$

$$= \text{Rp. } 2.430.861,69$$

Perhitungan harga satuan pada kolom desain akhir lainnya dengan f'c yang sama, dapat dilihat pada Harga Satuan Beton pada Proyek (Lampiran 4.1 s/d 4.2).

Rencana Anggaran Biaya (RAB) = volume beton x harga satuan

$$= 7,42 \times \text{Rp. } 2.430.861,69$$

$$= \text{Rp. } 18.027.270,30$$

Perhitungan rencana anggaran biaya pada kolom desain akhir lainnya dapat dilihat pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) Kolom (Lampiran 4.2 s/d 4.3), dengan jumlah total anggaran biaya tiap lantai.

Untuk total Rencana Anggaran Biaya (RAB) Kolom adalah seperti ada tabel berikut :

Tabel. 5.5 Persentase Pengurangan Biaya Pekerjaan Kolom Beton Bertulang dari Desain Awal

Level	Desain Awal (fc 25)	Desain Akhir (fc 35)	Selisih Biaya (Δ)	Persentase %
Lantai Dasar	Rp. 203.357.255,33	Rp. 173.501.553,82	Rp. 29.855.701,51	15
Lantai 1	Rp. 167.876.832,91	Rp. 145.823.215,13	Rp. 22.053.617,78	13
Lantai 2	Rp. 165.283.680,08	Rp. 145.235.553,87	Rp. 20.048.126,21	12
Total Biaya	Rp. 536.517.768,32	Rp. 464.560.322,81	Rp. 71.957.445,50	13,4

Dari tabel di atas, dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi lantai persentase pengurangan biaya semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan tulangnya, yang semakin rendah lantainya tulangan yang dibutuhkan semakin banyak. Tulangan yang dibutuhkan kolom berguna untuk menahan beban yang ada pada kolom.

Sehingga pada desain akhir biaya yang diperlukan cukup hemat jika dibandingkan dengan desain awal. Walaupun pada desain akhir ada kenaikan mutu betonnya, tetapi harganya tidak mempengaruhi untuk menaikkan biaya .

5.3 Pengaruh Mutu Terhadap Perubahan Desain

Agar kapasitas beban kolom dapat ditingkatkan maka dapat digunakan beberapa cara. Diantaranya adalah dengan meningkatkan :

- a. Luas penampang beton
- b. Mutu beton
- c. Luas penampang baja
- d. Mutu baja

Rumus yang digunakan dalam perhitungan perencanaan tulangan kolom yaitu

$$: P_o = 0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$$

dimana,

P_o = kapasitas beban sentris maksimum

f_c' = mutu beton

A_g = luas bruto total penampang beton

A_{st} = luas total tulangan baja

f_y = mutu baja

Pada awalnya kolom didesain dengan menggunakan mutu beton f_c' 25 Mpa. Pada kolom ada batasan prosentase luas tulangan sebesar 3% terhadap luas penampang beton untuk mendekati kondisi *balanced*. Adanya batasan tersebut menyebabkan kolom kurang kuat untuk mendukung beban. Oleh karena itu mutu beton dinaikkan menjadi f_c' 35 Mpa untuk mencapai kapasitas beban kolom dengan pertimbangan mutu beton *ready mix* yang dihasilkan bisa dipertanggungjawabkan.

Berdasarkan penelitian di atas, dilakukan desain ulang dengan menaikkan mutu beton dari f_c' 25 Mpa menjadi f_c' 35 Mpa, yang diharapkan menunjukkan hasil dengan perubahan yang cukup signifikan. Perubahan besarnya kenaikan mutu beton tersebut diikuti dengan berubahnya jumlah tulangan yang menjadi berkurang.

Selanjutnya dilakukan perhitungan ulang dengan luas bruto total penampang beton (A_g), luas total tulangan baja (A_{st}), mutu baja (f_y), sesuai dengan desain akhir, dengan mutu beton yang berbeda yaitu f_c' 35 Mpa, maka

dapat diperoleh kapasitas beban sentris maksimum. Dengan mutu beton $f'c$ 35 Mpa hasil perhitungannya lebih besar dibandingkan dengan menggunakan mutu beton $f'c$ 25 Mpa. Dengan kata lain, pada desain akhir yang menggunakan $f'c$ 35 Mpa kapasitas beban sentris maksimumnya bertambah.

