EVALUASI DESAIN STRUKTUR PASAR BULU KOTA SEMARANG TERHADAP BEBAN GEMPA BERDASARKAN SNI GEMPA 2012

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil

Oleh

Evis Varusmawati

NIM.5113413013

TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2019

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama	: Evis Varusmawati
NIM	: 5113413013
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul	: Evaluasi Desain Struktur Pasar Bulu Kota Semarang Terhadap Beban Gempa Berdasarkan Sni Gempa 2012

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 3 Desember 2018

Dosen Pembimbing I,

Hanggoro Tri Cahyo A., S.T., M.T.
NIP. 197505292005011001

Dosen Pembimbing II,

Endah Kanti P., S.T., M.T.
NIP. 197207091998032003

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "Evaluasi Desain Struktur Pasar Bulu Kota Semarang Terhadap Beban Gempa Berdasarkan Sni Gempa 2012" telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada 13 Desember 2018.

Oleh

Nama : Evis Varusmawati
NIM : 5113413013
Program Studi : Teknik Sipil

Panitia :

Ketua,	Sekretaris,
Aris Widodo, S.Pd., M.T.	Dr. Rini Kusumawardani, S.T. M.T. M.Sc.
NIP. 197102071999031001	NIP. 197809212005012001

Penguji I,	Penguji II/Pembimbing I	Penguji III/Pembimbing II,
Dr. Mahmud K. E., S.T. M.T.	Hanggoro Tri C. A., S.T. M.T.	Endah Kanti P, S.T. M.T.
NIP. 198004022006041001	NIP. 197505292005011001	NIP. 197207091998032003

Mengetahui :
Dekan Fakultas Teknik UNNES

Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

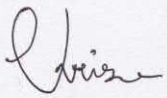
PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 3 Desember 2018

Yang membuat pernyataan,



Evis Varusmawati

NIM.5113413013

MOTTO

“Seseorang yang bertindak tanpa ilmu ibarat bepergian tanpa petunjuk.”
(Hasan Al Basri)

“Ilmu pengetahuan itu bukanlah yang dihafal, melainkan yang memberi manfaat.”
(Imam Syafi’i)

“Orang bijak kalau dinasehati akan memperbaiki diri, sedangkan orang bodoh biasanya cenderung mendebat dan melakukan pembenaran bukan mencari kebenaran.” (Alhabib Quraisy Baharun)

“Jangan menjelaskan tentang dirimu kepada siapapun, karena yang menyukaimu tidak butuh itu, dan yang membencimu tidak percaya itu.” (Ali bin Abi Thalib)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”
(QS. Al-Baqarah : 286)

“Allah tidak akan pernah membiarkanmu kosong. Dia akan mengganti semua yang telah hilang. Jika Dia memintamu untuk meletakkan sesuatu, itu karena Dia ingin supaya kamu meraih sesuatu yang lebih besar.” (Dr. Bilal Philips)

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui.” (QS. Al-Baqarah : 216)

“Allah selalu menjawab doamu dengan 3 cara. Pertama, langsung mengabulkannya. Kedua, menundanya. Ketiga, menggantikannya dengan yang lebih baik untukmu.” (Anonim)

“Seseorang yang tidak pernah berbuat kesalahan maka ia tidak pernah mencoba sesuatu hal yang baru” (Albert Einstein)

“Saat masalahmu jadi terlalu berat untuk ditangani, beristirahatlah dan hitung berkah yang sudah kau dapatkan.” (Anonim)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah kupanjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan kesempatan untuk menyelesaikan skripsi dengan segala kekurangan saya. Segala syukur saya panjatkan kepada-Mu karena telah menghadirkan mereka yang selalu memberi semangat dan doa disaat kutertatih. Karena-Mu lah mereka ada, dan karena-Mu lah skripsi ini terselesaikan. Hanya pada-Mu tempat kumengadu dan mengucapkan syukur. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasullah Muhammad SAW. Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Bapak (Abu Bakar S.) dan Ibu (Harti) tercinta yang selalu memberikan kasih sayang dengan mendukung, membimbing , mendoakan dan memberikan cinta kasih yang tiada terhingga.
2. Kakak-kakak saya, Nita Wulandari, Irvan Adi S., Surya Aditama dan adik saya Sesario Kuncoro A., sebagai sumber semangat dan motivasi untuk saya.
3. Dosen pembimbing skripsi, Bapak Hanggoro Tri Cahyo A., S.T. M.T. dan Ibu Endah Kanti P., S.T. M.T. yang telah membimbing dan mengarahkan dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh dosen dan staff Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan arahan dan bantuan selama kuliah di UNNES.
5. Teman-teman rombel 1 Teknik Sipil S1 angkatan 2013, terimakasih atas kebersamaan, keceriaan dan kekeluargaan selama kuliah di Teknik Sipil UNNES.
6. Teman-teman seangkatan Teknik Sipil S1 angkatan 2013 yang telah sama-sama berjuang.
7. Almamaterku Universitas Negeri Semarang.

ABSTRAK

Evis Varusmawati. 2018. "Evaluasi Desain Struktur Pasar Bulu Kota Semarang Terhadap Beban Gempa Berdasarkan Sni Gempa 2012". Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Bapak Hanggoro Tri Cahyo A., S.T. M.T. dan Ibu Endah Kanti P., S.T. M.T.

Abstrak – Bangunan Pasar Bulu merupakan bangunan publik sehingga dalam perancangan harus kuat terhadap pembebanan yang terjadi termasuk beban gempa sesuai yang disyaratkan dalam SNI. Pasar Bulu Kota Semarang dibangun pada tahun 2012 dengan menggunakan peraturan standar kegempaan SNI- 03-2847-2002, bangunan ini terdiri dari tiga lantai dan satu lantai semi basement, setiap lantai memiliki luas 5.070 m^2.

Seiring berjalannya waktu dan teknologi, maka dilakukan pembaharuan dengan disusunnya SNI 1726:2012 sebagai standar kegempaan yang baru. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui perbedaan yang terjadi antara perancangan struktur bangunan dengan peraturan SNI 1726:2012, SNI 1727:2013, dan SNI 2847:2013 dibandingkan dengan peraturan SNI.03-1726-2003, SNI- 03-2847-2002, dan SNI.1727.1989- F.

Berdasarkan analisis desain yang telah dilakukan, didapatkan perbedaan percepatan respons spektrum SNI- 03-2847-2002 (Sa = 0,5 g) < SNI 03-1726-2012 (Sa = 0,602 g). Perbedaan pembebanan, SNI.1727.1989- F (400 kg/m^2) < SNI 1727:2013 (600 kg/m^2). Perbedaan faktor reduksi ϕ, aksial tarik dengan lentur SNI.03-1726-2003 = 0,8 ; SNI 2847:2013 = 0,9 dan aksial tekan dengan lentur SNI.03-1726-2003 = 0,7 (spiral); SNI 2847:2013 = 0,75 (spiral). Besar beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan, maka kenaikan beban gaya geser gempa (V) dengan menggunakan SNI- 03-2847-2002 dibanding SNI 1726:2012 adalah sebesar 16.67%.

Kata Kunci : Pasar Bulu, SNI- 03-2847-2002, SNI 03-1726-2012, Beban Gempa, Struktur Atas Tahan Gempa.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Evaluasi Desain Struktur Pasar Bulu Kota Semarang Terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI Gempa 2012". Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat-Nya di yaumil akhir nanti, Amin.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih serta penghargaan kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik, Dra. Sri Handayani, M.Pd., Ketua Jurusan Teknik Sipil, Dr. Rini Kusumawardani, S.T. M.T. M.Sc., Koordinator Program Studi Teknik Sipil atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Hanggoro Tri Cahyo A., S.T. M.T. dan Endah Kanti P., S.T. M.T., Pembimbing I dan II yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dalam penulisan skripsi ini.
4. Dr. Mahmud Kori Effendi, S.T. M.T., Penguji yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas skripsi ini.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.

6. Kepala Dinas Perdagangan Kota Semarang, yang mengijinkan melakukan observasi di Pasar Bulu Kota Semarang.
7. Orangtua saya yang selalu senantiasa memberikan motivasi dan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Teman - teman satu angkatan Teknik Sipil 2013 yang selalu memberi semangat dan bantuan kepada penulis.
9. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Kesempurnaan adalah milik Allah SWT. Meskipun penulis berusaha semaksimal mungkin dalam penyusunan skipsi ini, namun karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman maka penulis menyadari adanya kekurangan pada penyusunan skripsi ini. Sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang mendukung demi kemajuan dan perbaikan selanjutnya.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan karunia-Nya dan membalas segala amal budi serta kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini dan semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Semarang, 3 Desember 2018

Penulis,

Evis Varusmawati

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **ii**

HALAMAN PENGESAHAN ..... **iii**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN ..... **iv**

HALAMAN MOTTO ..... **v**

HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **vi**

ABSTRAK ..... **vii**

PRAKATA ..... **viii**

DAFTAR ISI ..... **x**

DAFTAR TABEL ..... **xv**

DAFTAR GAMBAR ..... **xx**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xxv**

BAB I PENDAHULUAN **I-1**

1.1. Latar Belakang **I-1**

1.2. Rumusan Masalah **I-2**

1.3. Tujuan dan Manfaat **I-2**

1.4. Batasan Masalah **I-3**

1.5. Sistematika Penulisan **I-4**

BAB II STUDI PUSTAKA **II-1**

2.1. Umum **II-1**

2.2. Kriteria Desain Struktur **II-1**

2.2.1. Kemampuan Layanan (*Serviceability*) II-1

2.2.2. Efisiensi II-3
2.2.3. Konstruksi..... II-3
2.2.4. Harga II-3
2.2.5. Lain-lain II-4
2.2.6. Kriteria Berganda II-4
2.3.Pembebanan dan Kombinasi Beban II-4
2.3.1. Pembebanan..... II-4
2.3.2. Kombinasi Pembebanan II-9
2.4.Prosedur Respons Spektrum..... II-11
2.4.1. Menentukan Respons Desain..... II-12
2.4.2. Menentukan Kategori Desain Seismik (A-D) II-14
2.4.3. Pemilihan sistem struktur dan parameter sistem (R, C_d, Ω_0).... II-15
2.4.4. Perhitungan Beban Gempa Statik Ekivalen II-16
2.5.Prosedur Pendesainan Elemen Struktur II-19
2.5.1. Kuat Perlu Penampang (Ru)..... II-19
2.5.2. Kuat Nominal Penampang (Rn) II-21
2.5.3. Faktor Reduksi Kekuatan II-22
2.5.4. Desain Kolom Beton Bertulang..... II-24
2.5.5. Persyaratan Detailing Elemen Struktur Tahan Gempa..... II-25

BAB III PROSEDUR EVALUASI..... III-1
3.1. Tahap Persiapan III-1
3.1.1. Perubahan Code yang digunakan III-1
3.1.2. Respon Spketrum SNI Gempa 2002 dan 2012..... III-1
3.1.2.1. SNI Gempa 2002..... III-1
3.1.2.2. SNI Gempa 2012..... III-15
3.1.2.3. Perbedaan SNI Gempa 2002 dan SNI Gempa 2012 ... III-18
3.1.3. Perbedaan Beban Mati dan Hidup SNI Pembebanan 1989 dan 2013 ..... III-19
3.1.4. Perbedaan Nilai Parameter Reduksi Kekuatan dan Kombinasi Pembebanan SNI Beton 2003 dan 2013..... III-20

3.2. Tahap Pengumpulan Data III-21
3.2.1. Pengumpulan Gambar Denah, Tampak dan Potongan III-21
3.2.2. Pengumpulan Data Penyelidikan Tanah III-29
3.2.3. Pengumpulan Gambar Struktur Eksisting III-29
3.3. Analisis Data Struktur III-39
3.3.1. Beban Gempa Struktur Eksisting III-39
3.3.2. Beban Gempa Struktur Redesain III-41
3.3.3. Perbandingan Geser Dasar (V) SNI Gempa 2002 dengan SNI Gempa 2012 ..... III-46
3.4. Bagan Alir Evaluasi III-47

BAB IV EVALUASI STRUKTUR IV-1
4.1. Umum IV-1
4.2. Permodelan Struktur IV-2
4.2.1. Geometri Struktur IV-2
4.2.2. Perancangan Kolom IV-15
4.2.2.1. Tulangan Longitudinal Kolom IV-17
4.2.2.2. Tulangan Transversal Kolom IV-28
4.2.2.3. Sambungan Lewatan Tulangan Longitudinal Kolom IV-33
4.2.3. Hubungan Balok Kolom IV-34
4.2.4. Perancangan Dimensi Balok IV-38
4.3. Evaluasi Struktur IV-40
4.3.1. SNI Gempa 2002 ..... IV-40
4.3.1.1. Hasil Analisis Dinamik IV-40
4.3.1.2. Sistem Struktur IV-41
4.3.1.3. Deformasi Struktur IV-43
4.3.1.4. Pengecekan Terhadap Torsi IV-49
4.3.1.5. Pengecekan Terhadap Simpangan IV-52
4.3.2. SNI Gempa 2012 ..... IV-55
4.3.2.1. Hasil Analisis Dinamik IV-55

4.3.2.2.Sistem Struktur IV-58
4.3.2.3.Deformasi Strukturr IV-62
4.3.2.4.Pengecekan Terhadap Torsi IV-69
4.3.2.5.Pengecekan Terhadap Simpangan IV-71

BAB V MANAJEMEN KONSTRUKSI V-1
5.1. Susunan RKS V-1
5.2. Rencana Anggaran Biaya (RAB) V-1
5.2.1. Contoh Perhitungan Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang V-1
5.2.1.1.Menggali Tanah Biasa Sedalam 2m V-1
5.2.1.2.Pekerjaan Urugan Sirtu Padat V-4
5.2.1.3.Membuat Lantai Kerja Beton V-6
5.2.1.4.Pekerjaan Pile Cap V-8
5.2.1.5.Perhitungan Pekerjaan Tiang Pancang V-17
5.2.2. Contoh Perhitungan Pekerjaan Kolom V-19
5.2.2.1.Perhitungan Volume Kolom V-19
5.2.2.2.Perhitungan Tulangan Kolom V-19
5.2.2.3.Perhitungan Bekisting Kolom V-22
5.2.2.4.Menghitung Koefisien Untuk Harga Satuan Pekerjaan Kolom K2 ..... V-22
5.2.2.5.Menghitung RAB V-26
5.2.3. Contoh Perhitungan Pekerjaan Balok V-27
5.2.3.1.Perhitungan Volume Beton Balok TB2c 25 x 50 ..... V-27
5.2.3.2.Perhitungan Volume Tulangan Balok TB2c 25 x 50 . V-28
5.2.3.3.Perhitungan Volume Bekisting Balok TB2c 25 x 50 . V-32
5.2.3.4.Menghitung Koefisien Untuk Harga Satuan Pekerjaan V-32

BAB VI PENUTUP VI-1
6.1. Kesimpulan V1-1
6.2. Saran VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beban hidup terdistribusi merata minimum minimum L_o dan beban hidup terpusat minimum berdasarkan SNI 1727-2013 ..... II-5

Tabel 2.2 Simpangan antar lantai ijin, Δa. II-9

Tabel 2.3 Koefisien situs, F_a II-12

Tabel 2.4 Koefisien situs, F_v II-12

Tabel 2.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek II-15

Tabel 2.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik II-15

Tabel 2.7 Faktor R, C_d, dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa II-16

Tabel 2.8 Koefisien untuk batas atasan pada periode yang dihitung II-18

Tabel 2.9 Nilai parameter perioda pendekatan Ct dan x II-18

Tabel 2.10 Faktor beban untuk berbagai design-code II-20

Tabel 2.11 Faktot Reduksi Kekuatan ϕ (ACI 318M-11) II-22

Tabel 3.1 Faktor keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan III-2

Tabel 3.2 Korelasi terminologi kegempaan dalam beberapa aturan yang ada III-3

Tabel 3.3 Korelasi terminolgi kegempaan dalam beberapa aturan yang ada III-5

Tabel 3.4 Parameter daktilitas struktur gedung III-6

Tabel 3.5 Faktor Daktilitas Maksimum (μm), Faktor Reduksi Gempa Maksimum (Rm), Faktor Tahanan Lebih Struktur (f1) beberapa jenis sistem/subsistem struktur gedung..... III-7

Tabel 3.6 Jenis-jenis tanah III-9

Tabel 3.7 Tabel N-SPT Rata-rata dengan menggunakan SNI 2002..... III-10

Tabel 3.8 Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah untuk masing-masing Wilayah Gempa Indonesia. III-11

Tabel 3.9 Spektrum Respons Gempa Rencana III-15

Tabel 3.10 Tabel N-SPT Rata-Rata Bangunan Pasar Bulu Semarang dengan SNI 2012 ..... III-16

Tabel 3.11 Klasifikasi situs III-17

Tabel 3.12 Perbedaan Beban mati SNI Pembebanan 1989 dibandingkan dengan 2013 ..... III-20

Tabel 3.13 Perbedaan Beban hidup terdistribusi merata minimum SNI Pembebanan 1989 dibandingkan dengan 2013 ..... III-20

Tabel 3.14 Perbedaan parameter phi SNI 2003 dengan SNI 2013..... III-21

Tabel 3.15 Perbedaan kombinasi pembebanan SNI 2003 dengan SNI 2013..... III-21

Tabel 3.16 Mutu Beton..... III-32

Tabel 3.17 Mutu Besi Tulangan III-32

Tabel 3.18 Tabel Hasil Analisis Berat bangunan dengan SAP2000 (SNI Gempa 2002) III-40

Tabel 3.19 Tabel Hasil Analisis Berat bangunan dengan SAP2000 (SNI Gempa 2012) III-42

Tabel 3.20 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek III-43

Tabel 3.21 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik III-43

Tabel 3.22 Faktor *R* , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa III-44

Tabel 3.23 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung III-44

Tabel 3.24 Nilai parameter perioda pendekatan Ct dan x III-45

Tabel 3.25 Perbandingan V dengan SNI Gempa 2002 dan SNI Gempa 2012 ..... III-47

Tabel 4.1 Gaya Dalam Kolom K1 ..... IV-17

Tabel 4.2 Gaya Dalam Ujung Atas Kolom K1 ..... IV-21

Tabel 4.3 Perhitungan *Mn*c pada *Joint* HBK IV-25

Tabel 4.4 Perhitungan Mnb pada *Joint* kolom K1 HBK IV-28

Tabel 4.5 Perhitungan *SCWB* pada *Joint* kolom *K1* HBK IV-28

Tabel 4.6 Perhitungan Mpr pada kolom K1 ..... IV-31

Tabel 4.7 Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung IV-38

Tabel 4.8 Hasil Analisis Berat bangunan dengan SAP2000 (SNI Gempa 2002) IV-40

Tabel 4.9 Modal Periods And Frequencies IV-42

Tabel 4.10 Modal Load Participation Ratios IV-43

Tabel 4.11 Faktor Skala Awal IV-44

Tabel 4.12 Periode Modal IV-44

Tabel 4.13 Base Reactions IV-45

Tabel 4.14 Pengaruh 85% Vstatik IV-46

Tabel 4.15 Torsi terhadap sumbu X IV-50

Tabel 4.16 Torsi terhadap sumbu Y IV-51

Tabel 4.17 Syarat simpangan antar lantai untuk setiap Kategori Desain Seismik IV-53

Tabel 4.18 Simpangan antar lantai Gempa arah X IV-54

Tabel 4.19 Simpangan antar lantai Gempa arah Y IV-54

Tabel 4.20 Tabel N-SPT Rata-Rata Bangunan Pasar Bulu Semarang dengan SNI 2012 ..... IV-55

Tabel 4.21 Klasifikasi situs IV-56

Tabel 4.22 Tabel Hasil Analisis Berat bangunan dengan SAP2000 (SNI Gempa 2002) IV-58

Tabel 4.23 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek IV-58

Tabel 4.24 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik IV-59

Tabel 4.25 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa IV-59

Tabel 4.26 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung IV-60

Tabel 4.27 Nilai parameter perioda pendekatan Ct dan x IV-60

Tabel 4.28 Modal Load Participation Ratios IV-62

Tabel 4.29 Faktor Skala Awal IV-63

Tabel 4.30 Periode Modal IV-63

Tabel 4.31 Base Reactions IV-64

Tabel 4.32 Pengaruh 85% Vstatik IV-65

Tabel 4.33 Perbandingan Pengaruh penampang utuh dan penampang crack IV-68

Tabel 4.34 Torsi terhadap sumbu X IV-70

Tabel 4.35 Torsi terhadap sumbu Y IV-70

Tabel 4.36 Syarat simpangan antar lantai untuk setiap Kategori Desain Seismik IV-72

Tabel 4.37 Simpangan antar lantai Gempa arah X IV-74

Tabel 4.38 Simpangan antar lantai Gempa arah Y IV-74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Pasar Bulu Kota Semarang	I-1
Gambar 2.1	Spektrum respons desain	II-13
Gambar 2.2	Beban gempa pada struktur bangunan.....	II-16
Gambar 2.3	Hubungan Regangan dan Tegangan Ekuivalen Persegi	II-22
Gambar 2.4	Kondisi penampang terhadap regangan yang terjadi.....	II-23
Gambar 2.5	Diagram Interaksi Biaksial	II-25
Gambar 2.6	Ilustrasi Hierarki Plastifikasi (CSA, 1994).....	II-27
Gambar 2.7	Mekanisme leleh pada struktur gedung akibat beban gempa	II-29
Gambar 2.8	Gaya Geser yang Signifikan pada Join.....	II-31
Gambar 2.9	Jenis Hubungan Balok-Kolom	II-31
Gambar 2.10	Diagram Badan Bebas pada Hubungan Balok-Kolom.....	II-32
Gambar 2.11	Perhitungan Vu pada Hubungan Balok-Kolom.....	II-32
Gambar 2.12	Persyaratan ukuran balok pengekang	II-34
Gambar 2.13	Luas efektif Hubungan Balok-Kolom	II-34
Gambar 2.14	Standar Kait 90°.....	II-34
Gambar 3.1	Peta Kegempaan Indonesia terdiri dari 6 wilayah Gempa	III-12
Gambar 3.2	Spektrum Respons Gempa Rencana.....	III-13

Gambar 3.3 Respons spektrum Bangunan Pasar Bulu Kota Semarang dengan perhitungan SNI 2002 ..... III-15

Gambar 3.4 Lokasi Bangunan Pasar Bulu Kota Semarang..... III-17

Gambar 3.5 Spektrum respons Tanah Lunak Bangunan Pasar Bulu Kota Semarang III-18

Gambar 3.6 Spektrum respons Tanah Lunak Bagunan Pasar Bulu Kota Semarang dengan SNI 2002 dan SNI 2012 ..... III-19

Gambar 3.7 Denah Lantai Semi Basement Pasar Bulu Kota Semarang III-22

Gambar 3.8 Denah Lantai 1 Pasar Bulu Kota Semarang III-23

Gambar 3.9 Denah Lantai 2 Pasar Bulu Kota Semarang III-24

Gambar 3.10 Denah Lantai 3 Pasar Bulu Kota Semarang III-25

Gambar 3.11 Potongan Memanjang Pasar Bulu Kota Semarang..... III-26

Gambar 3.12 Potongan Melintang Pasar Bulu Kota Semarang III-27

Gambar 3.13 Tampak Depan Pasar Bulu Kota Semarang III-28

Gambar 3.14 Struktur Frame 3D Pasar Bulu Kota Semarang..... III-30

Gambar 3.15 Keyplan Pondasi Minipile Gedung Pasar Bulu Kota Semarang III-32

Gambar 3.16. Keyplan Lantai Semi Basement Gedung Pasar Bulu Kota Semarang III-33

Gambar 3.17 Keyplan Lantai 1 Gedung Pasar Bulu Kota Semarang III-34

Gambar 3.18 Keyplan Lantai 2 Gedung Pasar Bulu Kota Semarang III-35

Gambar 3.19 Keyplan Lantai 3 Gedung Pasar Bulu Kota Semarang III-36

Gambar 3.20 Keyplan Lantai Dak Gedung Pasar Bulu Kota Semarang. III-37

Gambar 3.21 Keyplan Lantai Atap Gedung Pasar Bulu Kota Semarang III-38

Gambar 3.22 Bagan Alir Evaluasi..... III-47

Gambar 4.1 Denah Semi Basement..... IV-3

Gambar 4.2 Denah Lantai 1 ..... IV-4

Gambar 4.3 Denah Lantai 2 ..... IV-5

Gambar 4.4 Denah Lantai 3 ..... IV-6

Gambar 4.5 Denah Lantai Dak / Rooftank..... IV-7

Gambar 4.6 Denah Lantai Atap..... IV-8

Gambar 4.7 Tampak Depan..... IV-9

Gambar 4.8 Tampak Belakang..... IV-9

Gambar 4.9 Tampak Samping Kiri IV-10

Gambar 4.10 Tampak Samping Kanan IV-11

Gambar 4.11 Potongan 01..... IV-12

Gambar 4.12 Potongan 02..... IV-13

Gambar 4.13 Potongan 03..... IV-14

Gambar 4.14 Kolom K1 yang ditinjau IV-16

Gambar 4.15 Diagram interaksi kolom arah *x-x*..... IV-18

Gambar 4.16 Diagram interaksi kolom arah *y-y*..... IV-19

Gambar 4.17 Mekanisme *SCWB* arah *x-x*..... IV-20

Gambar 4.18 Diagram interaksi kolom K1 HBK arah *x-x* atas..... IV-22

Gambar 4.19 Diagram interaksi kolom K1 HBK arah *x-x* bawah IV-23

Gambar 4.20 Diagram interaksi kolom K1 HBK arah *y-y* atas..... IV-24

Gambar 4.21 Diagram interaksi kolom K1 HBK arah *y-y* bawah IV-25

Gambar 4.22 Penampang balok B1 tumpuan..... IV-26

Gambar 4.23 Geser desain untuk kolom..... IV-31

Gambar 4.24 Skema Geser yang terjadi di joinnt IV-35

Gambar 4.25 Luasan efektif pada *joint* HBK..... IV-37

Gambar 4.26 Detail balok B1Ba IV-38

Gambar 4.27 Detail balok B2Ba IV-39

Gambar 4.28 Respon spektrum Bangunan Pasar Bulu Kota Semarang dengan perhitungan SNI 2002 ..... IV-40

Gambar 4.29 Ragam getar (mode shape) dan periode getar struktur (T) IV-45

Gambar 4.30 Faktor pembesaran torsi IV-50

Gambar 4.31 Lokasi titik pengecekan terhadap torsi gempa arah x IV-51

Gambar 4.32 Lokasi titik pengecekan terhadap torsi gempa arah y IV-51

Gambar 4.33 Simpangan antar lantai IV-53

Gambar 4.34 Lokasi Bangunan Pasar Bulu Kota Semarang..... IV-56

Gambar 4.35 Spektrum respons Tanah Lunak Bangunan Pasar Bulu Kota Semarang IV-57

Gambar 4.36 Ragam getar (mode shape) dan periode getar struktur (T). IV-64

Gambar 4.37 Faktor pembesaran torsi IV-70

Gambar 4.38 Lokasi titik pengecekan terhadap torsi gempa arah x IV-71

Gambar 4.39 Lokasi titik pengecekan terhadap torsi gempa arah y IV-71

Gambar 4.40 Simpangan antar lantai IV-73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tampak Depan Dan Belakang 1

Lampiran 2. Tampak Samping Kiri Dan Samping Kanan 2

Lampiran 3. Denah Semi Basement 3

Lampiran 4. Denah Lt. 01 4

Lampiran 5. Denah Lt. 02 5

Lampiran 6. Denah Lt. 03 6

Lampiran 7. Denah Atap 7

Lampiran 8. Potongan 01, 02 & 03 8

Lampiran 9. Keyplan Fondasi Dan Tie Biem 9

Lampiran 10. Detail Fondasi P1 Dan P10 10

Lampiran 11. Detail Fondasi P2 Dan P3 11

Lampiran 12. Detail Fondasi P4 Dan P5 12

Lampiran 13. Detail Fondasi P6 Dan P7 13

Lampiran 14. Detail Fondasi P8 Dan P9 14

Lampiran 15. Keyplan Balok Dan Kolom Lt. Semi Basement 15

Lampiran 16. Detail Balok Dan Kolom Lt. Semi Basement 16

Lampiran 17. Keyplan Balok Dan Kolom Lt. 01 17

Lampiran 18. Detail Balok Dan Kolom Lt. 01 18

Lampiran 19. Keyplan Balok Dan Kolom Lt. 02 19

Lampiran 20. Detail Balok Dan Kolom Lt. 02 20

Lampiran 21. Keyplan Balok Dan Kolom Lt. 03..... 21

Lampiran 22. Detail Balok Dan Kolom Lt. 03 22

Lampiran 23. Keyplan Balok Dan Kolom Lt. Atap..... 23

Lampiran 24. Detail Balok Dan Kolom Lt. Atap..... 24

Lampiran 25. Penulangan Pelat 25

Lampiran 26. Tampak Samping Ram 26

Lampiran 27. Detail Ram..... 27

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bangunan Pasar Bulu Kota Semarang mempunyai lokasi strategis yang terletak di dekat Tugu Muda, lebih tepatnya di Jalan Mgr Soegiyopronoto, Barusari, Semarang Selatan (Gambar 1.1). Pasar Bulu Kota Semarang dibangun pada tahun 2012, memiliki konsep bangunan semi modern dengan luas 8.541 m^2, bangunan ini terdiri dari tiga lantai dan satu lantai semi basement, setiap lantai memiliki luas 5.070 m^2. Bangunan Pasar Bulu merupakan bangunan publik sehingga dalam perancangan harus kuat terhadap pembebanan yang terjadi termasuk beban gempa agar bangunan memenuhi persyaratan kekuatan dan kekakuan struktur seperti yang disyaratkan dalam SNI.

Gambar 1.1 Lokasi Pasar Buku Kota Semarang

(Sumber : www.googlemaps.com)

Dalam perancangan struktur harus berpedoman pada peraturan yang berlaku. Perancangan struktur bangunan Pasar Bulu Kota Semarang yang sebelumnya telah dirancang menggunakan peraturan lama yaitu Standar Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI-03-2847-2002, Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, SNI.1727.1989-F,

Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI - 1726-2002.

Berdasarkan hal tersebut, akan dilakukan Evaluasi Desain Struktur Pasar Bulu Kota Semarang yang ditinjau berdasarkan peraturan terbaru yaitu Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan menggunakan SNI 1726:2012, Standar beban minimum yang digunakan untuk perancangan bangunan menggunakan SNI 1727:2013, dan Persyaratan beton struktural yang digunakan untuk bangunan adalah SNI 2847:2013.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang didapatkan berdasarkan latar belakang masalah diatas adalah :

1. Bagaimana perbedaan antara perancangan struktur bangunan Pasar Bulu Kota Semarang dengan peraturan SNI 1726:2012, SNI 1727:2013, dan SNI 2847:2013 dibandingkan dengan peraturan SNI-1726-2002, SNI-03-2847-2002, dan SNI.1727.1989- F?
2. Bagaimana perancangan balok dan kolom bangunan Pasar Bulu Kota Semarang dengan menggunakan peraturan SNI 1726:2012, SNI 1727:2013, dan SNI 2847:2013?
3. Apakah diperlukan pekerjaan perkuatan mengingat bangunan telah berdiri jika tinjauan beban gempa SNI 1726:2012 lebih besar dari SNI-1726-2002?
4. Apakah bangunan struktur Pasar Bulu Kota Semarang sudah memenuhi persyaratan dalam Sertifikat Laik Fungsi (SLF) Bangunan Gedung?

1.3. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat dari penulisan Skripsi dengan judul “Evaluasi Desain Struktur Pasar Bulu terhadap Beban Gempa SNI Gempa 2012”:

1. Mengetahui perbedaan yang terjadi antara perancangan struktur Bangunan Pasar Bulu Kota Semarang dengan peraturan SNI 1726:2012, SNI 1727:2013, dan SNI 2847:2013 dibandingkan dengan peraturan SNI-1726-2002, SNI-03-2847-2002, dan SNI.1727.1989- F.

2. Mengetahui perancangan balok dan kolom dengan menggunakan peraturan SNI 1726:2012, SNI 1727:2013, dan SNI 2847:2013.
3. Mengetahui perlu tidaknya pekerjaan perkuatan mengingat bangunan telah berdiri jika tinjauan beban gempa SNI 1726:2012 lebih besar dari SNI-1726-2002.
4. Mengetahui memenuhi tidaknya persyaratan bangunan struktur Pasar Bulu Kota Semarang dalam Sertifikat Laik Fungsi (SLF) Bangunan Gedung.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penyusunan Skripsi ini adalah :

1. Bangunan struktur yang akan dievaluasi adalah struktur atas pada bangunan Pasar Bulu Kota Semarang dengan 3 lantai dan 1 semi basement.
2. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan Pasar Bulu Kota Semarang menggunakan SNI 1726:2012.
3. Standar beban minimum yang digunakan untuk perancangan struktur bangunan Pasar Bulu Kota Semarang adalah SNI 1727:2013. Standar ini memuat ketentuan beban minimum untuk merancang bangunan gedung dan struktur lain.
4. Persyaratan beton struktural yang digunakan untuk struktur bangunan Pasar Bulu Kota Semarang adalah SNI 2847:2013. Standar ini merupakan revisi dari SNI 03-2847-1992 Tata cara penghitungan struktur beton untuk bangunan gedung yang mengacu pada ACI 318M-11 *Building Code Requirements for Structural Concrete*.
5. Syarat-syarat teknis yang berupa jenis dan uraian pekerjaan, jenis dan mutu bahan, cara pelaksanaan pekerjaan mengacu pada Rencaa Kerja dan Syarat-syarat (RKS) pembangunan struktur Pasar Bulu Kota Semarang yang telah ada.

1.5. Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini dibagi dalam tiga bagian, yakni :

1. Bagian awal, terdiri dari :
   a. Halaman Judul
   b. Lembar Pengesahan
   c. Motto dan Persembahan
   d. Abstrak
   e. Kata Pengantar
   f. Daftar Isi
   g. Daftar Tabel
   h. Daftar Gambar

2. Bagian isi, terdiri dari :

   BAB I PENDAHULUAN

   Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.

   BAB II STUDI PUSTAKA

   Bab ini berisi uraian umum, prosedur pembahasan dan dasar-dasar yang digunakan untuk menganalisis permasalahan.

   BAB III PROSEDUR EVALUASI

   Bab ini berisi tentang tahap pengumpulan data, analisis data struktur dan permodelan struktur dalam proses evaluasi bangunan struktur Pasar Bulu Kota Semarang.

   BAB IV EVALUASI STRUKTUR

   Bab ini menindaklanjuti prosedur evaluasi desain struktur Pasar Bulu Kota Semarang.

   BAB V MANAJEMEN KONSTRUKSI

   Bab ini berisi tentang metode pelaksanaan konstruksi, RAB dan RKS dari struktur bangunan Pasar Bulu Kota Semarang.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari desain yang disampaikan penulis sebagai hasil akhir pembahasan.

3. Bagian Akhir :

   Daftar Pustaka

   Bagian ini berisi daftar referensi yang digunakan penulis untuk mendukung penulisan Skripsi.

   Lampiran

   Berisi tentang berkas-berkas yang perlu dilampirkan dalam Skripsi ini.

BAB II
STUDI PUSTAKA

2.1. Umum

Berdasarkan SNI 1726-2012 struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan bawah. Struktur atas adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang berada di atas muka tanah. Struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak di bawah muka tanah, yang dapat terdiri dari struktur besmen, dan/atau struktur fondasinya.

Prosedur analisis dan desain seismik yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan gedung dan komponennya harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Gaya gempa desain, dan distribusinya di sepanjang ketinggian struktur bangunan gedung, harus ditetapkan berdasarkan salah satu prosedur yang sesuai yakni Analisis gaya lateral ekivalen atau Analisis spektrum respons ragam, dan gaya dalam serta deformasi yang terkait pada komponen-elemen struktur tersebut harus ditentukan.

2.2. Kriteria Desain Struktur

Menurut Schodek (1998) untuk mendesain suatu struktur perlu ditetapkan kriteria yang dapat digunakan sebagai ukuran maupun untuk menentukan apakah struktur tersebut dapat diterima untuk penggunaanyang diinginkan atau untuk desain tertentu. Kriteria-kriteria tersebut diantaranya sebagai berikut.

2.2.1. Kemampuan Layanan (*Serviceability*)

Struktur harus mampu memikul beban rancang secara aman tanpa kelebihan tegangan pada material dan mempunyai deformasi yang masih dalam daerah yang diizinkan. Kemampuan suatu struktur untuk memikul

beban tanpa ada kelebihan tegangan diperoleh dengan menggunakan faktor keamanan dalam desain elemen struktur. Dengan memilih ukuran serta bentuk elemen struktur dan bahan yang digunakan, taraf tegangan pada suatu struktur dapat ditentukan pada taraf yang dipandang masih dapat diterima secara aman, dan sedemikian hingga kelebihan tegangan material (misalnya ditunjukan dengan adanya retak) tidak terjadi. Pada dasarnya inilah kriteria kekuatan dan merupakan dasar yang sangat penting. Aspek lain mengenai kemampuan layan suatu struktur adalah mengenai deformasi yang diakibatkan oleh beban, apakah masih dalam batas yang dapat diterima atau tidak. Deformasi berlebihan dapat menyebabkan terjadi kelebihan tegangan pada suatu bagian struktur. Selain itu, karena deformasi berlebihan tampak jelas dengan mata, sering tidak diinginkan terjadi. Perlu diperhatikan bahwa karena struktur berubah bentuk secara berlebihan, bukan berarti struktur tersebut tidak stabil. Deformasi atau defleksi besar dapat diasumsikan dengan struktur yang tidak aman, tetapi hal ini tidak selalu demikian. Deformasi dikontrol oleh kekuata struktur. Daripada untuk memenuhi kekuatan struktur, seringkali diperlukan elemen struktur yang lebih banyak untuk mencapai kekakuan yang diperlukan. Kekakuan sangat bergantung pada jenis, besar, dan distribusi bahan pada struktur.

Berkaitan dengan deformasi, tetapi bukan merupakan fenomena yang sama, adalah gerakan pada struktur. Biasanya kecepatan dan percepatan aktual struktur yang memikul beban dinamis dapat dirasakan oleh pemakai bangunan, dan menimbulkan rasa tidak nyaman. Salah satu contoh adalah gerakan sehubungan dengan gedung bertingkat banyak yang mengalami beban angin. Untuk itu ada kriteria mengenai kecepatan dan percepatan batas. Kontrol tercapai dengan melalui manipulasi yang melibatkan kekakuan struktur dan karakteristik redaman.

2.2.2. Efisiensi

Kriteria ini mencakup tujuan desain sttruktur yang relatif lebih ekonomis. Ukuran yang sering digunakan adalah banyak material yang diperlukan untuk memikul beban yang diberikan dalam ruang pada kondisi kendala yang ditentukan. Mungkin bisa terjadi respon struktur yang berbeda-beda terhadap situasi beban yang diberikan akan mempunyai kemampuan layan yang sama. Akan tetapi, tidak selalu berarti bahwa setiap struktur akan memerlukan material yang sama untuk memberikan kemampuan layan struktur yang sama. Oleh karena itu dibutuhkan satu solusi yang memerlukan material lebih sedikit dibandingkan dengan yang lain. Penggunaan volume minimum sebagai kriteria adalah salah satu dari berbagai konsep penting bagi *engineer*.

2.2.3. Konstruksi

Tinjauan konstruksi sering juga mempengaruhi pilihan struktural. Sangat mungkin terjadi bahwa perakitan elemen-elemen struktural akan efisien apabila materialnya mudah dibuat dan dirakit. Kriteria konstruksi sangat luas,dan termasuk didalamnya tinjauan mengenai metode yang diperlukan untuk melaksanakan suatu bangunan, juga jenis dan banyak alat yang diperlukan serta lama waktu penyelesaian.

2.2.4. Harga

Harga merupakan faktor yang menentukan dalam pemilihan struktur. Konsep harga tidak dapat dilepaskan dari dua hal yang telah dibahas sebelumnya, yaitu efisien bahan dan kemudahan pelaksanaan. Harga total suatu struktur sangat bergantung pada banyak dan harga material yang dipakai serta banyak upah yang diperlukan buruh untuk melaksanakan pekerjaan, juga harga atau biaya alat yang diperlukan selama pelaksanaan. Tentu saja, struktur yang sangat efisien yang tidak sulit dilaksanakan merupakan yang paling ekonomis.

2.2.5. Lain-lain

Tentu saja berbagai faktor lain yang mempengaruhi pemilihan struktur. Dibandingkan dengan kriteria yang relatif terukur dan obyektif yang telah dibahas di atas, banyak faktor tambahan yang relatif lebih subyektif.

2.2.6. Kriteria Berganda

Jarang sekali suatu struktur hanya ditunjukan untuk memenuhi salah satu kriteria yang telah dibahas di atas. Konsep serviceability (kemampuan layan) dan faktor keamanan yang dilibatkannya, bagaimanapun merupakan hal yang biasa berlaku pada semua struktur. Dengan demikian, faktor tersebut merupakan tanggung jawab utama perancang struktur. Kriteria lain dapat saja dilibatkan, tetapi *serviceability* harus selalu dilibatkan.

2.3. Pembebanan dan Kombinasi Beban

Bangunan memikul seluruh berat struktur, bahan-bahan bangunan, orang-orang yang berada didalamnya, barang-barang yang dapat dipindahkan dan beban angin yang berubah-ubah, seluruh beban tersebut dipikul oleh struktur bangunan dan diteruskan ke tanah melalui pondasi. Beban kerja diambil berdasarkan **SNI 1727-2013, Beban minimum untuk perancangan bangunan**. Dalam perencanaan terhadap beban gempa, seluruh bagian struktur bangunan yang membentuk kesatuan harus memenuhi **SNI 1726-2012, Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.**

2.3.1. Pembebanan

Beban rencana yang bekerja pada struktur bangunan meliputi :

a. Beban Mati

Dalam struktur bangunan, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan

komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

b. Beban Hidup

Beban hidup berbeda dengan benda mati karena sifatnya yang berubah-ubah sesuai dengan fungsi tempat. Beban hidup disebabkan oleh benda-benda yang berada di dalam atau atas bangunan, seperti manusia, perabotan, meja, kursi, lemari, kendaraan bermotor dan semua benda sementara yang berpengaruh dalam struktur bangunan tetapi tidak termasuk dalam struktur tersebut.

Dengan sifat beban yang berubah-ubah, sulit untuk memperkirakan beban hidup yang ada dalam struktur bangunan. Sehingga beban hidup yang digunakan dalam perancangan struktur bangunan harus beban maksimal yang diakibatkan oleh penghunian dan penggunaan bangunan gedung tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Beban hidup terdistribusi merata minimum L_o dan beban hidup terpusat minimum berdasarkan SNI 1727-2013.