Contoh Perhitungan :

a). Desain Awal

Pada desain awal, dengan ketentuan : mutu beton $f'c$ 25 Mpa dan mutu baja f_y 400 Mpa.

1). Kolom Lantai Dasar, Tipe K1, Dimensi 600 x 600mm

Kolom ini berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisinya 600 x 600 mm.

$$\begin{aligned} \text{Luas Kolom (Ag)} &= b \text{ kolom} \times h \text{ kolom} \\ &= 600 \times 600 \\ &= 360.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah besi (tulangan) kolom tipe K1 = 28 buah

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baja (As1)} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 \\ &= 490,63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas total tulangan baja (Ast)} &= \text{jml besi} \times \text{luas penampang baja (As1)} \\ &= 28 \times 490,63 \text{ mm}^2 \\ &= 13.737,50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

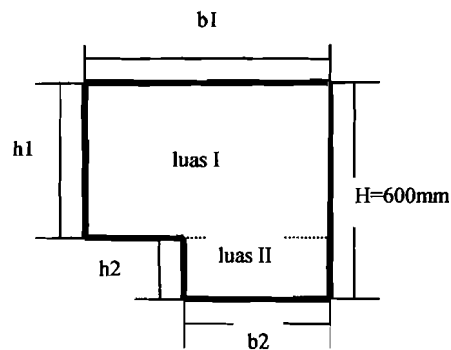
$$\text{Kapasitas beban sentris maks (Po)} = 0,85 \times f'c \times (Ag - Ast) + (Ast \times f_y)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 25 \times (360.000 - 13.737,50) \\
 &\quad + (13.737,50 \times 400) \\
 &= 13.145.000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Tabel.5.6 Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Desain Awal.

2). Kolom Lantai Dasar, Tipe K8, Dimensi L 400 x 600 mm

Kolom ini mempunyai bentuk L, dengan dimensi kolom L 400 x 600 mm.



$$h1 \text{ kolom} = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$$

$$b1 \text{ kolom} = 600 \text{ mm} = 0,6 \text{ m}$$

$$h2 \text{ kolom} = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$$

$$b2 \text{ kolom} = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Luas Kolom } (A_g) = \text{luas I} + \text{luas II}$$

$$= (h1 \times b1) + (h2 \times b2)$$

$$= (400 \times 600) + (200 \times 400)$$

$$= 320.000 \text{ mm}^2$$

Jumlah besi (tulangan) kolom tipe K8 = 22 buah

$$\text{Luas penampang baja } (A_{s1}) = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2$$

$$= 490,63 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas total tulangan baja } (A_{st}) = \text{jml besi} \times \text{luas penampang baja } (A_{s1})$$

$$= 22 \times 490,63 \text{ mm}^2$$

$$= 10.793,75 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas beban sentris maks (Po)} &= 0,85 \times f'c \times (Ag - Ast) + (Ast \times fy) \\ &= 0,85 \times 25 \times (320.000 - 10.793,75) \\ &\quad + (10.793,75 \times 400) \\ &= 10.888.132,81 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Tabel 5.7 Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Desain Awal.

b). Desain Akhir

Pada desain akhir, dengan ketentuan : mutu beton $f'c$ 35 Mpa dan mutu baja fy 400 Mpa.

1). Kolom Lantai Dasar, Tipe K1, Dimensi 600 x 600mm

Kolom ini berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisinya 600 x 600 mm.

$$\begin{aligned} \text{Luas Kolom (Ag)} &= b \text{ kolom} \times h \text{ kolom} \\ &= 600 \times 600 \\ &= 360.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah besi (tulangan) kolom tipe K1 = 24 buah

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baja (As1)} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 \\ &= 490,63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas total tulangan baja (Ast)} &= \text{jml besi} \times \text{luas penampang baja (As1)} \\ &= 24 \times 490,63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$= 11.775,00 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas beban sentris maks (Po)} &= 0,85 \times f'c \times (A_g - A_{st}) + (A_{st} \times f_y) \\ &= 0,85 \times 35 \times (360.000 - 11.775,00) \\ &\quad + (11.775,00 \times 400) \\ &= 15.420.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Tabel. 5.8 Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Desain Akhir.

Dari hasil perhitungan, kenaikan mutu beton berpengaruh pada kapasitas beban sentris maks (P_o) dan mengakibatkan besi tulangnya berkurang. Sehingga yang banyak berpengaruh pada kolom adalah mutu betonnya, sedangkan mutu bajanya sedikit/kurang berpengaruh.

Pada pengaruh perubahan desain terhadap mutu beton ini, analisis yang dilakukan tidak dapat dibuat umum (*general*). Hal ini dikarenakan perubahan desain hanya terjadi pada kolom. Dengan kata lain, struktur kolom berpengaruh besar terhadap beton.

Tabel 5.6
Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Desain Awal

Level	Type	b Kolom (mm)	h Kolom (mm)	Luas Kolom (Ag) (mm ²)	Jumlah Besi (bh)	Luas Penampang Baja (As) (mm ²)	Luas Tot Tul. Baja (Ast) (mm ²)	Kapasitas Beban Sentris Maks. (Po) (N)
a	b	c	d	e = c*d	f	g = ¼ π D ²	h = f*g	i = 0,85*f*c*(e-h)+(h*fy)
L dsr								
SEGI EMPAT	K1	600	600	360.000	28	490,63	13.737,50	13.145.000
	K2	600	600	360.000	32	490,63	15.700,00	13.930.000
	K3	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	12.360.000
	K4	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	11.575.000
	K5	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	12.360.000
	K6	400	600	240.000	20	490,63	9.812,50	9.025.000
	K7	300	600	180.000	16	490,63	7.850,00	6.965.000
Lantai 1								
SEGI EMPAT	K1	600	600	360.000	28	490,63	13.737,50	13.145.000
	K2	600	600	360.000	32	490,63	15.700,00	13.930.000
	K3	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	12.360.000
	K4	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	11.575.000
	K5	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	12.360.000
	K6	400	600	240.000	20	490,63	9.812,50	9.025.000
	K7	300	600	180.000	16	490,63	7.850,00	6.965.000
Lantai 2								
SEGI EMPAT	K1	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	12.360.000
	K3	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	11.575.000
	K4	600	600	360.000	16	490,63	7.850,00	10.790.000
	K5	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	11.575.000
	K6	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	11.575.000
	K7	400	600	240.000	16	490,63	7.850,00	8.240.000

Tabel 5.7
Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Desain Awal

Level	Tipe	h1 kolom (mm)	b1 kolom (mm)	h2 kolom (mm)	b2 kolom (mm)	Luas Kolom (Ag) (mm ²)	Jumlah Besi (bh)	Luas Penampang Baja (As) (mm ²)	Luas Tot Tul. Baja (Ast) (mm ²)	Kapasitas Beban Sentris Maks. (Po) (N)
a	b	c	d	e	f	$g=(c*d)+(e*f)$	h	$i = \frac{1}{4} \pi D^2$	$j = h*i$	$i = 0,85*fc*(g-j)+(j*fy)$
L dsr	K8	400	600	200	400	320.000	22	490,63	10.793,75	10.888.132,81
L	K9	300	600	300	300	270.000	18	490,63	8.831,25	9.082.335,94
Lantai 1	K8	400	600	200	400	320.000	22	490,63	10.793,75	10.888.132,81
L	K9	300	600	300	300	270.000	18	490,63	8.831,25	9.082.335,94
Lantai 2	K8	400	600	200	400	320.000	22	490,63	10.793,75	10.888.132,81
L	K9	300	600	300	300	270.000	18	490,63	8.831,25	9.082.335,94