Hunian atau penggunaan	**Beban merata (kN/m^2)**
Apartemen / Rumah tinggal	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	1,92
Tangga rumah tinggal	1,92
Kantor	
Ruang kantor	2,40
Ruang komputer	4,79
Lobi dan koridor lantai pertama	4,79
Koridor di atas lantai pertama	3,83
Ruang pertemuam	
Lobi	4,79
Kursi dapat dipindahkan	4,79
Panggung pertemuan	4,79
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani tidak perlu melebihi 4,79 kN/m^2
Jalur untuk akses pemeliharaan	1,92

Hunian atau penggunaan	Beban merata (kN/m^2)
Koridor	
Koridor lantai pertama	4,79
Koridor lantai lain sama seperti pelayanan hunian	
Ruang makan dan restoran	4,79
Rumah Sakit	
Ruang operasi, laboratorium	2,87
Ruang pasien	1,92
Koridor diatas lantai pertama	3,83
Perpustakaan	
Ruang baca	2,87
Ruang penyimpanan	7,18
Koridor diatas lantai pertama	3,83
Pabrik	
Ringan	6,00
Berat	11,97
Sekolah	
Ruang kelas	1,92
Koridor lantai pertama	4,79
Koridor diatas lantai pertama	3,83
Tangga dan jalan keluar	4,79
Gudang penyimpanan barang	
Ringan	6,00
Berat	11,97
Toko eceran	
Lantai pertama	4,79
Lantai diatasnya	3,59
Grosir, di semua lantai	6,00

c. Beban Angin

Struktur bangunan gedung yang bertingkat tinggi rentan terhadap gaya-gaya lateral yang disebabkan oleh angin. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif fan tekanan negatif (hisap) yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau dalam satuan kg/m2. Untuk menanggulangi tekanan dan isapan angin, perlu dipasang penguat-penguat yang merupakan siku-siku, bangunan petak, gelagar dan penguat sudut sebagai konstruksi penahan angin.

d. Beban Gempa

Pengaruh beban gempa E, harus ditentukan sesuai berikut ini :

Untuk penggunaan dalam *kombinasi beban untuk metoda ultimit* (1.2D+1.0E+L) atau *kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin* (D+0.7E dan 6) D + 0.75(0.7E)+0.75L) harus ditentukan sesuai dengan Persamaan,

$$E = Eh + Ev$$

Untuk penggunaan dalam *kombinasi beban untuk metoda ultimit* **(**0.9D+ 1.0E) atau *kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin* **(**0.6D+ 0.7E), *E* harus ditentukan sesuai dengan Persamaan,

$$E = Eh – Ev$$

Dengan :
E = pengaruh beban gempa;
Eh = pengaruh beban gempa horisontal
Ev = pengaruh beban gempa vertikal

Pengaruh beban gempa horisontal, Eh harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$Eh = \rho.QE$$

Dengan :
QE = pengaruh gaya gempa horisontal
ρ = Faktor redundansi

Faktor redundansi, ρ harus dikenakan pada sistem penahan gaya gempa dalam masingmasing kedua arah ortogonal untuk semua struktur. Untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F, ρ harus sama dengan 1,3.

Pengaruh beban gempa vertikal, Ev harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$Ev = 0.2SDS.D$$

Dengan :

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda pendek.

D = pengaruh beban mati.

Penentuan Simpangan Antar Lantai

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Jika desain tegangan ijin digunakan, Δ harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_{d.}\delta_{xe}}{I_e}$$

Dengan :

C_d = faktor amplifikasi defleksi.

δ_x = defleksi pada lokasi yang ditentukan dengan analisis elastis.

I_e = faktor keutamaan gempa.

Nilai perioda untuk menghitung simpangan antar lantai.

Untuk menentukan kesesuaian dengan batasan simpangan antar lantai tingkat, diijinkan untuk menentukan simpangan antar lantai elastis (δ_{xe}), menggunakan gaya desain seismic berdasarkan pada perioda fundamental struktur yang dihitung tanpa batasan atas ($CuTa$).

Batasan simpangan antar lantai tingkat.

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δa) untuk semua tingkat, seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Simpangan antar lantai ijin, Δa.

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata.	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya.	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya.	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

*h_{sx} adalah tinggi tingkat dibawah tingkat x. (Sumber : SNI 1726:2012)

Sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen pada struktur yang dirancang dalam kategori desain seismik D, E dan F, simpangan antar latai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi $\Delta a / \rho$ untuk semua tingkat. ρ = faktor redundansi.

2.3.2. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai untuk merancang struktur bangunan gedung tingkat tinggi berdasarkan SNI 1727-2013.

Kombinasi beban terfaktor yang digunakan dalam metode desain kekuatan.

Struktur, komponen dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut :

a. 1,4D
b. 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r atau S atau R)
c. 1,2D + 1,6 (L_r atau S atau R) + (L atau 0,5W)
d. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r atau S atau R)
e. 1,2D + 1,0E + L + 0,2S
f. 0,9D +1,0W

g. 0,9D + 1,0E

Pengecualian:

1) Faktor beban pada *L* dalam kombinasi 3, 4, dan 5 diizinkan sebesar 0,5 untuk semua tingkat hunianbila *Lo* pada Tabel 4-1 kurang dari atau sama dengan 100 psf (4,79 kN/m2), dengan pengecualian daerah garasi atau luasan yang ditempati merupakan tempat pertemuan umum.
2) Dalam kombinasi 2, 4, dan 5, beban pendamping *S* harus diambil sebagai salah satu beban atap ratabersalju (*pf*) atau beban atapmiring bersalju (*ps*).

Kombinasi beban nominal yang menggunakan desain tegangan izin.

Beban yang tercantum di sini harus dianggap bekerja dalam kombinasi berikut; mana saja yang menghasilkan efek yang paling tidak baik di dalam bangunan gedung, fondasi, atau komponen struktural yang diperhitungkan. Efek dari satu atau lebih beban yang tidak bekerjaharus dipertimbangkan.

a. D
b. D + L
c. D + (L_r atau S atau R)
d. D + 0,75L + 0,75 (L_r atau S atau R)
e. D + (0,6W atau 0,7E)
f. D + 0,75L + 0,75 (0,6W) + 0,75 (L_r atau S atau R)
g. D + 0,75L + 0,75 (0,7E) + 0,75S
h. 0,6D + 0,6W
i. 0,6D + 0,7E

Untuk kombinasi beban gempa jika pengaruh gaya gempa yang ditetapkan, *E*, yang didefiniskan dalam SNI 1726-2012 dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya. Untuk kombinasi dasar untuk desain kekuatan yaitu :

1) (1,2 + 0,2SDS)D + ρQE + L
2) (0,9 – 0,2SDS)D + ρQE + 1,6H

Sedangkan dalam pendesainan tegangan ijin, kombinasi yang dipakai adalah sebagai berikut :

1) (1,0 + 0,14SDS)D + F + 0,7 ρQE
2) (1,0 + 0,10SDS)D + F + 0,525 ρQE + 0,75L + 0,75(Lr atau R)
3) (0,6 - 0,14SDS)D + 0,7 ρQE + H

2.4. Prosedur Respons Spektrum

Menurut Himawan et al. (2013) untuk penentuan respons spektrum percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) an perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a.S_s$$

$$S_{M1} = F_v.S_1$$

dengan,

S_S = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda pendek;

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1,0 detik.

Koefisien situs F_a dan F_v mengikuti Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, T = 0.2 detik, S_S				
	$S_S \leq 0{,}25$	$S_S = 0{,}5$	$S_S = 0{,}75$	$S_S = 1{,}0$	$S_S \geq 1{,}25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS[b]				

(a) Untuk nilai-nilai antara S_S dapat dilakukan interpolasi linier
(b) SS = Situns yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Tabel 2.4 Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, T = 0.2 detik, S_S				
	$S_S \leq 0{,}1$	$S_S = 0{,}2$	$S_S = 0{,}3$	$S_S = 0{,}4$	$S_S \geq 0{,}5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS[b]				

(c) Untuk nilai-nilai antara S_S dapat dilakukan interpolasi linier
(d) SS = Situns yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik, S_{D1}, harus ditentukan melalui perumusan berikut ini :

$S_{DS} = {}^{2}/_{3}\ S_{MS}$

$S_{D1} = {}^{2}/_{3}\ S_{M1}$

2.4.1. Menentukan Spektrum Respons Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva

spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 3 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0, spektrum respons percepatan desain, S_a, harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS}\left(0{,}4 + 0{,}6\frac{T}{T_0}\right)$$

Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s, spektrum respons percepatan desain, S_a, sama dengan S_{DS};

Untuk perioda lebih besar dari T_s, spektrum respons percepatan desain, S_a, diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = {S_{D1}}/{T}$$

dengan,

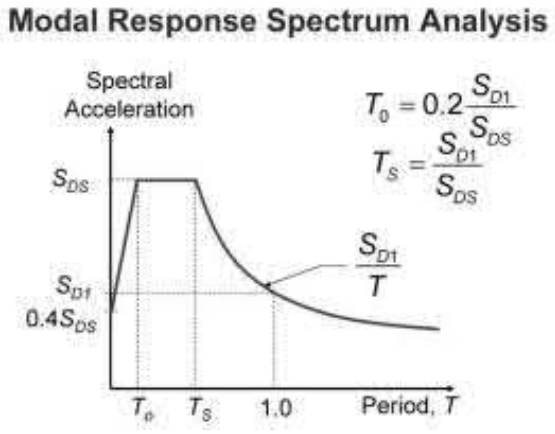
S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek;

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik;

T = perioda getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0{,}2\,\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$



Gambar 2.1 Spektrum respons desain

2.4.2. Menentukan Kategori Desain Seismik (A-D)

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektrum percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1, lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E.

Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektrum percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1, lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismik-nya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektrum percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1}. Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 2.5 atau 2.6, terlepas dari nilai perioda fundamental getaran struktur, T.

Apabila S_1 lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diijinkan untuk ditentukan sesuai Tabel 2.5 saja, dimana berlaku semua ketentuan di bawah :

a. Pada masing-masing dua arah ortogonal, perkiraan perioda fundamental struktur, T_a kurang dari 0,8 T_s.
b. Pada masing-masing dua arah ortogonal, perioda fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar lantai adalah kurang dari T_s.
c. Persamaan 22 digunakan untuk menentukan koefisien respons seismik, C_s.
d. Diafragma struktural adalah kaku atau untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen-elemen vertikal penahan gaya gempa tidak melebihi 12 m.

Tabel 2.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0{,}167$	A	A
$0{,}167 \le S_{DS} < 0{,}33$	B	C
$0{,}33 \le S_{DS} < 0{,}50$	C	D
$0{,}50 \le S_{DS}$	D	D

Tabel 2.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0{,}067$	A	A
$0{,}067 \le S_{D1} < 0{,}133$	B	C
$0{,}133 \le S_{D1} < 0{,}20$	C	D
$0{,}20 \le S_{D1}$	D	D

2.4.3. Pemilihan sistem struktur dan parameter sistem (R, C_d, Ω_0)

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam Tabel 2.7. Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam Tabel 2.7. Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R, faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 9 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antarlantai tingkat desain.

Setiap sistem penahan gaya gempa yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut yang ditetapkan dalam dokumen acuan yang berlaku seperti terdaftar dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Faktor *R*, C_d, dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuatlebih sistem, Ω_0	Faktor pembesaran defleksi, C_d[b]	Batasan sistem struktur dan batasan Tinggi struktur h_n(m)[c]				
				B	C	D[d]	E[d]	F[e]
C. Sistem rangka pemikul momen								
(C5). Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	$5^1/_2$	TB	TB	TB	TB	TB
(C6). Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	$4^1/_2$	TB	TB	TI	TI	TI
(C7). Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	$2^1/_2$	TB	TI	TI	TI	TI

TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diijinkan

2.4.4. Perhitungan Beban Gempa Statik Ekivalen

Prosedur gaya lateral ekivalen

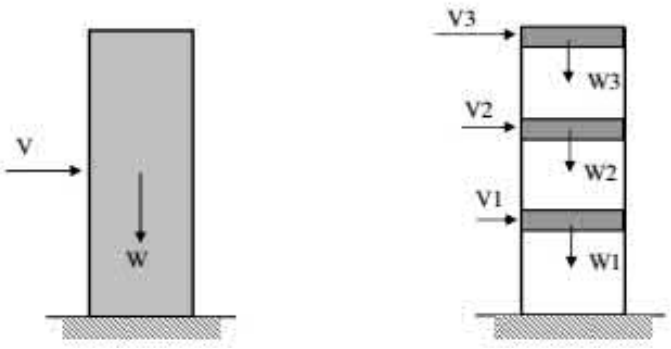
Geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_S.W$$

Keterangan:

C_S = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif



Gambar 2.2 Beban gempa pada struktur bangunan

Koefisien respons seismik (C_S) harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$C_S = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek

R = faktor modifikasi respons

Ie = faktor keutamaan gempa

Nilai CS tidak perlu melebihi persamaan,

$$C_S = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

C_S harus tidak kurang dari persamaan

$C_S = 0{,}044.S_{DS}.Ie \geq 0.01$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0.6g , maka C_S harus tidak kurang dari :

$$C_S = \frac{0.55_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Dengan,

S_{D1} = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda sebesar 1,0 detik

S_1 = parameter percepatan spektrum respons maksimum yang dipetakan

Penentuan perioda

Perioda fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dan perioda fundamental pendekatan (Ta). Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk

menentukan perioda fundamental struktur (T) diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan (*Ta*).

Tabel 2.8 Koefisien untuk batas atasan pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	**Koefisien C_u**
≥ 0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
≤ 0,1	1,7

Perioda fundamental pendekatan (*Ta*) dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut :

Ta = $Ct h_n^x$

Dengan,

Ct dan x = koefisien

Hn = ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

Tabel 2.9 Nilai parameter perioda pendekatan Ct dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari dafleksi jika dikenai gaya gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan (*Ta*) dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m.

Ta = 0.1N

Dengan,

N = jumlah tingkat.

2.5. Prosedur Pendesainan Elemen Struktur

Menurut Dewobroto (2013), peraturan perencanaan struktur beton Indonesia yang baru, yaitu SNI Beton 2013, isinya mengutip ACI 318-11 (PUSKIM, 2012). Konsep perencanaan yang digunakan mengikuti cara kuat batas LRFD (Load and Resistance Factor Design), yaitu mencari kuat perlu (Ru), suatu beban batas maksimum yang mungkin terjadi, yang diperoleh dari hasil kombinasi beban kerja dan faktor beban LRFD. Pada sisi lain, akan dihitung kuat nominal (Rn) dari tiap penampang elemen struktur beton, yang dianggap akan menerima kondisi beban batas maksimum tersebut.

Perencanaan penampang beton bertulang dianggap memenuhi persyaratan, jika kuat perlu (Ru) lebih kecil dari kuat rencananya (ϕRn), dimana ϕ adalah faktor reduksi kekuatan. Jadi kuat tencana memenuhi syarat jika $Ru \leq \phi Rn$.

2.5.1. Kuat Perlu Penampang (Ru)

Kombinasi beban LRFD jika tidak ada kekuatan lebih besar, boleh mengambil minimum sama seperti ketentuan pasal 9.2 ACI (2011) sebagai berikut:

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)
- 1,2D ± 1,6 (Lr atau R) + (1,0 L atau 0,5 W)
- 1,2D ± 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr atau R)
- 1,2D ± 1,0W + 1,0L
- 0,9D ± 1,0W
- 0,9D ± 1,0E

Catatan :

D = Beban mati

L = Beban hidup

W = Angin

R = Hujan

E = Gempa

Meskipun sepintas terlihat sama, ternyata besaran faktor beban dibanding ketentuan peraturan yang lama, berbeda. Khususnya faktor beban angin (W). Untuk itu, maka faktor beban sementara untuk berbagai design-code akan ditabulasikan sebagai berikut :

Tabel 2.10 Faktor beban untuk berbagai design-code

Design-Code	E	W	Notes
ACI 318-11	1,0	1,0	Faktor beban tertulis secara detail
ACI 318-08	1,0	1,6	
ACI 318-05	1,0	1,6	
ASCE/SEI 7-10	1,0	1,0	
ASCE/SEI 7-05	1,0	1,6	
SNI Beton 2002	1,0	1,6	SNI 03-2847-2002
SNI Baja	1,0	1,3	SNI 03-1729-2002
AISC 2010	Section B3 ASCE/SEI 7		Tidak ada detailnya
RSNI Baja 2012	SNI 1726 (ASCE/SEI 7)		

Ada perbedaan faktor beban, ACI 318M-11 dengan versi ACI 318 M tahun-tahun sebelumnya. Apakan berarti beban angin dianggap tidak penting karena besarannya berkurang. Hasil kombinasi beban baru, pengaruh angin hanya 62,5% dari yang lama. Ternyata itu terjadi karena kondisi beban angin yang dipakai berbeda, yaitu ASCE/SEI 7- 10, yang berbeda konsep dibanding ASCE/SEI 7-05.

Beban angin pada ASCE/SEI 7-10 mengalami perubahan besar, terdapat peta kecepatan angin yang baru, yang bervariasi sesuai kategori resiko, yang mempertimbangkan kontur kecepatan angin pada interval kejadian merata dikeseluruhan daerah di Amerika, termasuk resiko terjadinya bedai topan. Kondisi pembebanan juga baru, yaitu beban Ultimate, tidak lagi beban layan (kondisi elastis). Ini berpengaruh pada

perhitungan faktor beban, dan ACI 318M-11 yang baru telah menanggapinya dengan mengubah faktor beban angin (W) dari 1,6 menjadi 1,0.

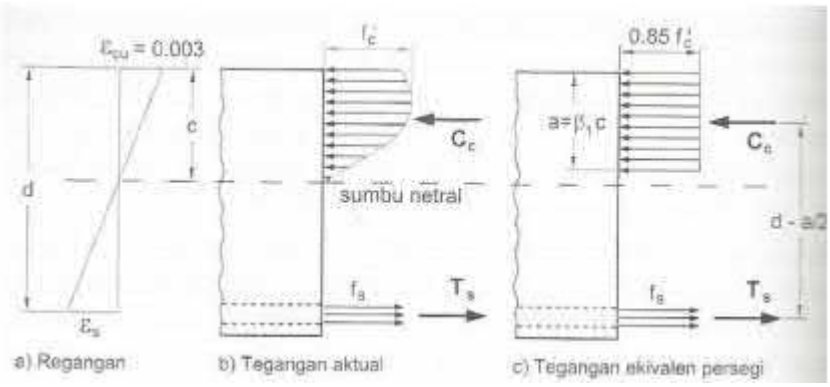
2.5.2. Kuat Nominal Penampang (Rn)

Perencanaan penampang beton bertulang terhadap beban momen lentur atau gaya aksial atau kombinasi dari keduanya dapat dicari berdasarkan cara kompatibilitas tegangan dan regangan, dengan mengambil asumsi sesuai pasal 10.2 ACI (2011) sebagai berikut:

- Regangan tulangan baja dan regangan beton pada penampang linier dan proporsional sesuai jarak dari garis sembu netral.
- Regangan desak beton terluar yang efektif menghasilkan kuat nominal penampang (Ultimate) dapat dianggap $\varepsilon cu = 0{,}003$.
- Tegangan baja dicari berdasarkan kondisi regangan lelehnya,
  Jika $\varepsilon s < \varepsilon y$ maka As fs = As Es εs
  Jika $\varepsilon s \geq \varepsilon y$ maka As fs = As Fy
- Kekuatan tarik material beton harus diabaikan ketika menentukan kekuatan aksial dan lentur penampang.
- Hubungan distribusi tegangan-regangan beton tekan dapat dianggap berbentuk persegi, trapesium, juga bentuk lain asal prediksi kekuatannya sesuai dengan hasil uji komperehensif.

Untuk hubungan tegangan dan regangan beton berbentuk persegi didefinisikan sebagai berikut:

- Tegangan beton sebesar 0,85f'c dianggap distribusi merata pada suatu zona tekan ekivalen yang dibatasi tepi-tepi penampang desak dan suatu garis lurus pembatas baru sejajar garis netral berjarak $\alpha = \beta 1$ c dari serat regangan tekan terluar.
- Jarak dari serat regangan (desak) maksimum terhadap sumbu netral, c harus diukur pada arah tegak lurus sumbu netral.



Gambar 2.3 Hubungan Regangan dan Tegangan Ekuivalen Persegi

- Untuk mutu beton dengan f'c antara 17 dan 28 Mpa, β1 diambil sebesar 0,85, sedangkan mutu beton f'c diatas 28 Mpa, nilai β1 diambil perlu dikurangi secara linier sebesar 0,05 untuk tiap kenaikan sebesar 7 Mpa, tetapi tidak perlu diambil kurang dari 0,65.

Selanjutnya untuk menentukan perilaku keruntuhan penampang apakah daktai atau getas ditentukan dari kondisi regangan baja (tarik) dan regangan beton ultimate (desak).

Kondisi penampang daktail jika akibat momen, tulangan bajanya mengalami yielding (leleh). Untuk itu kondisi balance (seimbang) penampang perlu diketahui terlebih dahulu, yaitu kondisi dimana tulangan tariknya tepat mencapai regangan (εs) yang berkesesuaian dengan tegangan leleh (fy), sehingga εs = Fy/Es dan bersamaan juga beton tekan mencapai regangan ultimate (εcu = 0,003).

2.5.3. Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor reduksi kekuatan (ϕ), jika dikalikan dengan kuat nominal penampang (ϕRn) menghasilkan kuat rencana. Adapun besarnya ϕ tergantung pada kondisi regangan dan jenis tulangan transversalnya.

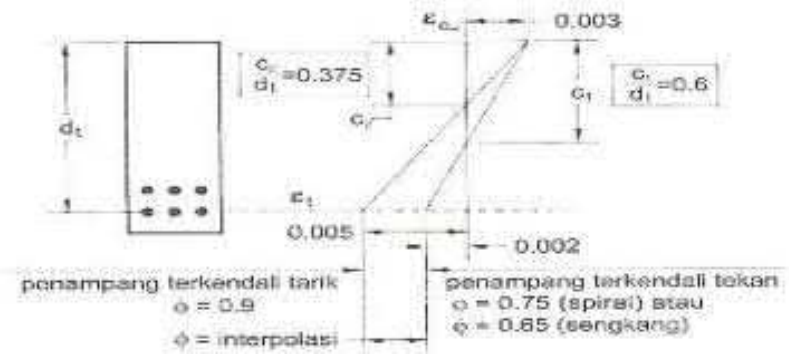
Tabel 2.11 Faktot Reduksi Kekuatan ϕ (ACI 318M-11)

Tinjauan kondisi regangan	ϕ
Penampang terkendali tarik	0,9

Tinjauan kondisi regangan	ϕ
Penampang terkendali tekan • Sengkang • Spiral	 0,65 0,75
Geser dan torsi	0,75

Kondisi ini berbeda dibanding era sebelum ACI 318-02 (2002), dimana nilai ϕ faktor reduksi kekuatan tergantung tipe bebannya. Faktor reduksi kekuatan ϕ diberi nilai rendah untuk penampang terkendali tekan, karena tingkat daktilitas yang rendah, hasilnya tergantung variasi kekuatan beton, dan umumnya memikul luasan beban yang lebih besar dibandingkan penampang terkendali tarik. Elemen dengan tulangan spiral mempunyai faktor ϕ lebih tinggi, karena tingkat daktilitas dan thoughness yang dihasilkan akan lebih tinggi dibandingkan memakai tulangan transversal (sengkang).