Tabel 5.8
Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Desain Akhir

Level	Type	b Kolom (mm)	h kolom (mm)	Luas Kolom (Ag) (mm ²)	Jumlah Besi (bh)	Luas Penampang Baja (Asi) (mm ²)	Luas Tot Tul. Baja (Ast) (mm ²)	Kapasitas Beban Sentris Maks. (Po) (N)	
a	b	c	d	e = c*d	f	$g = \frac{1}{4} \pi D^2$	$h = f * g$	$i = 0,85 * f_c * (e-h) + (h * f_y)$	
L dsr	K1	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	15.420.000	
	K2	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	15.420.000	
	SEGI EMPAT	K3	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	14.635.000
		K4	600	600	360.000	16	490,63	7.850,00	13.850.000
		K5	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	14.635.000
		K6	400	600	240.000	16	490,63	7.850,00	10.280.000
		K7	300	600	180.000	12	490,63	5.887,50	7.710.000
Lantai 1	K1	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	15.420.000	
	K2	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	15.420.000	
	SEGI EMPAT	K3	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	14.635.000
		K4	600	600	360.000	16	490,63	7.850,00	13.850.000
		K5	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	14.635.000
		K6	400	600	240.000	16	490,63	7.850,00	10.280.000
		K7	300	600	180.000	12	490,63	5.887,50	7.710.000
Lantai 2	K1	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	14.635.000	
	K3	600	600	360.000	16	490,63	7.850,00	13.850.000	
	SEGI EMPAT	K4	600	600	360.000	12	490,63	5.887,50	13.065.000
		K5	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	14.635.000
		K6	600	600	360.000	16	490,63	7.850,00	13.850.000
		K7	400	600	240.000	12	490,63	5.887,50	9.495.000

Tabel 5.9
Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Desain Akhir

Level	Tipe	h1 kolom (mm)	b1 kolom (mm)	h2 kolom (mm)	b2 kolom (mm)	Luas Kolom (Ag) (mm ²)	Jumlah Besi (bh)	Luas Penampang Baja (As1) (mm ²)	Luas Tot Tul. Baja (Ast) (mm ²)	Kapasitas Beban Sentris Maks. (Po) (N)
a	b	c	d	e	f	$g=(c*d)+(e*f)$	h	$i = \frac{1}{4} \pi D^2$	$j = h*i$	$i = 0,85*f_c*(g-j)+(j*f_y)$
L dsr	K8	400	600	200	400	320.000	22	490,63	10.793,75	13.516.385,94
L	K9	300	600	300	300	270.000	18	490,63	8.831,25	11.302.270,31
Lantai 1	K8	400	600	200	400	320.000	22	490,63	10.793,75	13.516.385,94
L	K9	300	600	300	300	270.000	18	490,63	8.831,25	11.302.270,31
Lantai 2	K8	400	600	200	400	320.000	22	490,63	10.793,75	13.516.385,94
L	K9	300	600	300	300	270.000	18	490,63	8.831,25	11.302.270,31

5.4 Pengaruh Waktu Terhadap Perubahan Desain

Pada pembangunan Gedung Laboratorium Kedokteran Umum UMY, khususnya pekerjaan kolom di laksanakan dari tanggal 27 Agustus s/d 16 Desember 2004, dengan waktu pelaksanaan sebagai berikut :

Tabel 5.10 Waktu Pelaksanaan Pekerjaan

Item Pekerjaan	Lantai Dasar	Lantai 1	Lantai 2
PEMBESIAN	24 hari	6 hari	12 hari
BEKISTING :			
Fabrikasi dan Pasang	24 hari	12 hari	18 hari
Bongkar	12 hari	12 hari	12 hari
PENGECORAN	18 hari	12 hari	6 hari

Untuk mengetahui perbedaan waktu yang diperlukan antara desain awal dengan desain akhir, maka dapat dihitung melalui Lampiran 5 Perhitungan Waktu untuk Pekerjaan Kolom pada tiap – tiap item pekerjaan kolom sesuai dengan total volume masing – masing kolom serta presentase pekerjaan yang telah diselesaikan di lapangan. Pada tipe kolom yang sama, dengan tinggi kolom berbeda, total volumenya berbeda pada tiap – tiap lantai. Begitu juga dengan presentase hasil pekerjaan.

Contoh perhitungan :

- a. Pekerjaan pembesian kolom tipe K1 lantai dasar (27 Agst s/d 2 Sept 2004, yaitu 6 hari)

- 1). Desain Akhir

$$\text{Total volume} = 5.673,44 \text{ kg}$$

Persentase hasil pekerjaan = 40 %

$$\begin{aligned}\text{Volume hasil pekerjaan} &= \text{total volume} \times \text{persentase hasil pekerjaan} \\ &= 5.673,44 \times 40 \% \\ &= 2.269,38 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas pekerja tiap kolom / hari} &= \frac{\text{volume hasil pekerjaan}}{6 \text{ hari}} \\ &= \frac{2.269,38}{6} \\ &= 378,23 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Perhitungan produktivitas pekerja tiap kolom perhari pada pekerjaan pembesian tipe kolom yang lain, dalam setiap tahapnya dapat dilihat pada (Lampiran 5.17 s/d 5.20) Pekerjaan Pembesian Kolom.

2). Desain Awal

Total volume = 6.499,96 kg

Persentase hasil pekerjaan = 40 %

$$\begin{aligned}\text{Volume hasil pekerjaan} &= \text{total volume} \times \text{persentase hasil pekerjaan} \\ &= 6.499,96 \times 40 \% \\ &= 2.599,98 \text{ kg}\end{aligned}$$

Karena hanya desain akhir yang dilaksanakan di lapangan, maka untuk mengetahui perkiraan waktu yang diperlukan pekerjaan pembesian kolom pada desain awal adalah membagi volume hasil pekerjaan desain awal dengan produktivitas pekerja tiap kolom / hari pada desain akhir.

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu} &= \frac{\text{volume hasil pekerjaan desain awal}}{\text{produktivitas pekerja pada desain akhir}} \\
 &= \frac{2.599,98 \text{ kg}}{378,23 \text{ kg/hari}} \\
 &= 6,87 \approx 7 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Perhitungan waktu yang diperlukan pekerjaan pembesian kolom pada desain awal tipe kolom yang lain dalam setiap tahapnya dapat dilihat pada Pekerjaan Pembesian Kolom (Lampiran 5.1 s/d 5.3).

Jadi, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pembesian kolom pada :

desain akhir = 6 hari

desain awal = 7 hari

Pada pelaksanaannya, proyek menggunakan desain akhir.

- b. Pekerjaan bekisting kolom K1 lantai dasar (27 Agst s/d 23 Sept 2004, yaitu 6 hari)

Karena total volume bekisting pada pekerjaan kolom antara desain akhir dan desain awal sama, maka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan bekistingnya tetap yaitu 6 hari. Perhitungan produktivitas pekerja tiap kolom perhari pada pekerjaan bekisting tipe kolom yang lain, dalam setiap tahapnya dapat dilihat pada Pekerjaan Bekisting Kolom (Lampiran 5.5 s/d 5.13).

c. Pekerjaan cor kolom K1 lantai dasar (3 s/d 23 Sept 2004, yaitu 6 hari)

Karena total volume cor pada pekerjaan kolom antara desain akhir dan desain awal sama, maka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pengecorannya tetap yaitu 6 hari. Perhitungan produktivitas pekerja tiap kolom perhari pada pekerjaan cor tipe kolom yang lain, dalam setiap tahapnya dapat dilihat pada Pekerjaan Cor Kolom (Lampiran 5.14 s/d 5.16) .

Dari hasil perhitungan waktu di atas, dapat disimpulkan bahwa akibat terjadinya perubahan desain pada kolom maka terjadi pula adanya percepatan waktu. Yaitu selisih waktu 1 hari antara desain awal dengan desain akhir.

Menurut item pekerjaan setiap harinya, sesuai dengan hasil wawancara di lapangan diperoleh jumlah pekerja sebagai berikut :

Tabel 5.11 Hasil Wawancara Jumlah Pekerja

Item Pekerjaan	Jumlah pekerja (orang/hari)	jumlah kolom (buah)
Pembesian	4	4
Bekisting	5	3
Pengecoran	10	6

Dari tabel tersebut, produktivitas pekerja pada pekerjaan kolom per orangnya tidak dapat dianalisis, karena persentase hasil pekerjaan tiap minggunya berbeda – beda meskipun jumlah pekerja perharinya dan jumlah kolom hasil pekerjaannya diketahui.