Penampang terkendali tekan atau tarik ditentukan dari regangan tarik netto (εt), yaitu regangan tulangan baja terluar (dt) dari serat desak terluar (Gambar 2.3). Jika εt ≤ 0,002, penampang terkendali tekan, dan jika εt ≥ 0,005, penampang terkendali tarik.



Gambar 2.4 Kondisi penampang terhadap regangan yang terjadi

Batas regangan tarik netto penampang terkendali tekan dituliskan sebagai rasio c/dt, dimana c adalah jarak sumbu netral ke serat tekan terluar, dan dt adalah jarak serta tekan terluar terhadap tulangan baja tarik terluar (Gambar 2.4). batas rasio c/dt untuk penampang terkendali tekan,

c1/dt = 0,6 dan terkendali tarik c2/dt = 0,375. Nilai-nilai tadi dihitung pada tulangan baja Grade 420 atau yang setara (fy = 400 Mpa).

Untuk penampang dengan regangan tarik netto εt diantara nilainilai batas dicari dengan interpolasi berikut:

Spiral → $\phi = 0{,}75 + 50\ (\varepsilon t - 0{,}002)$ atau $\phi = 0{,}75 + 0{,}15\left[\frac{1}{c/dt} - \frac{5}{3}\right]$

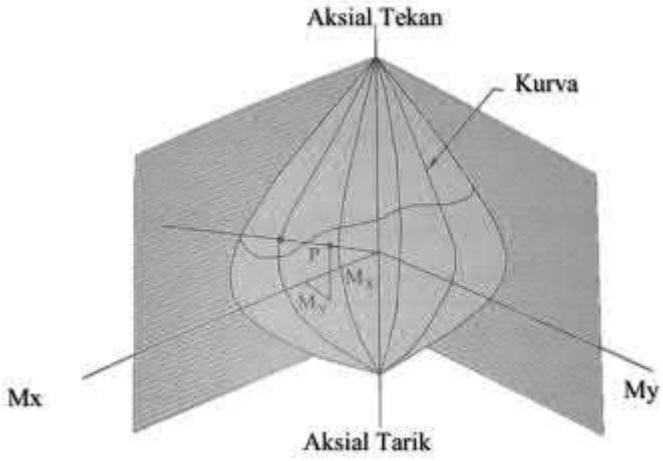
Sengkang → $\phi = 0{,}65 + \frac{250}{3}\ (\varepsilon t - 0{,}002)$ atau $\phi = 0{,}65 + 0{,}25\left[\frac{1}{c/dt} - \frac{5}{3}\right]$

2.5.4. Desain Kolom Beton Bertulang

Menurut Dewobroto (2013) prosedur perancangan kolom beton bertulang, sebagai berikut :

a. Membuat diagram interaksi gaya normal dan momen aksial.
b. Secara default, akan disusun 7 kurva interaksi antara sumbu x dan y untuk mewakili efek 3D. Setiap kurva ada 11 titik interaksi (bandingkan dengan cara manual yang 3 titik saja).
c. Cek kapasitas kolom untuk beban gaya normal dan momen terfaktor yang diperoleh dari kombinasi beban yang paling menentukan di setiap ujung kolom. Jika tulangan kolom tidak ditentukan, akan dihitung luas tulangan kolom perlu yang menghasilkan ratio kapasitas sebesar 1,0.
d. Desain tulangan geser kolom.

Penyusunan permukaan diagram interaksi secara 3D berdasarkan distribusi tegangan dan regangan sesuai ketentuan perencanaan. Chek kapasitas berdasarkan, apakah beban rencana terletak di dalam diagram interaksi kolo. Jika berada didalam diagram, kapasitas kolom mencukupi, begitu juga dengan sebaliknya.



Gambar 2.5 Diagram Interaksi Biaksial

Prosedur perencanaan tulangan geser (sengkang) untuk kolom hampir sama dengan balok, hanya saja pengaruh gaya aksial perlu dimasukkan. Gaya aksial tekan meningkatkan kapsitas geser, dan sebaliknya.

2.5.5. Persyaratan Detailing Elemen Struktur Tahan Gempa

Desain Kapasitas

Dalam Imran (2010) disebutkan bahwa, Sruktur bangunan tahan Gempa umumnya didesain terhadap gaya gempa yang lebih rendah daripada gaya gempa rencana. Hal ini dimungkinkan karena struktur didesain untuk mengalami kerusakan atau berperilaku inelastik, melalui pembentukan sendi-sendi plastis (plastifikasi) pada elemen-elemen strukturnya, pada saat menahan beban gempa rencana. Perilaku inelastik atau plastis tersebut pada dasarnya memberikan mekanisme disipasi energi pada struktur sehinnga dapat membatasi gaya gempa yang masuk ke struktur bangunan. Elemen struktur yang rusak atau berperilaku inelastik tersebut pada hakikatnya berfungsi sebagai “sekring” bagi struktur bangunan. Namun, walaupun struktur bangunan berperilaku inelastik, struktur bangunan tidak boleh mengalami keruntuhan pada saat menerima beban gempa rencana atau bahkan beban gempa yang lebih besar. Untuk

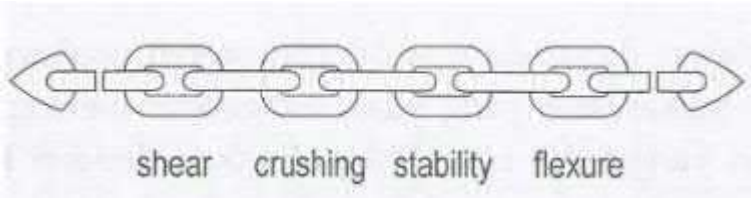
dapat menjamin hal tersebut, perilaku inelastik struktur harus direncanakan dengan baik sehingga dapat menghasilkan perilaku struktur yang daktail. Perencanaan yang harus dilakukan meliputi pemilihan lokasi “sekring” atau elemen-elemen struktur yang boleh rusak atau berperilaku inelastik, peningkatan daktilitas elemen-elemen struktur tersebut, dan perlindungan elemen-elemen struktur lain yang diharapkan tetap berperilaku elastik. Salah satu metode desain yang dapat digunakan untuk tujuan ini adalah metode desain kapasitas.

Metode desain kapasitas pada dasarnya diaplikasikan pada perancangan struktur bangunan tahan gempa dengan tujuan agar bentuk-bentuk plastifikasi/disipasi energi yang sifatnya getas tidak muncul dalam mekanisme disipasi energi yang dihasilkan oleh respon struktur bangunan. Agar tujuan ini dapat dicapai maka perlu dirancang suatu hierarki plastifikasi sedemikian hingga hanya bentuk-bentuk plastifikasi/disipasi energi yang daktai yang muncul pada respon struktur. Plastifikasi melalui mekanisme lentur merupakan contoh bentuk plastifikasi yang sifatnya daktail, sedangkan plastifikasi melalui meknisme geser pada umumnya bersifat getas. Untuk mencegah terjadinya plastifikasi melalui mekanisme geser, suatu elemen struktur yang dipilih sebagai elemen pendisipasi energi harus dirancang dengan kekuatan geser yang lebih tinggi daripada gaya geser maksimum yang mungkin timbul pada saat elemen struktur tersebut mengembangkan mekanisme disipasi melalui mekanisme lenturnya. Gaya geser maksimum tersebut dapat diperoleh dengan memperbesar momen nominal penampang dengan suatu faktor kuat lebih bahan baja tulangan, yang umumnya diambil 1,25. Prosedur desain ini disebut metode desain kapasitas dan umum diaplikasikan pada perancangan elemen-elemen struktur balok,kolom,dinding dan hubungan balok-kolom (CSA, 1994).

Bentuk hierarki plastifikasi dapat diilustrasikan melalui konsep rantai (Gambar 2.6). bila masing-masing cincin rantai menggambarkan

mekanisme plastifikasi yang ada pada struktur beton bertulang, maka rantai akan menghasilkan perilaku disipasi energi daktail pada saat ditarik jika cincin dengan mekanisme plastifikasi yang paling daktail pada rantai tersebut diberi kekuatan tarik yang paling lemah, atau difungsikan sebagai "sekring". Sedangkan cincin-cincin lain yang mekanisme disipasi energinya bersifat kurang daktail atau getas diberi kekuatan yang lebih besar daripada kekuatan maksimum paling mungkin yang dapat termobilisasi pada cincin yang terlemah, sehingga cincin-cincin yang lain tersebut tidak pernah rusak/plastis.

Metode desain kapasitas diaplikasikan untuk menjamin agar pada saat rantai diberi gaya tarik maksimum, kerusakan/plastifikasi hanya terjadi di tempat-tempat yang memang diinginkan. Agar hal ini dapat terealisasi maka tempat-tempat lain yang tidak diinginkan mengalami kerusakan/plastifikasi harus diberi kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan kekuatan paling maksimum yang mungkin termobilisasi pada tempat-tempat yang direncanakan mengalami plastifikasi. Kekuatan paling maksimum yang mungkin termobilisasi pada suatu elemen struktur dapat diperoleh dengan menerapkan faktor kuat lebih bahan. Selain itu, agar mekanisme disipasi energi yang terjadi bersifat sangat daktail, maka pada lokasi-lokasi yang dipilih sebagai tempat pendisipasi energi tersebut harus diberi detailing penulangan, seperti tulangan pengekangan beton, yang memadai.



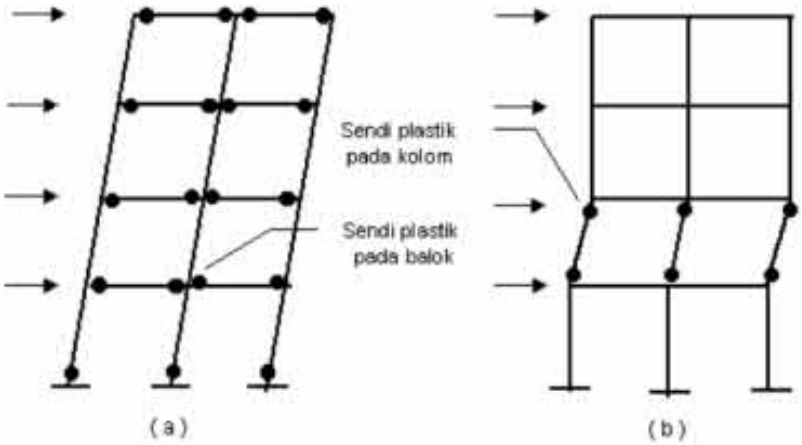
Gambar 2.6 Ilustrasi Hierarki Plastifikasi (CSA, 1994)

Dalam Himawan et al (2013) disebutkan, untuk mendapatkan struktur bangunan yang cukup ekonomis, tetapi tidak mengalami

keruntuhan pada saat terjadi gempa kuat, maka sistem struktur harus direncanakan bersifat daktail. Untuk mendapatkan sistem struktur yang daktail, disarankan perencanaan kapasitas. Pada prosedur perencanaan kapasitas ini, elemen-elemen dari struktur bangunan yang akan memancarkan energi gempa melalui mekanisme perubahan bentuk atau deformasi plastis, dapat terlebih dahulu dipilih dan ditentukan tempatnya. Untuk merencanakan struktur bangunan dengan menggunakan cara perencanaan kapasitas. Pada prosedur perencanaan kapasitas ini, elemenelemen dari struktur bangunan yang akan memancarkan energi gempa melalui mekanisme perubahan bentuk atau deformasi plastis, dapat terlebih dahulu dipilih dan ditentukan tempatnya. Sedangkan elemen-elemen lainnya, direncanakan dengan kekuatan yang lebih besar untuk menghindari terjadinya kerusakan. Pada struktur beton bertulang, tempat-tempat terjadinya deform asi plastis yaitu tempat- tempat dimana penulangan mengalami pelelehan, disebut daerah sendi plastis. Karena sendi-sendi plastis yang terbentuk pada struktur portal akibat dilampauinya beban gempa rencana dapat diatur tempatnya, maka mekanisme kerusakan yang terjadi tidak akan mengakibatkan keruntuhan dari struktur bangunan secara keseluruhan. Karena pada prosedur perencanaan kapasitas ini terlebih dahulu harus ditentukan tempattempat dimana sendi-sendi plastis akan terbentuk, maka dalam hal ini perlu diketahui mekanisme leleh yang dapat terjadi pada sistem struktur portal. Dua jenis mekanisme leleh yang dapat terjadi pada struktur gedung akibat pembebanan gempa kuat, ditunjukkan pada Gambar 2.6. Kedua jenis mekanisme leleh atau terbentuknya sendi-sendi plastis pada struktur gedung adalah :

1. Mekanisme Kelelehan Pada Balok (*Beam Sidesway Mechanism*), yaitu keadaan dimana sendi-sendi plastis terbentuk pada balok-balok dari struktur bangunan, akibat penggunaan kolom-kolom yang kuat (*Strong Column–Weak Beam*).
2. Mekanisme Kelelehan Pada Kolom (*Column Sidesway Mechanism*), yaitu keadaan di mana sendi-sendi plastis terbentuk pada kolom-kolom

dari struktur bangunan pada suatu tingkat, akibat penggunaan balok-balok yang kaku dan kuat (*Strong Beam– Weak Column*)



Gambar 2.7 Mekanisme leleh pada struktur gedung akibat beban gempa (a) Mekanisme leleh pada balok, (b) Mekanisme leleh pada kolom

Pada perencanaan struktur daktail dengan metode Perencanaan Kapasitas, mekanisme kelelehan yang dipilih adalah Beam Sidesway Mechanism, karena alasan-alasan sebagai berikut :

1. Pada *Column Sidesway Mechanism*, kegagalan dari kolom pada suatu tingkat akan mengakibatkan keruntuhan dari struktur bangunan secara keseluruhan.
2. Pada struktur dengan kolom-kolom yang lemah dan balok-balok yang kuat (*Strong Beam–Weak Column*), deformasi akan terpusat pada tingkat-tingkat tertentu,sehingga daktilitas yang diperlukan oleh kolom agar dapat dicapai daktilitas dari struktur yang disyaratkan, sulit dipenuhi.

Kerusakan yang terjadi pada kolom-kolom bangunan, akan lebih sulit diperbaiki dibandingkan jika kerusakan terjadi pada balok. Jadi mekanisme kelelehen pada portal yang berupa Beam Sidesway Mechanism, merupakan keadaan keruntuhan struktur bangunan yang lebih terkontrol. Pemilihan perencanaan struktur bangunan dengan menggunakan mekanisme ini membawa konsekuensi bahwa kolom-kolom

pada struktur bangunan harus direncanakan lebih kuat dari pada balok-balok struktur, sehingga dengan demikian sendi-sendi plastis akan terbentuk lebih dahulu pada balok. Karena hal tersebut di atas, maka dalam perencanaan portal daktail pada struktur bangunan tahan gempa, sering juga disebut perencanaan struktur dengan kondisi desain Kolom Kuat – Balok Lemah (*Strong Column–Weak Beam*).

Persyaratan *Detailing* Hubungan Balok-Kolom (Join)

Dalam Imran (2010) disebutkan bahwa, Hubungan balok-kolom (join) merupakan elemen struktur yang paling penting dalam suatu sistem struktur rangka pemikul momen. Akibat gaya lateral yang bekerja pada struktur, momen lentur ujung pada balok-balok yang merangka pada join yang sama akan memutar join pada arah yang sama. Hal ini akan menimbulkan gaya geser yang besar pada hubungan balok-kolom (Gambar 2.8). ada beberapa tipe hubungan balok-kolom yang dapat dijumpai pada suatu sistem struktur rangka pemikul momen (ACI-ASCE 352, 2002) dan typenya tergantung pada lokasi tempat join tersebut berada (Gambar 2.9).

a. Persyaratan Gaya dan Geometri

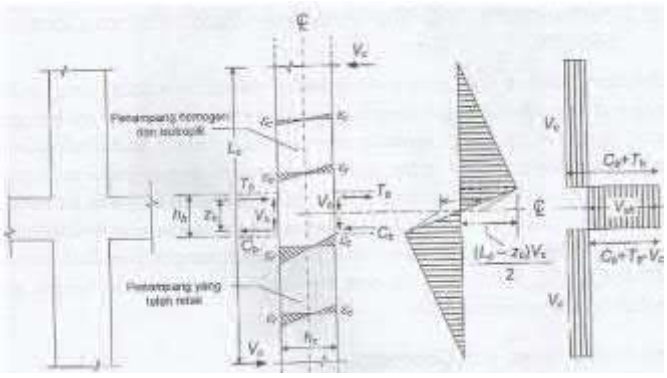
Pada perencanaan hubungan balok-kolom, gaya pada tulangan lentur di muka hubungan balok-kolom dapat ditentukan berdasarkan tegangan 1,25fy. Faktor reduksi untuk perencanaan join dapat diambil sebesar 0,8.

Beberapa persyaratan geometri harus dipenuhi untuk join SRPMK, diantaranya :

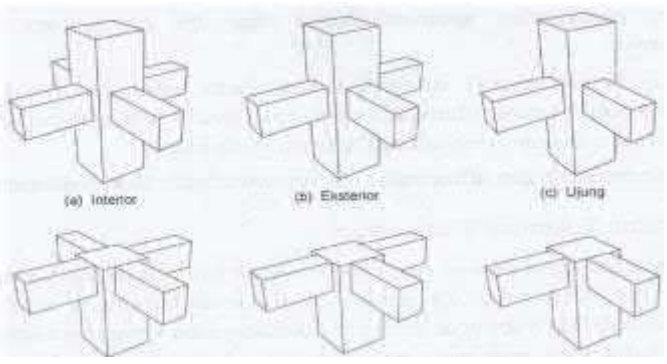
1) Untuk beton normal, dimensi kolom pada hubungan balokkolom pada arah paralel tulangan longitudinal balok minimal harus 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar pada balok.
2) Untuk beton ringan, dimensi minimumnya adalah 26 kali diameter.

b. Persyaratan Tulangan Transversal

Tulangan transversal seperti sengkang tertutup yang dipasang pada daerah sendi plastis kolom harus dipasang juga didaerah hubungan balok-kolom (HBK), kecuali bila hubungan tersebut dikekang oleh komponen-komponen struktur balok yang merangka padanya. Bila ada balok-balok dengan lebar setidak-tidaknya tiga per empat (3/4) lebar kolom merangka pada keempat sisi HBK maka tulangan transversal yang harus dipasang didaerah join hanyalah setengah (1/2) dari yang dipasang didaerah sendi plastis kolom. Tulangan transversal ini harus dipasang mulai dari sisi terbawah balok yang merangka ke hubungan tersebut. Spasi tulangan transversal seperti pada daerah sendi plastis kolom harus dipasang juga pada hubungan tersebut untuk memberikan kekangan terhadap tulangan longitudinal balok yang berada diluar daerah inti kolom.

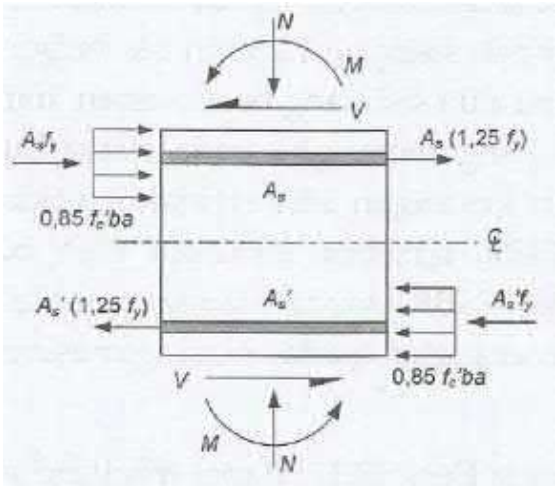


Gambar 2.8 Gaya Geser yang Signifikan pada Join

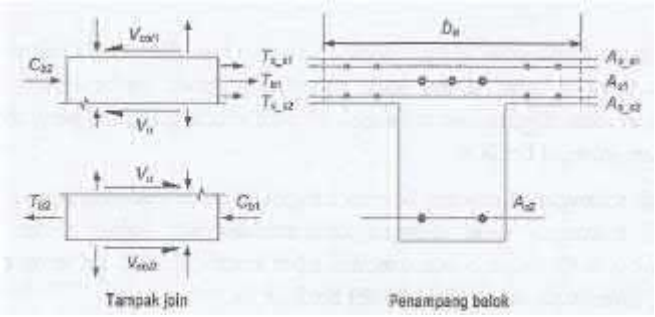


Gambar 2.9 Jenis Hubungan Balok-Kolom

Gaya geser horizontal pada daerah HBK dapat dihitung dengan mengasumsikan bahwa elemen lentur yang merangka pada HBK tersebut telah mencapai kapasitasnya, dengan menetapkan gaya tairk tulangan lentur balok sebesar As (1,25fy) (lihat Gambar 2.10 dan 2.11).



Gambar 2.10 Diagram Badan Bebas pada Hubungan Balok-Kolom



Gambar 2.11 Perhitungan Vu pada Hubungan Balok-Kolom

Berdasarkan Gambar 2.9., gaya geser horizontal di HBK dapat dihitung sebagai berikut.

$$Vu = T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} + C_{b2} - V_{col1}$$

Dengan

$$T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} = \alpha f_y (A_{s1} + A_{s_s1} + A_{s_s2})$$

$$C_{b2} = T_{b2} = A_{s2}\, \alpha f_y$$

$$\alpha = 1{,}25$$

Kuat geser yang dapat diberikan oleh HBK tergantung pada kondisi kekangan yang bekerja pada HBK (ACI 318, 2008; ACI-ASCE 352, 2002).