5.5 Tinjauan Faktor – faktor Yang Mempengaruhi Perubahan Desain

Untuk mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi perubahan desain pada kolom, maka penelitian ini dilakukan dengan cara wawancara/interview terhadap tim perencana struktur, dengan hasil wawancara sebagai berikut :

1. Faktor Kelengkapan Gambar Desain

Perubahan yang terjadi pada gambar desain awal penulangan kolom, tidak dipengaruhi oleh adanya faktor kelengkapan gambar desain. Karena menurut perencana stuktur, gambar desain sudah lengkap.

2. Faktor Kesesuaian Desain Dengan Kondisi Lokasi Proyek

Proyek berlokasi di Kampus Terpadu Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY), Taman Tirto, Kasihan, Bantul. Kondisi lokasi tersebut tidak bermasalah. Sehingga perubahan desain tidak dipengaruhi oleh faktor kesesuaian desain dengan kondisi lokasi proyek.

3. Faktor Kesesuaian Desain Dengan Standar Yang Berlaku

Desain akhir dari perubahan desain awal sudah sesuai dengan standar yang berlaku. Jadi, faktor kesesuaian desain dengan standar yang berlaku tidak berpengaruh terhadap perubahan desain pada penulangan kolom.

4. Faktor Permintaan Pimpinan Proyek

Perubahan desain yang terjadi pada penulangan kolom diinginkan oleh pimpinan proyek atas dasar permintaan arsitek untuk mengurangi jumlah tulangan dan menaikkan mutu beton dari $f'c = 25$ Mpa

menjadi $f_c = 35$ Mpa. Dengan adanya kenaikan mutu beton tersebut diharapkan mencapai kapasitas beban kolom, sehingga mutu beton *ready mix* yang dihasilkan bisa dipertanggungjawabkan. Oleh karena itu, faktor permintaan pimpinan proyek berpengaruh terhadap perubahan desain pada penulangan kolom.

5. Faktor Persyaratan Dari Setiap Data Terhadap Desain

Baik desain awal maupun desain akhir penulangan kolom, sudah memenuhi persyaratan dari tiap – tiap data yang berhubungan dengan penulangan kolom tersebut. Sehingga perubahan desain yang terjadi tidak dipengaruhi oleh faktor persyaratan dari per data terhadap desain.

6. Faktor Kesesuaian Antara Gambar Desain Dengan RKS (Rencana Kerja Syarat)

Dalam RKS pasal 5 tentang perbedaan RKS dan gambar, tercantum ketentuan bahwa bila terdapat perbedaan antara gambar rencana dan RKS, maka yang mengikat/berlaku adalah yang tercantum dalam RKS. Selanjutnya bila dalam RKS tercantum, sedangkan dalam gambar rencana tidak tertera, maka yang mengikat/berlaku adalah yang tercantum di dalam RKS, begitu pula sebaliknya. Perubahan desain yang terjadi sudah sesuai dengan pasal 5 RKS tersebut. Oleh karena itu, faktor kesesuaian antara gambar desain dengan RKS tidak berpengaruh terhadap perubahan desain.

7. Faktor Kesesuaian Desain Dengan Kondisi Air Tanah Di Lokasi Proyek

Kondisi air tanah di lokasi proyek sudah sesuai dengan desain yang direncanakan maupun desain yang sudah dilaksanakan. Hal ini didukung dengan adanya pengujian air tanah melalui test Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY). Sehingga faktor ini tidak berpengaruh terhadap perubahan desain pada penulangan kolom.

8. Faktor Pondasi Di Lapangan

Perubahan desain yang terjadi adalah pada penulangan kolom. Jumlah tulangan pada desain awal kolom maupun desain akhir kolom berbeda (untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada lampiran bagian detail kolom). Berapapun jumlah tulangannya, pondasi yang dipakai tetap sama. Pada proyek ini, menggunakan pondasi tiang pancang. Jadi, perubahan desain yang terjadi tidak dipengaruhi oleh adanya faktor pondasi di lapangan.

9. Faktor Bahan Bangunan

Diameter tulangan yang dipakai pada pembesian kolom adalah sama yaitu D25, sedangkan mutu yang tadinya $f'c = 25$ Mpa menjadi $f'c = 35$ Mpa yang mengakibatkan jumlah tulangannya berkurang. Sehingga dapat mengurangi biaya pembesian pada bahan bangunan. Dengan kata lain, desain awal lebih boros daripada desain akhir. Oleh karena itu perlu diadakan perubahan pada mutu yang nantinya akan berpengaruh pada

pembesian kolom. Jadi, faktor bahan bangunan mempunyai pengaruh terhadap perubahan desain.

10. Faktor Perubahan Guna Bangunan

Meskipun terjadi perubahan pada penulangan kolom, guna bangunan tetap sama yaitu Laboratorium Fakultas Kedokteran Umum UMY. Oleh karena itu, perubahan guna bangunan tidak berpengaruh terhadap perubahan desain pada penulangan kolom yang terjadi.

11. Faktor Kesesuaian Desain Dengan Perkiraan Volume Pekerjaan

Besarnya volume pekerjaan pada setiap tipe kolom berbeda – beda. Tetapi pada desain awal dan desain akhir penulangan kolom volume pekerjaannya sama. Karena tipe kolom antara keduanya juga sama. Jadi, faktor kesesuaian desain dengan perkiraan volume pekerjaan tidak berpengaruh terhadap perubahan desain.

12. Faktor Kesalahan Informasi Dalam Proses Desain

Menurut perencana struktur, di dalam proses suatu desain terutama pada kolom informasi yang disampaikan oleh pihak perencana terhadap pihak pelaksana tidak terdapat kesalahan. Oleh karena itu, alasan ini tidak dapat dijadikan faktor yang mempengaruhi perubahan desain.

13. Faktor Kemudahan Dalam Pelaksanaan

Pada desain awal, tulangan kolom yang digunakan terlalu banyak, sehingga jarak antar tulangnya terlalu rapat. Oleh karena itu perlu adanya pengurangan jumlah tulangan. Alasan pengurangan jumlah tulangan pada desain akhir penulangan kolom adalah untuk mempermudah

pemasangan tulangan kolom. Maka hal ini bisa dijadikan faktor terjadinya perubahan desain.

Dari ke 13 faktor di atas dapat disimpulkan menjadi, sebagai berikut :

Tabel. 5.12 Faktor – faktor Yang Mempengaruhi Perubahan Desain

NO	FAKTOR-FAKTOR	KETERANGAN
1	Kelengkapan Gambar Desain	Tidak Berpengaruh
2	Kesesuaian Desain Dengan Kondisi Lokasi Proyek	Tidak Berpengaruh
3	Kesesuaian Desain dengan standar yang berlaku	Tidak Berpengaruh
4	Permintaan pimpinan proyek (untuk merubah desain karena sesuatu alasan)	Berpengaruh
5	Persyaratan dari per data terhadap desain	Tidak Berpengaruh
6	Kesesuaian antara gambar desain dengan RKS	Tidak Berpengaruh
7	Kesesuaian desain dengan kondisi air tanah di lokasi proyek	Tidak Berpengaruh
8	Pondasi di lapangan	Tidak Berpengaruh
9	Bahan bangunan	Berpengaruh
10	Perubahan guna bangunan	Tidak Berpengaruh
11	Kesesuaian desain dengan perkiraan volume pekerjaan	Tidak Berpengaruh
12	Kesalahan informasi dalam proses desain	Tidak Berpengaruh
13	Kemudahan dalam pelaksanaan	Berpengaruh

Dari hasil wawancara di atas, faktor – faktor yang mempengaruhi perubahan desain hanya terjadi pada proyek Gedung Laboratorium Kedokteran Umum UMY.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pengamatan yang dilakukan beserta data-data yang diperoleh selama menyusun Tugas Akhir pada proyek pembangunan Laboratorium Fakultas Kedokteran Umum Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY), maka penyusun dapat menarik beberapa kesimpulan diantaranya yaitu :

- a. Menurut Rencana Anggaran Biaya Kolom yang telah dianalisis, biaya yang diperlukan untuk pekerjaan kolom pada desain akhir untuk total semua lantai adalah sebesar Rp. 467.807.124,22. Sedangkan pada desain awal jika dianalisis, memerlukan biaya pekerjaan kolom untuk total semua lantai sebesar Rp. 540.531.384,80. Jadi, dari hasil analisis tersebut desain akhir memerlukan biaya lebih sedikit dibanding desain awal, dengan penghematan biaya sebesar Rp. 72.724.260,58.
- b. Mutu beton yang digunakan proyek khususnya pada kolom mengalami perubahan mutu beton dari $f'c = 25$ Mpa untuk desain awal, menjadi $f'c = 35$ Mpa untuk desain akhir. Hal ini dikarenakan dengan meningkatkan mutu betonnya, maka nilai P_o masing – masing tipe kolom meningkat. Dengan demikian desain akhir memiliki kapasitas/

kekuatan lebih tinggi jika dibandingkan dengan desain awal.