Berdasarkan SNI Beton (BSN, 2002), persamaan kuat geser HBK dapat dihitung sebagai berikut.

$$Vjn = c \sqrt{f'c}\ A_j$$

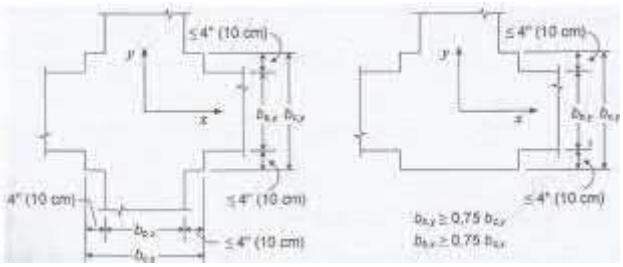
Dengan nilai *C* dibatasi sama dengan 1,7 untuk hubungan balok-kolom yang terkekang pada keempat sisinya, 1,25 untuk hubungan yang terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan, dan 1,0 untuk hubungan lainnya. Suatu balok yang merangka pada suatu hubungan balok-kolom dianggap memberikan kekangan bila setidak-tidaknya tiga per empat (3/4) bidang muka HBK tersebut tertutupi oleh balok yang merangka tersebut (Gambar 2.12). HBK dapat dianggap terkekang penuh bila ada empat balok yang merangka pada masing-masing keempat sisi HBK tersebut.

Luas efektif Join (A_j) dapat dihitung sebagai hasil perkalian antara lebar efektif join dan tinggi *h* (lihat bidang yang diarsir pada Gambar 2.13.

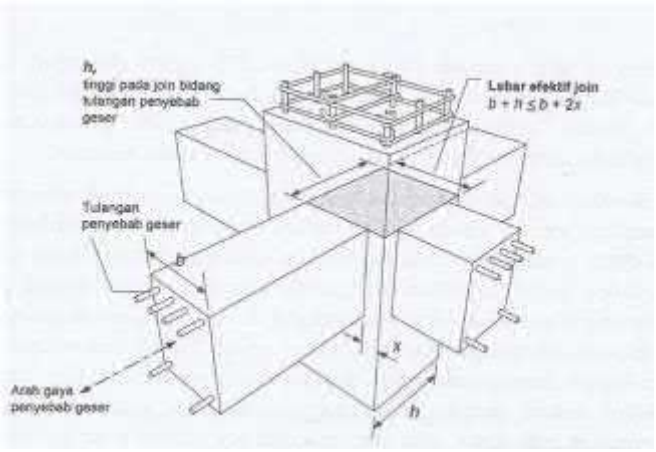
Pengangkuran tulangan lentur balok didaerah join dapat dilakukan dengan tulangan berkait atau tanpa kait, tergantung pada ketersediaan *space* di daerah join. Bila digunakan tulangan berkait maka panjang penyalurannya ditetapkan sebagai berikut:

– Untuk tulangan diameter 10 mm hingga 36 mm, panjang penyalurannya l_{dh} untuk tulangan tarik dengan kait atandar 90° dalam beton normal (Gambar 2.14) tidak boleh diambil lebih kecil 8db, 150 mm, dan nilai yang ditentukan oleh persamaan berikut ini.

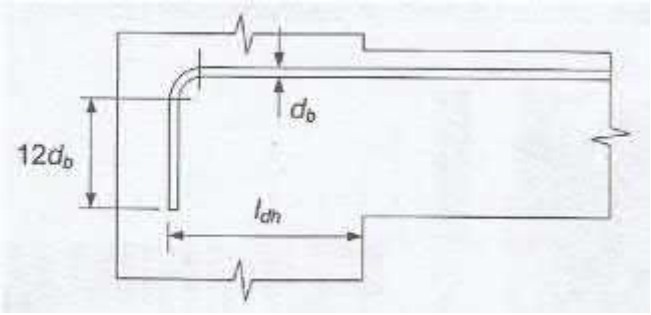
$$l_{dh} = \frac{fy\ db}{54\sqrt{f'c}}$$



Gambar 2.12 Persyaratan ukuran balok pengekang



Gambar 2.13 Luas efektif Hubungan Balok-Kolom



Gambar 2.14 Standar Kait 90°

Bila digunakan tulangan tanpa kait, untuk diameter 10 mm hingga 36 mm, panjang penyaluran tulangan tarik tidak boleh diambil lebih kecil dari :

1) Dua setengah (2,5) kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton dibawah tulangan tersebut kurang dari 300 mm, dan

2) Tiga setengah (3,5) kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton dibawah tulangan tersebut melebihi 300 mm.

BAB V
MANAJEMEN KONSTRUKSI

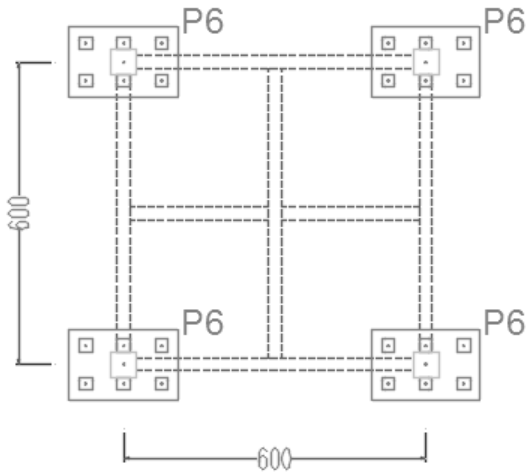
5.1 Susunan RKS

Terlampir

5.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Terlampir

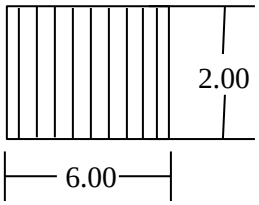
5.2.1. Contoh Perhitungan Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang



Gambar 5.1 Pondasi Tipe P6

5.2.1.1.Menggali Tanah Biasa Sedalam 2 m

Perhitungan Volume Galian Basement



Diketahui :

Panjang galian (p) = 600 cm = 6 m

Lebar galian (l) = 600 cm = 6 m

Tinggi galian (t) = 2 m

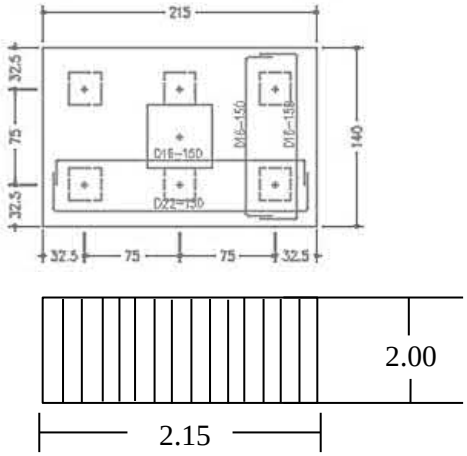
Volume galian tanah (basement) = p x l x t

= 6 x 6 x 2

= 72 m^3

Perhitungan Volume Galian Pondasi

Tipe P6



Gambar 5.2 Galian Pondasi Tipe P6

Diketahui :

Panjang (p) = 215 cm = 2.15 m

Lebar (l) = 140 cm = 1.4 m

Tinggi galian (t) = 2 m

Jumlah pondasi P6 = 4 buah

Volume galian pondasi P6 = p x l x t

= 2.15 x 1.4 x 2

= 6.02 m^3

Total volume galian pondasi P6 = volume galian pondasi P6 x jumlah pondasi P6

= 6.02 x 4

= 24.08 m^3

Menghitung Koefisien Untuk Harga Satuan Pekerjaan

Tabel 5.1 Harga Satuan Pekerjaan Menggali Tanah Biasa Sedalam 2m

No.	SNI	KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH		JUMLAH	
						MINIMUM Rp	MAKSIMUM Rp	MINIMUM Rp	MAKSIMUM Rp
II	A.2.3.1				HARGA SATUAN PEKERJAAN TANAH				
2	A.2.3.1.2		1	m3	Menggali Tanah Biasa Sedalam 2 m			79,200.00	89,595.00
				A	TENAGA			72,000.00	81,450.00
		L.01	0.90	OH	Pekerja	75,000.00	85,000.00	67,500.00	76,500.00
		L.04	0.045	OH	Mandor	100,000.00	110,000.00	4,500.00	4,950.00
				B	BAHAN				
				C	PERALATAN				
				D	Jumlah A + B + C			72,000.00	81,450.00
				E	Overhead & Profit (contah 10%) 10%			7,200.00	8,145.00
				F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)			79,200.00	89,595.00

Menghitung RAB

Diketahui :

Harga satuan pekerjaan galian tanah = Rp 79,200.00

Volume pekerjaan galian tanah = volume galian basement + volume galian foot plat

= 72 + 24.08

= 96.08 m^3

Harga pekerjaan galian tanah = (hsp galian) x volume pekerjaan galian tanah

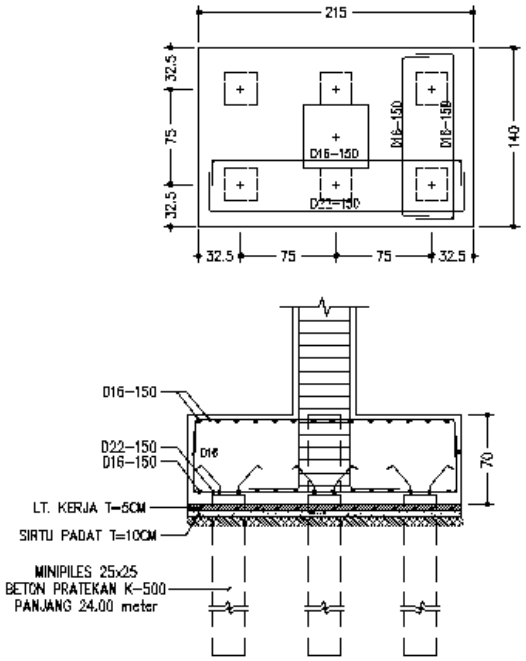
= Rp 79,200.00 x 96.08

= Rp 7,609,536.00

5.2.1.2.Pekerjaan Urugan Sirtu Padat

Menghitung Volume Pekerjaan

Tipe P6



Gambar 5.3 Detail Urugan Sirtu Padat Pondasi Tipe P6

Diketahui :

Panjang (p)	= 215 cm	= 2.15 m
Lebarn (l)	= 140 cm	= 1.4 m
Tinggi urugan sirtu padat (t)	= 10 cm	= 0.1 m
Jumlah pondasi P6	= 4 buah	
Volume Urugan	= p x l x t	
	= 2.15 x 1.4 x 0.1	
	= 0.301 m^3	

Total Volume Urugan Sirtu Padat = volume urugan x jumlah pondasi P6

= 0.301 x 4

= 1.204 m^3

Menghitung Koefisien Untuk Harga Satuan Pekerjaan

Tabel 5.2 Harga Satuan Pekerjaan Mengurug Sirtu Padat

No.	SNI	KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH		JUMLAH	
						MINIMUM Rp	MAKSIMUM Rp	MINIMUM Rp	MAKSIMUM Rp
II	A.2.3.1				HARGA SATUAN PEKERJAAN TANAH				
14	A.2.3.1.14		1	m3	Mengurug Sirtu Padat			260,975.00	290,400.00
				A	TENAGA			21,250.00	24,000.00
			0.25	OH	Pekerja	75,000.00	85,000.00	18,750.00	21,250.00
			0.025	OH	Mandor	100,000.00	110,000.00	2,500.00	2,750.00
				B	BAHAN			216,000.00	240,000.00
			1.2	m3	Sirtu	180,000.00	200,000.00	216,000.00	240,000.00
				C	PERALATAN				
				D	Jumlah A + B + C			237,250.00	264,000.00
				E	Overhead & Profit (contah 10%) 10%			23,725.00	26,400.00
				F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)			260,975.00	290,400.00

Menghitung RAB

Diketahui :

Harga satuan pekerjaan urugan sirtu padat = Rp 260,975.00

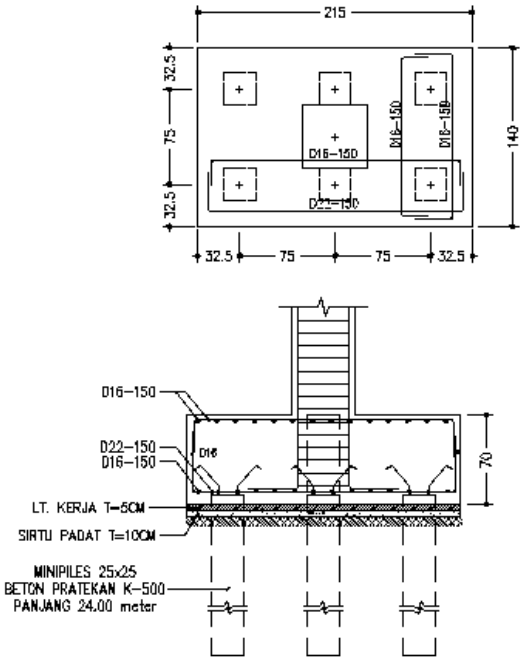
Volume pekerjaan = 1.204 m^3

Harga pekerjaan pasir urug = hsp pekerjaan pasir urug
x volume pekerjaan
= Rp 260,975.00 x 1.204
= Rp 314,213.90

5.2.1.3.Membuat Lantai Kerja Beton

Perhitungan Volume Pekerjaan Lantai Kerja

Tipe P6



Gambar 5.4 Detail Lantai Kerja Beton Pondasi Tipe P6

Diketahui :

Panjang (p) = 215 cm = 2.15 m

Lebar (l) = 140 cm = 1.4 m

Tebal (t) = 5 cm = 0.05 m

Jumlah pondasi P6 = 4

Volume lantai kerja = p x l x t x jumlah pondasi P6

= 2.15 x 1.4 x 0.05 x 4

= 0.602 m^3

Menghitung Koefisien Untuk Harga Satuan Pekerja

Tabel 5.3 Harga Satuan Pekerjaan Membuat Lantai Kerja Beton

No.	SNI	KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH		JUMLAH	
						MINIMUM Rp	MAKSIMUM Rp	MINIMUM Rp	MAKSIMUM Rp
II	**A.2.3.1**				**HARGA SATUAN PEKERJAAN TANAH**				
4	**A.4.1.1.4**		**1.00**	**m3**	**Membuat Lantai Kerja Beton mutu f'c=7,4 MPa (K100), slum (3-6)cm, w/c = 0,87**			**888,549.44**	**1,004,860.56**
				A	**Tenaga**			**111,800.00**	**126,060.00**
		L.01	1.200	OH	Pekerja	75,000.00	85,000.00	90,000.00	102,000.00
		L.02	0.200	OH	Tukang Batu	95,000.00	105,000.00	19,000.00	21,000.00
		L.03	0.020	OH	Kepala Tukang	110,000.00	120,000.00	2,200.00	2,400.00
		L.04	0.006	OH	Mandor	100,000.00	110,000.00	600.00	660.00
				B	**Bahan**			**695,972.22**	**787,449.60**
			230	Kg	Portland Semen	1,050.00	1,062.50	241,500.00	244,375.00
			893	kg	Pasir Beton	250.00	271.43	223,250.00	242,385.71
			1,027	kg	Kerikil (maksimum 30 mm)	222.22	288.89	228,222.22	296,688.89
			200	ltr	Air	15.00	20.00	3,000.00	4,000.00
				C	**PERALATAN**				
				D	**Jumlah A + B + C**			**807,772.22**	**913,509.60**
				E	**Overhead & Profit (contoh 10%)** 10%			**80,777.22**	**91,350.96**
				F	**Harga Satuan Pekerjaan (D+E)**			**888,549.44**	**1,004,860.56**

Menghitung RAB

Diketahui :

Harga satuan pekerjaan lantai kerja = Rp 888,549.44

Volume lantai kerja = 0.602 m^3

Harga pekerjaan lantai kerja = hsp pekerjaan lantai kerja x volume lantai kerja

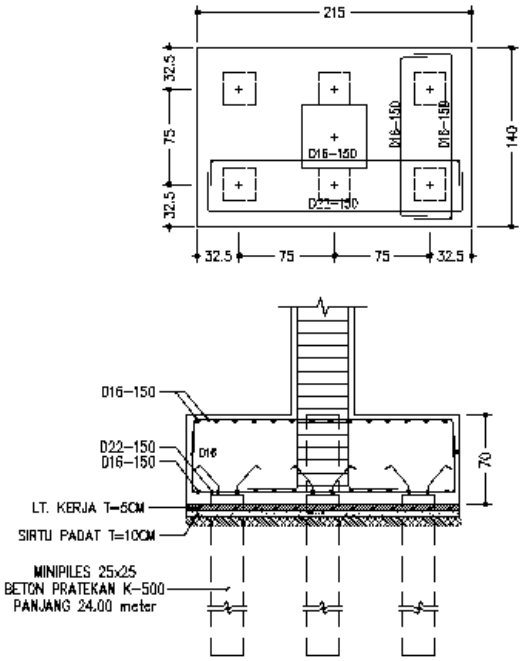
= Rp Rp 888,549.44 x 0.602

= Rp 534,907.00

5.2.1.4.Pekerjaan Pile Cap

Volume Pile Cap

Perhitungan volume pile cap Tipe P6 :



Gambar 5.5 Detail Pile Cap Pondasi Tipe P6

Diketahui :

Dimensi x (x) = 215 cm = 2.15 m

Dimensi y (y) = 140 cm = 1.4 m

Tinggi pile cap (t) = 70 cm = 0.7 m

Jumlah pondasi P6 = 4

Volume pile cap = x * y * t * jumlah pondasi P6

= 2.15 x 1.4 x 0.7 x 4

= 8.428 m^3

Perhitungan Bekisting Pile Cap

Luas bekisting = 2 x (x + y) x t x jumlah pondasi P6
= 2 x (2.15 + 1.4) x 0.7 x 4
= 19.88 m^2

Menghitung Koefisien Luas Bekisting

Koefisien luas bekisting = luas bekisting / volume pile cap
= 19.88 / 8.428
= 2.36

Menghitung Volume Tulangan Bagi Atas Pile Cap

- Menghitung Panjang Tulangan (m)

  Diketahui :

  Dimensi x (x) = 2.15 m
  Dimensi y (y) = 1.4 m
  Diameter (D) = 0.016 m
  Jumlah pondasi P6 (n) = 4 buah

  Jarak tulangan :

  Tulangan x (Sx) = 0.15 m
  Tulangan y (Sy) = 0.15 m

  Jumlah tulangan :

  Tulangan x (Tx) = (x / Sx) + 1
  = (2.15 / 0.15) + 1
  = 16
  Tulangan y (Ty) = (y / Sy) + 1
  = (1.4 / 0.15) + 1
  = 11

Panjang tulangan = [(x * Tx) + (y * Ty)] * n
= [(2.15 x 16) + (1.4 x 11)] x 4
= 199.2 m

- Menghitung Berat Tulangan (kg)

  Berat tulangan bagi atas pile cap = volume tulangan x panjang tulangan x massa jenis baja
  = ¼ x π x D^2 x 199.2 x 7850
  = ¼ x 3.14 x 0.016^2 x 199.2 x 7850
  = 314.25 kg

Menghitung Volume Tulangan Bagi Bawah Pile Cap

- Menghitung Panjang Tulangan (m)

  Diketahui :

  Dimensi x (x) = 2.15 m
  Dimensi y (y) = 1.4 m
  Diameter tulangan x (Dx) = 0.022 m
  Diameter tulangan y (Dy) = 0.016 m
  Jumlah pondasi P6 (n) = 4 buah

  Jarak tulangan :

  Tulangan x (Sx) = 0.15 m
  Tulangan y (Sy) = 0.15 m

  Jumlah tulangan :

  Tulangan x (Tx) = (x / Sx) + 1
  = (2.15 / 0.15) + 1
  = 16
  Tulangan y (Ty) = (y / Sy) + 1
  = (1.4 / 0.15) + 1
  = 11

Panjang tulangan x = (x * Tx) * n
= (2.15 x 16) x 4
= 137.6 m

Panjang tulangan y = (x * Ty) * n
= (1.4 x 11) x 4
= 61.6 m

- Menghitung Berat Tulangan (kg)

Berat tulangan x = volume tulangan * panjang tulangan x * massa jenis baja
= ¼ x π x D^2 x 137.6 x 7850
= ¼ x 3.14 x 0.022^2 x 137.6 x 7850
= 410.4 kg

Berat tulangan y = volume tulangan * panjang tulangan x * massa jenis baja
= ¼ x π x D^2 x 137.6 x 7850
= ¼ x 3.14 x 0.016^2 x 61.6 x 7850
= 97.18 kg

Berat tulangan bagi bawah pile cap =berat tulangan x+berat tulangan y
= 410.4 + 97.18
= 507.58 kg

Berat Total Tulangan Pile Cap

Berat tulangan = berat tulangan bagi atas pile cap + berat tulangan bagi bawah pile cap
= 314.25 + 507.58
= 821.83 kg

Menghitung Koefisien Berat Besi

Koefisien berat besi = berat tulangan / volume pile cap
= 821.83 / 8.428
= 97.51

Menghitung Koefisien Untuk Harga Satuan Pekerja

Membuat pile cap beton bertulang (97.51 kg besi + bekisting)
Diketahui :

Koefisien berat besi = koef. berat besi / 10 kg
= 97.51 / 10
= 9.75

Koefisien luas beksiting = 2.36

Tabel 5.4 Harga Satuan Pekerjaan Pile Cap Beton

	KODE	KOEF AWAL	KOEF BARU	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
						Rp	Rp
P6			***1***	***m3***	**Membuat Pile Cap Beton mutu f'c=21,7 MPa (K250)**		***Rp 3,244,549.19***
				A	***Tenaga***		*Rp 495,848.30*
	L.01	*1.65*	3.890	*OH*	*Pekerja*	Rp 75,000.00	*Rp 291,757.50*
	L.02	*0.275*	0.275	*OH*	*Tukang batu*	Rp 95,000.00	*Rp 26,125.00*
	L.02	*0.33*	0.78	*OH*	*Tukang Kayu*	Rp 95,000.00	*Rp 73,986.00*
	L.02	*0.07*	0.68	*OH*	*Tukang Besi*	Rp 95,000.00	*Rp 64,837.50*
	L.03	*0.028*	0.174	*OH*	*Kepala Tukang*	Rp 110,000.00	*Rp 19,154.30*
	L.04	*0.083*	0.200	*OH*	*Mandor*	Rp 100,000.00	*Rp 19,988.00*
				B	***Bahan***		***Rp 2,453,741.87***
		0.04	*0.09*	*m3*	*Kayu Klas III (Terentang)*	*Rp 2,000,000.00*	*Rp 188,800.00*
		0.4	*0.94*	*Kg*	*Paku Biasa 2" - 5"*	*Rp 15,000.00*	*Rp 14,160.00*
		0.2	*0.47*	*Ltr*	*Minyak Bekisting*	*Rp 9,000.00*	*Rp 4,248.00*
		10.5	*102.38*	*kg*	*Besi Beton Polos + ulir*	*Rp 9,500.00*	*Rp 972,562.50*
		0.15	*1.46*	*kg*	*Kawat Beton*	*Rp 18,000.00*	*Rp 26,325.00*
		413	*413*	*kg*	*Portland Semen*	Rp 1,050.00	*Rp 433,650.00*
		681	*681*	*kg*	*Pasir Beton*	Rp 250.00	*Rp 170,250.00*
		1021	*1021*	*kg*	*Kerikil (maksimum 30 mm)*	Rp 222.22	*Rp 226,888.89*
		0.015	*0.04*	*m3*	*Balok Kayu Klas II*	Rp 5,051,000.00	*Rp 214,566.48*
		0.35	*0.83*	*Lbr*	*Plywood 9 mm*	Rp 121,000.00	*Rp 99,946.00*
		2	*5*	*Btg*	*Dolken diameter 8 / 4rm*	Rp 21,000.00	*Rp 99,120.00*
		215	*215*	*Ltr*	*Air*	*Rp 15.00*	*Rp 3,225.00*
				C	***PERALATAN***		
				D	***Jumlah A + B + C***		*Rp 2,949,590.17*
				E	***Overhead & Profit (contoh 10%)*** *0.1*		*Rp 294,959.02*
				F	***Harga Satuan Pekerjaan (D+E)***		***Rp 3,244,549.19***

	Beton K-250/m3	Bekisitng/m2	Tulangan/10kg	Jumlah
Pekerja	1.65	1.558	0.683	3.890
Kepala tukang	0.028	0.078	0.068	0.174
Mandor	0.083	0.078	0.039	0.200
Luas bekisting/m2	2.36			
Berat besi/m3	9.75			

Dilihat dari tabel 5.4 koefisien yang berdasarkan harga satuan pekerjaan diatas, perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Menghitung Koefisien Pekerja

  Menghitung koefisien pekerja pada pekerjaan bekisting

  Koefisien = koef. awal x koef. luas bekisting

  = 0.66 x 2.36

  = 1.558

  Menghitung koefisien pekerja pada pekerjaan tulangan

  Koefisien = koef. awal x koef. berat besi

  = 0.07 x 9.75

  = 0.683

Koefisien pekerja = koef. pekerjaan beton + koef. pekerjaan bekisting + koef. pekerjaan tulangan
= 1.65 + 1.558 + 0.683
= 3.89

- Menghitung Koefisien Kepala Tukang

  Menghitung koefisien kepala tukang pada pekerjaan bekisting

  Koefisien = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.033 x 2.36
  = 0.078

  Menghitung koefisien kepala tukang pada pekerjaan tulangan

  Koefisien = koef. awal x koef. berat besi
  = 0.007 x 9.75
  = 0.068

  Koefisien kepala tukang = koef. pekerjaan beton + koef. pekerjaan bekisting + koef. pekerjaan tulangan
  = 0.028 + 0.078 + 0.068
  = 0.174

- Menghitung Koefisien Mandor

  Menghitung koefisien mandor pada pekerjaan bekisting

  Koefisien = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.033 x 2.36
  = 0.078

  Menghitung koefisien mandor pada pekerjaan tulangan

  Koefisien = koef. awal x koef. berat besi
  = 0.004 x 9.75
  = 0.039

Koefisien mandor = koef. pekerjaan beton + koef. pekerjaan bekisting + koef. pekerjaan tulangan
= 0.083 + 0.078 + 0.039
= 0.2

- Menghitung koefisien tukang kayu = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.33 x 2.36
  = 0.78

- Menghitung koefisien tukang besi = koef. awal x koef. berat besi
  = 0.07 x 9.75
  = 0.68

- Menghitung koefisien kayu klas III = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.04 x 2.36
  = 0.09

- Menghitung koefisien paku biasa = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.4 x 2.36
  = 0.94

- Menghitung koefisien minyak bekisting = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.2 x 2.36
  = 0.47

- Menghitung koef. besi beton polos + ulir = koef.awal x koef.berat besi
  = 10.5 x 9.75
  = 102.38

- Menghitung koefisien kawat beton = koef.awal x koef.berat besi
  = 0.15 x 9.75
  = 1.46

- Menghitung koefisien balok kayu klas II = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.015 x 2.36
  = 0.04

- Menghitung koef. plywood = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.35 x 2.36
  = 0.83

- Menghitung koef. dolken = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 2 x 2.36
  = 5

Menghitung RAB

Diketahui :

Harga satuan pekerjaan pile cap beton bertulang = Rp 3,244,549.19

Volume pile cap = 8.428 m^3

Harga pekerjaan pile cap beton bertulang

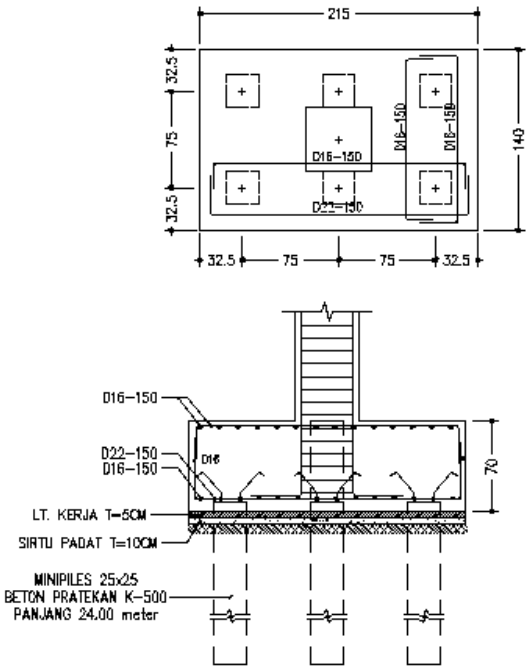
= (hsp pile cap beton bertulang) x volume pekerjaan pile cap

= Rp 3,244,549.19 x 8.428

= Rp 27,345,061.00

5.2.1.5.Perhitungan Pekerjaan Tiang Pancang

Kebutuhan Tiang Pancang



Gambar 5.6 Detail Pondasi Tipe P6

Diketahui :

Panjang (p)	= 25 cm	= 0.25 m
Lebar (l)	= 25 cm	= 0.25 m
Kedalaman	= 24 m	
Banyaknya tiang pancang 1 pile cap	= 6	
Banyaknya pile cap	= 4	
Jumlah tiang pancang	= 6 x 4	
	= 24 buah	
Kebutuhan panjang tiang pancang	= jumlah tiang pancang x kedalaman	
	= 24 x 24	
	= 576 m	

Perhitungan Pemasangan Tiang Pancang Minipiles 25 x 25 cm

Tabel 5.5 Harga Satuan Pekerjaan Penetrasi Tiang Pancang Beton

No.	SNI	KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH		JUMLAH	
						MINIMUM Rp	MAKSIMUM Rp	MINIMUM Rp	MAKSIMUM Rp
1	2	3	4	5	6	7	8	9 = 4 X 7	10 = 4 X 8
	A.4.1				AHSP (ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN) PEMANCANGAN SECARA MANUAL / TANPA MESIN MENGGUNAKAN TRIPOD DAN HAMMER				
293	F.04.b		1	m'	Penetrasi Tiang Pancang Beton Kotak 25 x 25 cm			*79,640.00*	*88,968.00*
				A	TENAGA			48,400.00	54,480.00
		L.01	0.4800	OH	Pekerja	75,000	85,000	36,000.00	40,800.00
		L.02	0.0800	OH	Tukang batu	95,000	105,000	7,600.00	8,400.00
		L.04	0.0480	OH	Mandor	100,000	110,000	4,800.00	5,280.00
				B	BAHAN			-	-
			-	m'	Tiang pancang beton bertulang 40 x 40 cm	-	-	-	-
								-	-
				C	PERALATAN			24,000.00	26,400.00
			0.0800	hr	Tripod tinggi 7 m'	*150,000*	*170,000*	12,000.00	13,600.00
			0.0800	hr	Alat Pancang dan Hammer 2 ton	*150,000*	*160,000*	12,000.00	12,800.00
						100,000	*110,000*	-	-
				D	Jumlah A + B + C			72,400.00	80,880.00
				E	OVERHEAD & PROFIT (CONTOH) 10%			7,240.00	8,088.00
				F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)			79,640.00	88,968.00

Menghitung RAB

Diketahui :

Harga satuan pekerjaan tiang pancang = Rp 79,640.00

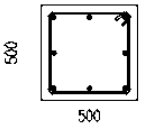
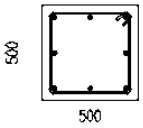
Kebutuhan panjang tiang pancang = 576 m

Harga pekerjaan tiang pancang = hsp pekerjaan x kebutuhan panjang tiang panjang

= Rp 79,640.00 x 576

= Rp 45,872,640.00

5.2.2. Contoh Perhitungan Pekerjaan Kolom

DIMENSI	50 x 50	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
KOLOM **K2**		
TUL. UTAMA	8 D 22	8 D 22
SENGKANG	Ø10-100	Ø10-150

Gambar 5.7 Detai Kolom K2

5.2.2.1.Perhitungan Volume Kolom

Diketahui :

Dimensi (b) = 0.5 m

Dimensi (h) = 0.5 m

Bentang (L) = 3 m

Jumlah kolom (n) = 4 buah

Volume kolom = b x h x L x n

= 0.5 x 0.5 x 3 x 4

= 3 m^3

5.2.2.2.Perhitungan Tulangan Kolom

Menghitung Berat Tulangan Kolom K2 - 50 X 50

- Menghitung volume tulangan kolom

  Diketahui :

  Diameter (Ø22) = 22 mm = 0.022 m

  Bentang (L) = 3 m

  Jml. kolom (n) = 4 buah

  Jml. tulangan (s) = 8 buah

Panj. overlap (o) = 40 D
= 40 x 0.022
= 0.88 m

Panjang tulangan = (L + o) x s x n
= (3 + 0.88) x 8 x 4
= 124.16 m

Berat tulangan = volume tulangan x panjang tulangan x massa jenis baja
= ¼ x π x D^2 x 124.16 x 7850
= ¼ x 3.14 x 0.022^2 x 124.16 x 7850
= 370.31 kg

- Menghitung volume tulangan sengkang kolom

Diketahui :
Jarak sengkang tumpuan = 0.1 m
Jarak sengkang lapangan = 0.15 m
Dimensi (b) = 0.5 m
Dimensi (h) = 0.5 m
Tebal selimut (s) = 0.04 m
Diameter (D) = 0.01 m

Panjang satu sengkang = 2 x [(b – 2 x s) + (h – 2 x s) + (5 x D)]
= 2 x [(0.5–2x0.04)+(0.5–2x0.04)+(5x0.01)]
= 1.31 m

Jumlah sengkang tumpuan = 2 x ((panjang bentang / jarak sengkang tumpuan) / 4)
= 2 x ((3 / 0.1) / 4)
= 15 buah

Jumlah sengkang lapangan = (panjang bentang/jarak sengkang tumpuan) / 2
= (3 / 0.15) / 2
= 10 buah

Jumlah total sengkang = jumlah sengkang tumpuan + jumlah sengkang lapangan
= 15 + 10
= 25 buah

Panjang total sengkang = paj. satu sengkang x jml. total sengkang x jml. kolom
= 1.31 x 25 x 4
= 131 m

Berat total sengkang = volume tulangan x panj. total sengkang x massa jenis baja
= ¼ x π x D^2 x 131 x 7850
= ¼ x 3.14 x 0.01^2 x 131 x 7850
= 80.73 kg

- Berat total tulangan kolom K2

  Berat tulangan = berat total tulangan utama kolom + berat total tulangan sengkang
  = 370.31 + 80.73
  = 451.04 kg

- Menghitung koefisien berat besi

  Koefisien berat besi = berat tulangan / volume beton
  = 451.04 / 3
  = 150.35

5.2.2.3.Perhitungan Bekising Kolom

Menghitung Volume Bekisting Kolom

Diketahui :

Bentang (b) = 0.5 m

Bentang (h) = 0.5 m

bentang (L) = 3 m

Jumlah kolom (n) = 4 buah

Luas bekisting = 2 x (b + h) x L x n

= 2 x (0.5 + 0.5) x 3 x 4

= 24 m^2

Menghitung Koefisien Luas Bekisting

Koefisien luas bekisting = luas bekisting / volume kolom

= 24 / 3

= 8

5.2.2.4.Menghitung Koefisien Untuk Harga Satuan Pekerjaan Kolom K2

Membuat kolom beton bertulang K2 - 50 x 50 (150.35 kg besi + bekisting)

Diketahui :

Koefisien berat besi = koef. berat besi / 10 kg

= 150.35 / 10

= 15.04

Koefisien luas beksiting = 8

Tabel 5.6 Harga Satuan Pekerjaan Kolom Beton Bertulang

	KODE	KOEF		SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		AWAL	BARU			Rp	Rp
K-2			*1*	*m3*	***Membuat Kolom Beton Bertulang (150.35 kg Besi + Bekisting) K-250***		***Rp 5,960,074.66***
				A	***Tenaga***		*Rp 1,060,067.80*
	L.01	*1.65*	*7.98*	*OH*	*Pekerja*	Rp 75,000.00	*Rp 598,710.00*
	L.02	*0.275*	0.275	*OH*	*Tukang batu*	Rp 95,000.00	*Rp 26,125.00*
	L.02	*0.33*	*2.64*	*OH*	*Tukang Kayu*	Rp 95,000.00	*Rp 250,800.00*
	L.02	*0.07*	*1.05*	*OH*	*Tukang Besi*	Rp 95,000.00	*Rp 100,016.00*
	L.03	*0.028*	*0.397*	*OH*	*Kepala Tukang*	Rp 110,000.00	*Rp 43,700.80*
	L.04	*0.083*	*0.407*	*OH*	*Mandor*	Rp 100,000.00	*Rp 40,716.00*
				B	***Bahan***		***Rp 4,358,181.89***
		0.04	*0.32*	*m3*	*Kayu Klas III (Terentang)*	*Rp 2,000,000.00*	*Rp 640,000.00*
		0.4	*3.20*	*Kg*	*Paku Biasa 2" - 5"*	*Rp 15,000.00*	*Rp 48,000.00*
		0.2	*1.60*	*Ltr*	*Minyak Bekisting*	*Rp 9,000.00*	*Rp 14,400.00*
		10.5	*157.92*	*kg*	*Besi Beton Polos + ulir*	*Rp 9,500.00*	*Rp 1,500,240.00*
		0.15	*2.26*	*kg*	*Kawat Beton*	*Rp 18,000.00*	*Rp 40,608.00*
		413	*413*	*kg*	*Portland Semen*	Rp 1,050.00	*Rp 433,650.00*
		681	*681*	*kg*	*Pasir Beton*	Rp 250.00	*Rp 170,250.00*
		1021	*1021*	*kg*	*Kerikil (maksimum 30 mm)*	Rp 222.22	*Rp 226,888.89*
		0.015	*0.12*	*m3*	*Balok Kayu Klas II*	Rp 5,051,000.00	*Rp 606,120.00*
		0.35	*2.80*	*Lbr*	*Plywood 9 mm*	Rp 121,000.00	*Rp 338,800.00*
		2	*16*	*Btg*	*Dolken diameter 8 / 4rm*	Rp 21,000.00	*Rp 336,000.00*
		215	*215*	*Ltr*	*Air*	Rp 15.00	*Rp 3,225.00*
				C	***PERALATAN***		
				D	***Jumlah A + B + C***		*Rp 5,418,249.69*
				E	***Overhead & Profit (contoh 10%)*** *0.1*		*Rp 541,824.97*
				F	***Harga Satuan Pekerjaan (D+E)***		***Rp 5,960,074.66***

	Beton K-250/m3	Bekisitng/m2	Tulangan/10kg	Jumlah
Pekerja	1.65	5.280	1.053	7.983
Kepala tukang	0.028	0.264	0.105	0.397
Mandor	0.083	0.264	0.060	0.407
Luas bekisting/m2	8.00			
Berat besi/m3	15.04			

Dilihat dari tabel 5.6 koefisien berdasarkan harga satuan pekerjaan diatas, perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Menghitung Koefisien Pekerja

  Menghitung koefisien pekerja pada pekerjaan bekisting

  Koefisien = koef. awal x koef. luas bekisting

  = 0.66 x 8

  = 5.28

  Menghitung koefisien pekerja pada pekerjaan tulangan

  Koefisien = koef. awal x koef. berat besi

  = 0.07 x15.04

  = 1.053

Koefisien pekerja = koef. pekerjaan beton + koef. pekerjaan bekisting + koef. pekerjaan tulangan
= 1.65 + 5.28 + 1.053
= 7.983

- Menghitung Koefisien Kepala Tukang

  Menghitung koefisien kepala tukang pada pekerjaan bekisting

  Koefisien = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.033 x 8
  = 0.264

  Menghitung koefisien kepala tukang pada pekerjaan tulangan

  Koefisien = koef. awal x koef. berat besi
  = 0.007 x 15.04
  = 1.05

  Koefisien kepala tukang = koef. pekerjaan beton + koef. pekerjaan bekisting + koef. pekerjaan tulangan
  = 0.028 + 0.264 + 0.105
  = 0.397

- Menghitung Koefisien Mandor

  Menghitung koefisien mandor pada pekerjaan bekisting

  Koefisien = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.033 x 8
  = 0.264

  Menghitung koefisien mandor pada pekerjaan tulangan

  Koefisien = koef. awal x koef. berat besi
  = 0.004 x 15.04
  = 0.06

Koefisien mandor = koef. pekerjaan beton + koef. pekerjaan bekisting + koef. pekerjaan tulangan
= 0.083 + 0.264 + 0.06
= 0.407

- Menghitung koefisien tukang kayu = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.33 x 8
  = 2.64

- Menghitung koefisien tukang besi = koef. awal x koef. berat besi
  = 0.07 x 15.04
  = 1.05

- Menghitung koefisien kayu klas III = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.04 x 8
  = 0.32

- Menghitung koefisien paku biasa = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.4 x 8
  = 3.2

- Menghitung koefisien minyak bekisting = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.2 x 8
  = 1.6

- Menghitung koef. besi beton polos + ulir = koef.awal x koef.berat besi
  = 10.5 x 15.04
  = 157.920

- Menghitung koefisien kawat beton = koef.awal x koef.berat besi
  = 0.15 x 15.04
  = 2.26

- Menghitung koefisien balok kayu klas II = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.015 x 8
  = 0.12

- Menghitung koef. plywood = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.35 x 8
  = 2.8

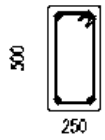
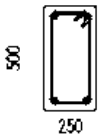
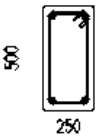
- Menghitung koef. dolken = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 2 x 8
  = 16

5.2.2.5.Menghitung RAB

Diketahui :
Harga satuan pekerjaan kolom beton bertulang K2 - 50 x 50
= Rp 5,960,074.66
Volume kolom K2 - 50 x 50 = 3 m^3

Harga pekerjaan kolom beton bertulang K2 - 50 x 50
= (hsp kolom beton bertulang K2) x volume pekerjaan kolom K2
= 5,960,074.66 x 3
= Rp 30.469.585,00

5.2.3. Contoh Perhitungan Pekerjaan Balok

DIMENSI	25 x 50		
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
TIE BEAM **TB2c**			
TUL. ATAS	2 D 22	2 D 22	2 D 22
TUL. BAWAH	2 D 22	2 D 22	2 D 22
SENGKANG	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100

Gambar 5.8 Detail Balok TB2c

5.2.3.1. Perhitungan Volume Beton Balok TB2c 25 x 50

Diketahui :

Dimensi balok (b) = 0.25 m

Dimensi balok (h) = 0.50 m

Bentang (L) = 6.0 m

Jumlah Frame (n) = 4

Dimensi kolom (bk) = 0.50 m

Tebal plat (t) = 0.15 m

Bentang efektif (Ln) = L – ((0.5 x bk) + (0.5 x bk))

= 6.0 – ((0.5 x 0.5) + (0.5 x 0.5))

= 5.50 m

Volume balok (V) = b x (h-t) x Ln x n

= 0.25 x (0.50 – 0.15) x 5.50 x 4

= 1.925 m^3

5.2.3.2.Perhitungan Volume Tulangan Balok TB2c 25 x 50

Tulangan Pokok

Diketahui :

Dimensi balok (b)	= 0.25 m
Dimensi balok (h)	= 0.50 m
Bentang (L)	= 6.0 m
Jumlah Frame (n)	= 4
Diameter tul. Utama (D)	= 0.022 m

Jumlah tulangan :

Tul. atas lapangan	= 2
Tul. atas tumpuan	= 2
Tul. bawah tumpuan	= 2
Tul. bawah lapangan	= 2

Panjang tulangan :

Tul. atas lapangan	= (½ x bentang) + (40D)
	= (½ x 6.0) + (40 x 0.022)
	= 3.88 m
Tul. atas tumpuan	= (¼ x bentang) + (15D)
	= (¼ x bentang) + (15 x 0.022)
	= 1.83 m
Tul. bawah tumpuan	= (¼ x bentang) + (15D)
	= (¼ x bentang) + (15 x 0.022)
	= 1.83 m
Tul. bawah lapangan	= (½ x bentang) + (40D)
	= (½ x 6.0) + (40 x 0.022)
	= 3.88 m

Total panjang :

Tul. atas lapangan = Jum. tul. atas lapangan x panjang tul. Atas Lapangan
= 2 x 3.88
= 7.76 m

Tul. atas tumpuan = Jum. tul. atas tumpuan x panjang tul. Atas tumpuan
= 2 x 1.83
= 3.66 m