- c. Waktu untuk menyelesaikan pekerjaan kolom pada proyek, khususnya pekerjaan pembesian kolom mengalami perbedaan waktu antara desain awal dan desain akhir. Pada desain akhir memerlukan waktu selama 6 hari tiap tahapnya. Sedangkan pada desain awal memerlukan waktu lebih dari 6 hari, yaitu perkiraan waktu rata – rata antara 6 s/d 8 hari.

Dari ketiga item penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa dengan perubahan desain terutama pada kolom, biaya yang diperlukan menjadi lebih sedikit, mutunya lebih bagus, dan waktu yang diperlukan jadi lebih cepat. Dengan adanya perubahan desain tersebut hasil yang didapat lebih efektif dan efisien.

- d. Dari beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan desain, ada tiga faktor yang mempengaruhinya. Yaitu faktor permintaan pimpinan proyek (untuk merubah desain karena sesuatu alasan), faktor bahan bangunan, dan faktor kemudahan dalam pelaksanaan.

6.2 Saran

Seorang perencana struktur dalam proyek, hendaknya merencanakan suatu desain dengan lebih cermat dan teliti, agar tidak terjadi perubahan pada desain tersebut.

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat dilakukan pada perubahan desain pada struktur bangunan yang lain, misalnya pada balok perlu dianalisis. Hal ini dikarenakan pengaruh kekuatan kolom berbeda

dengan balok. Pada balok, perlu diteliti seberapa besar pengaruh kekuatan baja terhadap kapasitas/daya dukungnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Dipohusodo, Istimawan, 1994, **Struktur Beton Bertulang**, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Mukomoko, A, J, 1985, **Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan**, Gaya Media Pratama, Jakarta.
- Nawy, G Edward, 1990, **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**, PT Eresco , Bandung.
- Nusantara, Bisman, 2003, **Evaluasi Kinerja Biaya Dan Waktu Dengan Menggunakan Konsep Nilai Hasil**, Jogjakarta.
- Paramita Puteri, 2003, **Analisis Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Struktur Pada Konstruksi Gedung Bertingkat**, Jogjakata.
- Rahino, Tricahyo Bambang, 2001, **Pengaruh Faktor-faktor Perubahan Desain Terhadap Pelaksanaan Konstruksi Pada Bangunan Gedung**, Jogjakarta.
- Sagel, R, Kole, P dan Kusuma, Gideon, 1993, **Pedoman Pengerjaan Beton**. Seri Beton 2, Erlangga, Jakarta
- Salmon G Charles, dan Johnson E John, 1992, **Struktur Baja Desain dan Perilaku 1**, Edisi Ketiga, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Salmon G Charles, Johnson E John, dan Wira, 1992, **Struktur Baja Disain dan Perilaku**, Jilid 1, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.

- Sansibarta Lusena, dan Nugroho Spto Handoyo, 2002, **Analisis Biaya Pekerjaan Bekisting Balok Dan Plat Berdasarkan Analisa BOW Dibandingkan Dengan Pelaksanaan Di Lapangan**, Jogjakarta.
- Soeharto, Iman, 1995, **Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional**. Erlangga, Jakarta.
- Spiegel Leonard, dan Limbrunner F George, 1991, **Desain Baja Struktural Terapan**, PT Eresco, Bandung.
- Sudarmoko, 1995-1996, **Perancangan dan Analisis Kolom Beton Bertulang**, Seri 3, Biro Penerbit, Jakarta.
- Thaufik, Noviko dan A A. Palupi Woro, 2004, **Analisis Rencana Anggaran Biaya Pada Konstruksi Gedung Dengan Metoda Non Bow**, Jogjakarta.