Tul. bawah tumpuan = Jum. tul. bawah tumpuan x panjang tul. bawah tumpuan
= 2 x 1.83
= 3.66 m

Tul. bawah lapangan = Jum. tul. bawah lapangan x panjang tul. bawah lapangan
= 2 x 3.88
= 7.76 m

Berat tulangan :

Tul. atas lapangan = $(1/4 \times \pi \times D^2)$ x total panjang tul. atas lapangan x n x massa jenis besi
= $(1/4 \times 3.14 \times 0.022^2) \times 7.76 \times 4 \times 7850$
= 92.6 kg

Tul. atas tumpuan = $(1/4 \times \pi \times D^2)$ x total panjang tul. atas tumpuan x n x massa jenis besi
= $(1/4 \times 3.14 \times 0.022^2) \times 3.66 \times 4 \times 7850$
= 43.68 kg

Tul. bawah tumpuan = $(1/4 \times \pi \times D^2)$ x total panjang tul. bawah tumpuan x n x massa jenis besi
= $(1/4 \times 3.14 \times 0.012^2) \times 3.66 \times 4 \times 7850$
= 43.68 kg

Tul. bawah lapangan = (1/4 x π x D^2) x total panjang tul. bawah lapangan x n x massa jenis besi
= (1/4 x 3.14 x 0.022^2) x 7.76 x 4 x 7850
= 92.6 kg

Total berat tulangan pokok = Vol. tul. atas lapangan + Vol. tul. atas tumpuan + Vol. tul. bawah tumpuan + Vol. tul. bawah lapangan
= 92.6 + 43.68 + 43.68 + 92.6
= 272.56 kg

Tulangan Sengkang

Diketahui :

Dimensi balok (b)	= 0.25 m	
Dimensi balok (h)	= 0.50 m	
Bentang (L)	= 6.0 m	
Jumlah Frame (n)	= 4	
Diameter tulangan sengkang (D)	= 10 mm	= 0.01 m
Jarak antar sengkang tumpuan	= 100 mm	= 0.10 m
Jarak antar sengkang lapangan	= 150 mm	= 0.15 m
Selimut beton (s)	= 30 mm	= 0.03 m
Dimensi kolom (bk)	= 0.50 m	

Bentang efektif (Ln) = L – bk
= 6.00 – 0.60 = 5.50 m

Dimensi sengkang :

Panjang sengkang (P) = (2 x ((b – s) + (h – s)) + pjg. Overlap
= [2 x ((b - 0.04) + (h – 0.04))] + 40D
= [2 x ((0.25–0.04) + (0.5–0.04))] + (40 x 0.01)
= 1.74 m

Jarak sengkang :

Tumpuan (STp) = 0.10 m

Lapangan (SLp) = 0.15 m

Jumlah sengkang :

2x Tumpuan (Tp) = 2x ((1/4 x L/STp) + 1)

= 2 x ((1/4 x 6/0.10) + 1)

= 32

Lapangan (Lp) = (1/2 x L/SLp) + 1

= (1/2 x 6/0.15) + 1

= 21

Total jumlah sengkang :

Tot = Tp + Lp

= 32 + 21

= 53

Berat sengkang :

Berat total tul. sengkang = ¼ x 3.14 x D^2 x P x Tot x massa jenis besi x n

= ¼ x 3.14 x 0.010^2 x 1.74 x 53 x 7850 x 4

= 227.31 kg

Menghitung Berat Total Tulangan

Berat total tulangan = berat total tulangan pokok + berat total tulangan sengkang

= 272.56 + 227.31

= 499.87 kg

Menghitung Koefisien Berat Besi

Koefisien berat besi = berat total tulangan / volume balok

= 499.87 / 1.925

= 259.67

5.2.3.3.Perhitungan Volume Bekisting Balok TB2c 25 x 50

Diketahui :

Dimensi balok (b) = 0.25 m

Dimensi balok (h) = 0.50 m

Bentang (L) = 6.0 m

Jumlah Frame (n) = 4

Dimensi kolom (bk) = 0.50 m

Tebal plat (t) = 0.15 m

Bentang efektif (Ln) = L – bk

= 6.0 – 0.50 = 5.50 m

Luas Bekisting = (b + (2 x (h-t))) x Ln x n

= (0.25 + (2 x (0.50 – 0.15))) x 5.50 x 4

= 20.9 m^2

Menghitung Koefisien Luas Bekisting

Koefisien luas bekisting = luas bekisting / volume balok

= 20.9 / 1.925

= 10.86

5.2.3.4.Menghitung Koefisien Untuk Harga Satuan Pekerjaan

Membuat balok beton bertulang TB2c 25x50

Diketahui :

Koefisien berat besi = koef. berat besi / 10 kg

= 259.67 / 10

= 25.97

Koefisien luas bekisting = 10.86

Tabel 5.7 Harga Satuan Pekerjan Balok Beton Bertulang

	KODE	KOEF AWAL	KOEF BARU	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH Rp	JUMLAH Rp
TB2c			***1***	***m3***	**Membuat Balok Beton mutu f'c=21,7 MPa (K250)**		***Rp 8,586,085.83***
				A	***Tenaga***		*Rp 1,453,973.70*
	L.01	*1.65*	10.636	*OH*	*Pekerja*	Rp 75,000.00	*Rp 797,662.50*
	L.02	*0.275*	0.275	*OH*	*Tukang batu*	Rp 95,000.00	*Rp 26,125.00*
	L.02	*0.33*	3.58	*OH*	*Tukang Kayu*	Rp 95,000.00	*Rp 340,461.00*
	L.02	*0.07*	1.82	*OH*	*Tukang Besi*	Rp 95,000.00	*Rp 172,700.50*
	L.03	*0.028*	0.568	*OH*	*Kepala Tukang*	Rp 110,000.00	*Rp 62,498.70*
	L.04	*0.083*	0.545	*OH*	*Mandor*	Rp 100,000.00	*Rp 54,526.00*
				B	***Bahan***		***Rp 6,351,558.87***
		0.04	*0.43*	*m3*	*Kayu Klas III (Terentang)*	*Rp 2,000,000.00*	*Rp 868,800.00*
		0.4	*4.34*	*Kg*	*Paku Biasa 2" - 5"*	*Rp 15,000.00*	*Rp 65,160.00*
		0.2	*2.17*	*Ltr*	*Minyak Bekisting*	*Rp 9,000.00*	*Rp 19,548.00*
		10.5	*272.69*	*kg*	*Besi Beton Polos + ulir*	*Rp 9,500.00*	*Rp 2,590,507.50*
		0.15	*3.90*	*kg*	*Kawat Beton*	*Rp 18,000.00*	*Rp 70,119.00*
		413	*413*	*kg*	*Portland Semen*	Rp 1,050.00	*Rp 433,650.00*
		681	*681*	*kg*	*Pasir Beton*	Rp 250.00	*Rp 170,250.00*
		1021	*1021*	*kg*	*Kerikil (maksimum 30 mm)*	Rp 222.22	*Rp 226,888.89*
		0.015	*0.195*	*m3*	*Balok Kayu Klas II*	Rp 5,051,000.00	*Rp 987,369.48*
		0.35	*3.80*	*Lbr*	*Plywood 9 mm*	Rp 121,000.00	*Rp 459,921.00*
		2	*22*	*Btg*	*Dolken diameter 8 / 4rm*	Rp 21,000.00	*Rp 456,120.00*
		215	*215*	*Ltr*	*Air*	*Rp 15.00*	*Rp 3,225.00*
				C	***PERALATAN***		
				D	***Jumlah A + B + C***		*Rp 7,805,532.57*
				E	***Overhead & Profit (contoh 10%)*** *0.1*		*Rp 780,553.26*
				F	***Harga Satuan Pekerjaan (D+E)***		***Rp 8,586,085.83***

	Beton K-250/m3	Bekisitng/m2	Tulangan/10kg	Jumlah
Pekerja	1.65	7.168	1.818	10.636
Kepala tukang	0.028	0.358	0.182	0.568
Mandor	0.083	0.358	0.104	0.545
Luas bekisting/m2	10.86			
Berat besi/m3	25.97			

Dilihat dari tabel 5.7 koefisien yang berdasarkan harga satuan pekerjaan diatas, perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Menghitung Koefisien Pekerja

  Menghitung koefisien pekerja pada pekerjaan bekisting

  Koefisien = koef. awal x koef. luas bekisting

  = 0.66 x 10.86

  = 7.168

  Menghitung koefisien pekerja pada pekerjaan tulangan

  Koefisien = koef. awal x koef. berat besi

  = 0.07 x 25.97

  = 1.818

Koefisien pekerja = koef. pekerjaan beton + koef. pekerjaan bekisting + koef. pekerjaan tulangan
= 1.65 + 7.168 + 1.818
= 10.636

- Menghitung Koefisien Kepala Tukang

  Menghitung koefisien kepala tukang pada pekerjaan bekisting

  Koefisien = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.033 x 10.86
  = 0.358

  Menghitung koefisien kepala tukang pada pekerjaan tulangan

  Koefisien = koef. awal x koef. berat besi
  = 0.007 x 25.97
  = 0.182

  Koefisien kepala tukang = koef. pekerjaan beton + koef. pekerjaan bekisting + koef. pekerjaan tulangan
  = 0.028 + 0.358 + 0.182
  = 0.568

- Menghitung Koefisien Mandor

  Menghitung koefisien mandor pada pekerjaan bekisting

  Koefisien = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.033 x 10.86
  = 0.358

  Menghitung koefisien mandor pada pekerjaan tulangan

  Koefisien = koef. awal x koef. berat besi
  = 0.004 x 25.97
  = 0.104

Koefisien mandor = koef. pekerjaan beton + koef. pekerjaan bekisting + koef. pekerjaan tulangan
= 0.083 + 0.358 + 0.104
= 0.545

- Menghitung koefisien tukang kayu = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.33 x 10.86
  = 3.58

- Menghitung koefisien tukang besi = koef. awal x koef. berat besi
  = 0.07 x 25.97
  = 1.82

- Menghitung koefisien kayu klas III = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.04 x 10.86
  = 0.43

- Menghitung koefisien paku biasa = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.4 x 10.86
  = 4.34

- Menghitung koefisien minyak bekisting = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.2 x 10.86
  = 2.17

- Menghitung koef. besi beton polos + ulir = koef.awal x koef.berat besi
  = 10.5 x 25.97
  = 272.69

- Menghitung koefisien kawat beton = koef.awal x koef.berat besi
  = 0.15 x 25.97
  = 3.90

- Menghitung koefisien balok kayu klas II = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.015 x 10.86
  = 0.20

- Menghitung koef. plywood = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 0.35 x 10.86
  = 3.80

- Menghitung koef. dolken = koef. awal x koef. luas bekisting
  = 2 x 10.86
  = 21.72

5.2.3.5. Menghitung RAB

Diketahui :

Harga satuan pekerjaan balok beton bertulang TB2c 25 x 50

= Rp 8,586,532.57

Volume balok = 1.925 m^3

Harga pekerjaan balok beton bertulang TB2c 25 x 50

= (hsp balok beton bertulang TB2c - 25 x 50) x volume balok

= Rp 8,586,532.57 x 1.925

= Rp 16,529,075.00

5.2.4. Contoh Rekap Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Tabel 5.8 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pasar Bulu Kota Semarang

NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	HARGA SATUAN Rp.	JUMLAH HARGA Rp.	TOTAL HARGA Rp.
a.	**PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI SEMI BASEMENT :**				
1	Pekerjaan galian tanah pondasi (bang.utama + bang.parkir)	96.08 m^3	Rp 79,200.00	Rp 7,609,536.00	
2	Urugan sirtu padat t = 10 cm	1.20 m^3	Rp 260,975.00	Rp 314,213.90	
3	Lantai kerja 1:3:5 bwh poor,beton penahan talud t = 5 cm	0.60 m^3	Rp 888,549.44	Rp 534,906.77	
4	Beton pile cap tipe P6	8.43 m^3	Rp 3,244,549.19	Rp 27,345,060.54	*Rp 116,085,656.00*
5	Beton pancang ø 25	576 m	Rp 79,640.00	Rp 45,872,640.00	
7	Beton kolom K2 - 50 x 50	3 m^3	Rp 5,960,074.66	Rp 17,880,223.98	
8	Beton balok TB2c - 25 x 50	1.93 m^3	Rp 8,586,532.57	Rp 16,529,075.20	

Jadi, total harga contoh rekap rencana anggaran biaya (RAB) pada pekerjaan struktur lantai basement Pasar Bulu Kota Semarang sebesar Rp 116,085,656.00.

RENCANA KERJA DAN SYARAT – SYARAT PEKERJAAN STRUKTUR
SPESIFIKASI TEKNIS STRUKTUR

1) PEKERJAAN STRUKTUR

a. LINGKUP PEKERJAAN STRUKTUR

Lingkup tugas pekerjaan struktur yang harus dikerjakan oleh Rekanan adalah : menyediakan semua perlengkapan kerja, tenaga kerja, tenaga ahli yang cukup dan menyediakan bahan – bahan serta melaksanakan semua pekerjaan sehubungan dengan pekerjaan struktur sesuai dengan gambar kerja.

Pekerjaan Struktur meliputi :

1. Pekerjaan tanah.
2. Pekerjaan struktur beton : tie beam, kolom, balok, pelat lantai dan pelat atap dan pekerjaan beton lainnya sesuai gambar.
3. Pekerjaan pembongkaran, pembersihan dan pengamanan dalam tapak dan bangunan selama pelaksanaan sampai pekerjaan struktur selesai dan diserah terimakan kepada pemberi tugas.

b. PEMERIKSAAN

1. Setiap saat Direksi Pekerjaan berhak untuk memeriksa setiap pekerjaan Rekanan. Walaupun demikian Direksi Pekerjaan tidak wajib untuk melakukan pemeriksaan secara terus – menerus, dan yang terjadi dalam proses pelaksanaan pekerjaan kesalahan – kesalahan tidak membebaskan Rekanan dari tanggung - jawabnya

2. Semua pekerjaan yang tidak sesuai dengan RKS, gambar – gambar rencana, peraturan – peraturan yang berlaku dan kaidah – kaidah teknis harus diperbaiki atau diganti atas biaya dari Rekanan.

c. SHOP DRAWING DAN AS BUILT DRAWING

1. Rekanan wajib membuat shop drawing (gambar detail pelaksanaan) berdasarkan gambar dokumen kontrak dan keadaan lapangan, untuk memperjelas detail-detail khusus yang diperlukan pada saat pelaksanaan dilapangan.

2. Shop drawing harus mencantumkan semua data termasuk tipe bahan, keterangan produk, cara pemasangan atau persyaratan khusus.

3. Shop drawing belum dapat dilaksanakan sebelum mendapat persetujuan dari Pengawas.

d. PERSYARATAN YANG MENGIKAT

Rekanan harus mengikuti dan terikat pada semua persyaratan – persyaratan yang tercantum :

1. Syarat – syarat Umum.
2. Spesifikasi Teknis.
3. Gambar – gambar Kerja.
4. Berita Acara Aanwijzing, Klarifikasi dan Negosiasi SPK & Kontrak.

e. BROSUR DAN CONTOH MATERIAL

Rekanan harus mangajukan kepada Direksi Pekerjaan brosur / catalog, sertifikat, spesifikasi teknis dan contoh material yang akan digunakan. Material tidak boleh dipesan sebelum brosur, sertifikat spesifikasi teknis dan contoh material tersebut disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

f. PERBEDAAN GAMBAR DAN HAL – HAL YANG KURANG JELAS

1. Pada dasarnya bila ada perbedaan / konflik antara gambar dan buku Uraian dan Syarat Pekerjaan, maka yang berlaku adalah yang tertulis dalam buku Rencana Kerja dan Syarat – syarat Teknis ini.

2. Semua ketentuan tersebut apabila tidak ada ketentuan lain dari Direksi Pekerjaan / Perencana.

3. Meskipun demikian setiap perbedaan ketidak sesuaian atau keragu – raguan diantara Gambar Kerja yang tidak bisa diatasi sebelum melaksanakan pekerjaan tersebut, Rekanan harus melaporkan secara tertulis kepada Direksi Pekerjaan untuk mendapatkan keputusan gambar mana yang dijadikan pegangan, selambat – lambatnya satu minggu sebelum masalah tersebut terlibat dalam pelaksanaan, termasuk didalamnya mengenai jenis barang, cara pemasangan dan pengujian.

4. Perbedaan – perbedaan tersebut tidak boleh dijadikan alasan bagi Rekanan untuk mengadakan claim pada waktu pelaksanaan.

g. KOORDINASI

Apabila ada unsur pekerjaan yang dilaksanakan oleh beberapa Sub Rekanan maka sebelum pelaksanaan pekerjaan dimulai perlu diadakan koordinasi seluruh pekerjaan sehingga tidak terjadi kesalahan – kesalahan akibat kurang koordinasi antar Sub Rekanan.

h. UNSUR PEKERJAAN YANG DISEBUTKAN KEMBALI

Apabila dalam rencana Kerja dan Syarat – syarat Teknis ini ada bagian – bagian / bab - bab yang menyebutkan kembali setiap unsur pekerjaan pada item / ayat lain maka ini bukan berarti menghilangkan item/ayat tersebut tetapi dengan pengertian lebih menegaskan.

i. HUBUNGAN KERJA

Hubungan kerja yang bersifat teknis maupun administratif antara Perencana dengan Rekanan harus melalui Direksi Pekerjaan.

2) PEKERJAAN TANAH

a. LINGKUP PEKERJAAN TANAH

Yang termasuk pekerjaan tanah adalah semua pekerjaan galian tanah, penimbunan, pemasangan turap penahan tanah galian (bila diperlukan) dan lantai kerja untuk pondasi serta pengukuran untuk keperluan pelaksanaan pekerjaan struktur sesuai gambar kerja dan atau sesuai petunjuk Direksi Pekerjaan.

b. PENGUKURAN

1. Penentuan tinggi peil ± 0,00 bangunan ini harus diperiksa kembali oleh Rekanan dan mendapat persetujuan Direksi Pekejaan. Bilamana terdapat perbedaan ukuran – ukuran harus segera dilaporkan kepada Direksi Pekerjaan sebelum dilaksanakan. Pemakaian ukuran – ukuran yang salah sebelum dan selama pelaksanaan menjadi tanggung jawab Rekanan.

   Tinggi Peil ini dibuat oleh Rekanan atas biayanya sendiri, dari patok beton di luar papan dasar pelaksanaan (bouwplank).

   Tanda ini merupakan tanda yang tetap, yang harus di jaga dan dipelihara selama masa pembangunan sampai waktu penyerahan pertama

2. Segala pekerjaan pengukuran persiapan (uitzet) termasuk tanggungan Rekanan dan dilaksanakan dengan instrument waterpass dan theodolite

c. KEADAAN LAPANGAN / TAPAK

Rekanan berkewajiban untuk memeriksa keadaan lapangan sebelum tender, untuk mendapatkan gambaran mengenai keadaan tanah yang digali,atau diurug dan menaksir tanah urug yang akan dipakai atau menaksir tanah galian yang akan dikeluarkan. Perkiraan ini adalah semata – mata menjadi resiko dari Rekanan dan tidak akan diadakan pertimbangan –

pertimbangan dan penyesuaian. Level lapangan titik – titik tinggi atau contours harus dianggap berlaku pada tanggul utama (bench mark).

Bilamana Rekanan tidak yakin dengan ketepatan dari peil pengukuran ini maka Rekanan harus menyatakan hal ini secara tertulis kepada Direksi Pekerjaan sebelum penggalian , pengurugan dan pemadatan dimulai.

d. PENGGALIAN

- Rekanan harus bertanggung jawab untuk semua penggalian yang dilaksanakan sesuai dengan peraturan yang berlaku
- Galian tanah untuk pondasi – pondasi , dan lain – lain harus dilaksanakan sesuai dengan yang ditentukan dalam gambar. Dalamnya semua galian harus mendapat persetujuan dari Direksi Pekerjaan.
- Dasar galian harus bebas lumpur, humus dan air, harus dalam keadaan bersih dan padat, sampai dapat diberi lapisan urug sesuai dengan gambar
- Dalam keadaan penggalian cukup dalam dan memungkinkan tanah dapat longsor, Rekanan harus memasang turap sesuai persyaratan yang disertai perhitungan kekuatannya dan diperiksa oleh Direksi Pekerjaan
- Rekanan harus melaporkan hasil pekerjaan galian tanah yang selesai dan menurut pendapatnya sudah dapat digunakan untuk pemasangan pondasi kepada Direksi Pekerjaan untuk dimintakan persetujuannya
- Semua Pekerjaan pondasi yang dilaksanakan tanpa persetujuan Direksi Pekerjaan, dapat mengakibatkan dibongkarnya kembali pekerjaan pondasi tersebut
- Pekerjaan pembongkaran dan pemasangan pondasi kembali adalah menjadi tanggungan Rekanan.

- Semua kelebihan tanah galian, tanah lumpur harus dikeluarkan dari lapangan ke lokasi yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan, Rekanan bertanggung jawab untuk mendapatkan tempat pembuangan dan ongkos – ongkos yang di perlukan.

e. HALANGAN YANG DIJUMPAI WAKTU PENGGALIAN

- Semua akar – akar pohon, batang – batang pohon terpendam, beton – beton tak terpakai atau pondasi –pondasi bata, pipa – pipa drainage yang tak terpakai, atau halangan – halangan lain yang dijumpai / ditemukan pada waktu penggalian harus dikeluarkan atas biaya Rekanan.

- Tanah / tanah galian yang berlubang akibat halangan – halangan yang dikeluarkan harus diperbaiki kembali dengan pasir beton : semen dengan perbandingan 10 : 1.

- Harus dijaga pipa – pipa gas atau pipa – pipa air, kabel – kabel listrik yang masih berfungsi yang dijumpai pada waktu penggalian tidak terganggu atau menjadi rusak.

- Bilamana hal ini dijumpai dilapangan maka Direksi Pekerjaan dan pihak – pihak yang berwenang harus segera diberitahu untuk mendapatkan instruksi selanjutnya untuk mengeluarkan barang – barang tersebut, sebelum penggalian – penggalian yang berdekatan diteruskan.

- Bilamana terjadi kerusakan – kerusakan pada barang – barang tersebut diatas, maka Direksi Pekerjaan dan pihak – pihak yang berwenang harus segera diberitahu dan semua kerusakan – kerusakan harus diperbaiki atas biaya Rekanan sendiri.

f. PENYANGGA / PENAHAN TANAH GALIAN

- Stabilitas dari permukaan galian tanah selama penggalian semata – mata adalah tanggung jawab dari Rekanan.

Rekanan harus membuat penyangga – penyangga / penahan tanah yang diperlukan selama pekerjaan dan galian tambahan atau urugan bila diperlukan.

- Selama pelaksanaan , tanah di belakang galian tidak boleh longsor
  Semua biaya turap dan perkuatannya sudah termasuk beban biaya bangunan dalam kontrak.

- Rekanan diharuskan untuk melaksanakan dan merawat semua tebing dan galian yang termasuk dalam Kontrak , memperbaiki longsoran – longsoran tanah selama masa Kontrak dan Masa Perawatan.

g. PENGAWASAN PENGGALIAN

Semua galian harus diperiksa terlebih dahulu oleh Direksi Pekerjaan sebelum lapisan urugan pasir, lantai kerja, pembesian, pipa – pipa dipasang. Bila didapatkan keadaaan kurang memuaskan pada atau sebelum peil galian yang tercantum dalam gambar tercapai maka Rekanan harus mendapatkan izin sebelum galian selanjutnya dilaksanakan. Rekanan tidak boleh menimbun galian tersebut sebelum pengukuran elevasi dasar galian disetujui.

h. PENGGALIAN DIBAWAH PEIL YANG SEHARUSNYA

Bilamana Rekanan menggali di bawah level yang tercantum dalam gambar tanpa intruksi tertulis maka Rekanan harus mengisi bagian yang telah tergali tersebut dengan beton 1: 3 :6 (PC: Pasir :Kerikil).

i. LANTAI KERJA DAN URUGAN PASIR

- Apabila kontruksi beton bertulang langsung terletak di atas tanah ,maka di bawahnya dibuat lantai kerja dan urugan pasir yang rata (Ketebalan sesuai pada gambar)

- Sebelum lantai kerja urugan pasir ini dibuat, maka semua lapisan tanah di bawahnya harus dipadatkan dan diratakan dengan baik sampai mendapatkan permukaan yang padat, rapat dan disetujui Direksi Pekerjaan terlebih dahulu.

- Untuk memadatkan tanah digunakan alat pemadat tanah yang harus disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

- Lantai kerja harus dari campuran semen, pasir dan kerikil dengan perbandingan 1 : 3 : 5.
  Tebal dan peil lantai kerja dan urugan pasir harus sesuai dengan gambar. Jika tidak dinyatakan secara khusus dalam gambar, maka tebal lantai kerja = 5 cm dan tebal urungan pasir minimal 10 cm.

j. PENGURUGAN KEMBALI DAN PEMADATAN

- Permukaan dari kemiringan – kemiringan tanah harus diselesaikan secara rata atau bertangga sebagaimana di minta oleh Direksi Pekerjaan dan atau sesuai gambar.

- Semua daerah yang akan diurug harus dibersihkan dari semua sampah – sampah , puing – puing bangunan dan lain – lain sebelum pengurugan tanah dimulai.

- Tanah urug untuk mengurug, meratakan dan membuat tebing – tebing harus bersih dari bahan organis, sisa – sisa tanaman, sampah dan lain – lain.

- Bahan - bahan untuk urugan tersebut menggunakan material bekas galian dengan mendatangkan dari lokasi lain harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :
  1) Tanah harus dibersihkan dan tidak mengandung akar, kotoran dan bahan organis lainnya.

2) Tanah yang digunakan untuk timbunan harus didatangkan setelah ada ijin dari Direksi/Pengawas.
3) Pelaksanaan pengurugan harus dilakukan lapis demi lapis dengan ketebalan 15 cm material lepas, di padatkan sampai mencapai kepadatan maksimum dengan alat pemadat dan mencapai peil permukaan yang direncanakan.
4) Toleransi pelaksanaan yang dapat diterima untuk penggalian maupun pengurugan adalah ± 20 mm terhadap kerataan yang ditentukan.

- Sarana – sarana darurat

Rekanan harus mengadakan drainage yang sempurna setiap saat, harus membangun saluran – saluran, memasang parit – parit, memompa dan atau mengeringkan drainage.

j. PEKERJAAN PENGURUGAN PASIR ALAS PONDASI

1. Ketebalan urugan pasir untuk alas pondasi bila tidak disebutkan lain dalam gambar, minimal 10 cm

2. Pasir urug yang digunakan harus bersih dan tidak mengandung potongan – potongan bahan keras yang berukuran lebih besar dari 1,5 cm, dan bebas dari bahan – bahan organik atau banyak mengandung garam (pasir laut tidak boleh digunakan).

3) PEKERJAAN BETON

1. U M U M

a. Rekanan harus melaksanakan pekerjaan beton sesuai dengan persyaratan – persyaratan yang terdapat di peraturan – peraturan berikut :

1. SNI-03-2847-2002, Standar Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

2. SNI 03-2458-1991, Metode Pengujian dan Pengambilan Contoh untuk Campuran Beton Segar.
3. SNI 03-4810-1998, Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Lapangan.
4. SNI 03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.
5. SNI 03-2492-1991, Metode Pengambilan Benda Uji Beton Inti.
6. SNI 03-3403-1994, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Inti.
7. SNI 2847-2013, Metode Pengambilan, Perawatan ,dan Pengujian Sample Beton.
8. Peraturan Beton Bertulang Indonesia PBI - 1971 (NI – 2).
9. Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PBUI – 1982).
10. Peraturan American Standart for Testing and Material (ASTM).
11. Peraturan daerah setempat.
12. Peraturan – peraturan lain yang relevan.

b. Rekanan harus melaksanakan semua pekerjaan dengan ketepatan dan kesesuaian yang tinggi menurut RKS, gambar kerja dan instruksi – instruksi dari Direksi Pekerjaan

c. Setiap saat direksi Pekerjaan berhak untuk memeriksa setiap pekerjaan Rekanan. Walaupun demikian Direksi Pekerjaan tidak wajib untuk melakukan pemeriksaan secara terus menerus, dan yang terjadi dalam proses pelaksanaan pekerjaan kesalahan – kesalahan tidak membebaskan Rekanan dari tanggung jawabnya

d. Semua pekerjaan yang tidak sesuai dengan RKS, gambar – gambar rencana, peraturan – peraturan yang berlaku dan kaidah – kaidah teknis harus diperbaiki atau diganti atas biaya dari Rekanan

e. Sebelum pekerjaan beton dimulai, Rekanan harus membuat shop drawing pembesian, detail – detail yang berhubungan dengan gambar – gambar kerja lain dan harus disetujui oleh Direksi Pekerjaan

f. Sebelum tiap tahap pekerjaan beton dimulai, Rekanan berkewajiban untuk mengajukan izin bekerja yang harus disetujui oleh Direksi Pekerjaan

g. Semua material yang dipakai harus merupakan material baru dengan kualitas terbaik dari yang telah ditentukan (contoh) dan harus disetujui oleh Direksi Pekerjaan dan semua material yang tidak disetujui oleh Direksi Pekerjaan harus dikeluarkan dari lokasi proyek atas biaya Rekanan selambat – lambatnya dalam waktu 2 x 24 jam

h. Rekanan berkewajiban untuk menyediakan tenaga ahli yang trampil dan cukup serta alat – alat yang baik dan cukup untuk memenuhi jadwal pelaksanaan yang sudah disetujui

i. Bila tidak dinyatakan secara khusus, maka hal – hal mengenai cara – cara pelaksanaan dan detail – detail konstruksi harus dilaksanakan sesuai dengan Standar Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI. Hal – hal tersebut antara lain : lantai kerja / pemotongan dan pembengkokan tulangan, pemasangan tulangan, pelaksanaan pengecoran dan perawatan, penutup beton, kait dan bengkokan, panjang penyaluran dan sambungan

2. BAHAN – BAHAN

a. Semen

1. Semua semen yang digunakan adalah jenis Portland Cement sesuai dengan SNI.
2. Seluruh pekerjaan konstruksi beton ini harus menggunakan satu merk semen. Penggantian merk semen hanya dapat dilaksanakan dengan

persetujuan Direksi Pekerjaan. Semen – semen yang dipergunakan harus diperoleh dari pabrik yang telah disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

3. Semen yang digunakan pada pekerjaan konstruksi harus sesuai dengan semen yang digunakan pada perancangan proporsi campuran.
4. Rekanan harus menyimpan semen di tempat penyimpanan yang baik dan memenuhi syarat. Semua semen yang telah menunjukkan indikasi rusak dan/atau tercemar (menggumpal, mengeras, tercampur dengan kotoran, kena air, atau lembab) tidak boleh digunakan dan harus segera dikeluarkan dari lokasi proyek atas biaya Rekanan.
5. Setiap saat Direksi Perkerjaan berhak meminta agar Rekanan memberikan laporan test – test semen di laboratorium.

b. Pasir

1. Pasir yang digunakan harus pasir kali yang berbutir.
2. Kadar lumpur yang terkandung dalam pasir tidak boleh lebih besar dari 5 %.
3. Pasir harus memenuhi persyaratan SNI.

c. Agregat

1. Agregat kasar yang dapat dipakai adalah koral atau batu pecah (crushed stone) yang mempunyai susunan gradasi yang baik padat dan cukup keras. Agregat halus yang digunakan tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering). Semua agregat yang digunakan harus memenuhi syarat SNI.
2. Ukuran agregat kasar maksimum yang dapat digunakan adalah 3 cm dan ukuran agregat kasar tersebut tidak boleh lebih dari seperempat dimensi beton yang terkecil dari bagian konstruksi yang bersangkutan.

3. 2 minggu sebelum pengecoran dimulai, Rekanan harus menguji contoh – contoh agregat sesuai dengan SNI.

4. Rekanan harus menjaga semua pengiriman agregat dari satu sumber untuk setiap agregat yang telah disetujui oleh Direksi Pekerjaan hingga sebanyak 50 ton atau sewaktu – waktu diminta oleh Direksi Pekerjaan atas biaya Rekanan.

5. Percobaan – percobaan harus dilakukan oleh Rekanan pada setiap pengiriman sebanyak 50 ton atau sewaktu – waktu diminta oleh Direksi Pekerjaan atas biaya Rekanan.

6. Agregat kasar dan agregat halus harus disimpan secara terpisah tanpa boleh terjadi segregasi dari butir – butir penyusunnya. Timbunan agregat harus diletakkan di atas lantai dari beton kurus dan dibatasi oleh dinding kayu keras serta harus dijaga terhadap pencampuran atau pencemaran dari kotoran atau material lainnya. Selain itu Rekanan juga harus menyediakan sistem drainage yang baik di sekitar timbunan agregat sehingga timbunan agregat tidak terpendam air.

7. Untuk mendapatkan campuran beton yang baik dan sesuai dengan hasil mix – design, kadar air dari agregat harus sesuai secara periodik diuji terutama kalau terdapat indikasi bahwa kadar air agregat sudah berubah dari kondisi sebelumnya. Selain itu Rekanan juga harus secara rutin melaksanakan uji bahan dan disaksikan oleh Direksi Pekerjaan.

3. Air

- Air untuk pembuatan dan perawatan beton adalah air bersih yang sesuai dengan rekomendasi laboratorium dan persyaratan SNI.

- Sumber air yang akan dipakai harus disetujui oleh Direksi Pekerjaan terlebih dahulu dan harus diuji serta tidak boleh mengandung asam alkali

, minyak, dan zat organis yang dapat merusak beton dan tulangan (Ph 7 – 8).

- Tempat penampungan (bak) air harus selalu bersih dan harus dijaga agar bahan – bahan yang dapat merusak kualitas air tidak tercampur di bak penampungan tersebut.

4. Bahan pencampur / admixture / adittive

- Bila tidak dinyatakan lain, pada dasarnya semua beton konstruksi pada proyek ini tidak memerlukan bahan pencampur. Oleh karena itu Rekanan tidak boleh menggunakan bahan pencampur kecuali dengan persetujuan tertulis dari Perencana dan atau Direksi Pekerjaan.

- Untuk melengkapi pengajuan izin penggunaan bahan pencampur beton, Rekanan harus mengadakan percobaan perbandingan berat dari penambahan bahan campuran tersebut dan diuji tekan contoh – contoh beton pada umur 3,7,14, dan 28 hari di laboratorium yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Semua hasil uji tersebut di atas harus disertakan pada pengajuan izin penggunaan bahan pencampur beton.

5. PEMBUATAN BETON

- Mutu beton dan campuran beton rencana

  a. Seluruh beton polos (tidak bertulang) seperti rabat dan lantai digunakan mutu beton f'c=15 MPa. Untuk struktur Pile Cap, Tie Beam dan Kolom menggunakan mutu beton readymix f'c=32,5 MPa, sedangkan elemen Balok dan Pelat menggunakan mutu beton readymix f'c=27,5 MPa.

  b. Untuk mencapai mutu beton tersebut diatas, Rekanan diwajibkan untuk membuat campuran beton rencana (mix-design) paling lambat 6 minggu sebelum pekerjaan beton dimulai . Rekanan harus membuat masing – masing 20 benda uji pada umur 7,14, dan 28 hari.

c. Pembuatan campuran beton rencana ini hendaknya mengikuti SNI. Bila sumber atau kualitas dari semen atau agregat diganti maka harus dicari lagi campuran rencana yang baru sehingga tercapai mutu beton yang dipersyaratkan.

- Pengujian beton

a. Rekanan harus menyediakan tenaga kerja, material, tempat dan semua peralatan untuk melakukan semua peralatan untuk melakukan semua uji beton di bawah ini, yaitu :
   - Uji slump
   - Uji silinder beton diameter15 cm dan tinggi 30 cm
   - Uji kadar lumpur
   - Hammer test
   - Core drilling

b. Pengujian Slump beton harus dilaksanakan berdasarkan SNI dengan batasan nilai slump maksimum sebagai berikut :

Konstruksi Beton	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi, dan pondasi telapak bertulang	12,50	5,00
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi dibawah tanah	9,00	2,50
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,00	7,50
Pembetonan massal	7,50	2,50

Untuk beton dengan bahan tambahan plasticizer, slump dapat dinaikkan sampai maksimum 1,5 cm.

c. Rekanan harus membuat, merawat dan mengadakan uji kubus beton pada laboratorium beton yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan atas biaya sendiri dan berdasarkan atas SNI.

d. Jumlah pengambilan contoh untuk uji kuat tekan dari setiap mutu beton, tidak boleh kurang dari dua benda uji dan harus diuji pada umur 7 dan 28 hari.

e. Pengujian kekuatan masing-masing mutu beton yang dicor setiap harinya haruslah dari satu contoh uji per hari, atau tidak kurang dari satu contoh uji untuk setiap 110 m^3 beton, atau tidak kurang dari satu contoh uji untuk setiap 460 m^2 luasan permukaan lantai atau dinding.

f. Kalau digunakan pompa beton (concrete pump), pengambilan khusus harus dilakukan dilokasi pengecoran setelah beton melewati ujung pipa pompa beton.

g. Setiap benda uji harus diberi tanggal pembuatan dan dari bagian ujung pipa mana beton diambil.

h. Prosedur pengambilan silinder beton sesuai dengan SNI.

i. Setiap benda uji tidak boleh cacat.

j. Rekanan harus membuat laporan lengkap mengenai hasil test khusus yang disertai evaluasi perhitungan nilai karakteristiknya dan disampaikan pada Direksi Pekerjaan.

k. Kalau terjadi kegagalan dalam uji beton ini, Rekanan harus melakukan percobaan – percobaan non destruktif dan apabila masih menunjukkan kegagalan Rekanan harus memperbaiki dan mengganti struktur tersebut atas biaya Rekanan sendiri.

l. Bila dianggap perlu, maka Rekanan harus melakukan uji tambahan atas biaya Rekanan.

- Pembuatan beton

a. Rekanan bertanggung jawab penuh atas seluruh pembuatan beton yang baik dan memenuhi persyaratan yang ditentukan.

b. Dalam pembuatan beton ini, Rekanan harus memakai sistem “Weight batching plant” & volumetric system (untuk mengukur air) yang sudah disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Semua alat ukur untuk

pencampuran beton ini harus dalam kondisi baik dan dikalibrasi dan disediakan oleh Rekanan.

c. Pengaturan untuk pengangkutan, penimbangan dan pencampuran material – material harus dengan persetujuan Direksi Pekerjaan.

d. Seluruh operasi harus diinspeksi dan dikontrol terus oleh seorang inspektor yang berpengalaman dan bertanggung jawab.

e. Pencampuran beton dengan tidak memakai perbandingan berat atau dengan tangan tidak diperbolehkan.

f. Mixer harus betul – betul kosong sebelum menerima material – material dari adukan berikutnya . Mixer harus dibersihkan dan dicuci bila mixer tidak dipakai lebih lama dari 30 menit atau bila beton yang akan dibuat berbeda mutunya.

g. Pencampuran kembali dari beton yang sebagian sudah terjatuh atau mengeras tidak diizinkan.

h. Ketelitian alat ukur (timbangan) harus dikontrol minimum satu kali setiap minggu dengan ketelitian ± 1 persen.

- Beton Pra – Campur (Ready Mix)

a. Rekanan tidak diizinkan memakai beton pra – campur tanpa izin dari Direksi Pekerjaan.

b. Semua beton pra – campur harus dipasok dari perusahaan yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

c. Bila tidak ditentukan lain, semua persyaratan yang berlaku untuk beton biasa juga berlaku untuk beton pra – campur.

d. Nama dan Alamat dari perusahaan beton pra – campur harus disampaikan untuk persetujuan Direksi Pekerjaan. Jika diperlukan, Rekanan harus mengatur peninjauan ke perusahaan tersebut.

e. Beton Pra – campur harus sudah dicor pada tempatnya dalam waktu maksimum 2 jam dihitung dari mulainya truck mixer keluar dari plant sampai penuangan terakhir dilakukan. Bila dipergunakan retarder, waktu maksimum tersebut dapat melebihi 2 jam tetapi tidak boleh lewat 4 jam. Mengenai lamanya waktu yang diperkenankan ini hendaknya dibicarakan sebelum beton pra – campur ini digunakan, sehingga diketahui waktu yang masih diizinkan.

f. Semua data – data dari beton pra – campur ini harus dicatat secara lengkap oleh Rekanan atas sepengetahuan Direksi Pekerjaan data – data tersebut harus selalu tersedia diproyek.

   Data – data yang harus dicatat adalah :

   - Waktu kedatangan untuk truck mixer.
   - Waktu pencampuran material – material dan penambahan air.
   - Pencatatan nomer truck mixer dan nama plat.
   - Waktu ketika beton ditempatkan / dicor.
   - Lokasi pengecoran.
   - Pengambilan jumlah kubus uji.
   - Nilai slump.
   - Dan data – data lain yang relevan.

g. Rekanan bertanggung jawab atas semua hasil pengecoran dari beton pra – campur . Direksi Pekerjaan berhak untuk mengganti perusahaan beton pra – campur atau menghentikan penggunaan beton pra – campur bila ternyata syarat – syarat dari spesifikasi ini tidak terpenuhi dengan memuaskan.

6. PEKERJAAN BEKESTING (CETAKAN)

- Bahan

  a. Bahan – bahan yang dapat dipakai untuk bekesting adalah kayu, multiplek (tebal 12 – 16 mm), pasangan bata dan panel logam. Sedangkan bahan – bahan yang dapat digunakan untuk acuan penyangga adalah kayu atau tiang / pipa logam. Penggunaan bambu untuk acuan tidak diizinkan. Sebelum memakai suatu bahan sebagai bekesting atau acuan, Rekanan harus mengajukan izin ke Direksi Pekerjaan terlebih dahulu.

  b. Penggunaan bahan – bahan pembantu pelepasan bekesting harus seizin dari Direksi Pekerjaan dan untuk itu Rekanan harus memberikan data – data teknis dari produk tersebut ke Direksi Pekerjaan.

  c. Penggunaan bahan – bahan pembantu pelepasan bekesting harus seizin dari Direksi Pekerjaan dan untuk itu Rekanan harus memberikan data – data teknis dari produk tersebut ke Direksi Pekerjaan.

  d. Penggunaan bekesting lebih dari 1 kali tidak diizinkan kecuali kondisi bekesting masih sangat baik dan mampu menghasilkan permukaan beton yang sesuai dengan spesifikasi. Penggunaan bekesting lebih dari 1 kali harus mendapatkan izin dari Direksi Perkerjaan.

- Pembuatan dan Pemasangan Bekesting

  a. Sistem bekesting harus diajukan dan disetujui terlebih dahulu oleh Direksi Pekerjaan, khususnya yang menyangkut jenis / dimensi – dimensi bekesting dan jarak – jarak acuan penyangga.

b. Bekesting tidak boleh bocor dan cukup kaku untuk mencegah perpindahan tempat atau kelongsoran dari penyangga. Permukaan bekesting harus halus dan rata, tidak boleh ada lekukan, lubang – lubang dan tidak boleh melendut. Sambungan – sambungan pada bekesting harus diusahakan lurus dan rata dalam arah horisontal dan vertikal.

c. Khusus untuk struktur beton exposed atau struktur beton lainnnya yang perlu menggunakan minyak atau bahan sejenis pada bekesting, Rekanan harus mengoleskan minyak tersebut seperlunya dan harus menjaga agar minyak tersebut tidak sampai mencemari batang tulangan dan sambungan konstruksi.

d. Khusus untuk bekesting – bekesting kolom pada tepi bawah kolom pada 2 sisi harus dibuatkan bukaan untuk mengeluarkan kotoran – kotoran yang terdapat pada dasar kolom dan bukaan ini boleh ditutup setelah dasar kolom diperiksa kebersihannya dan disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

e. Hal yang sama juga harus dikerjakan pada balok – balok yang tinggi atau dinding – dinding beton.

f. Tiang – tiang penyangga vertikal harus dibuat sebaik mungkin untuk memberikan penunjang seperti yang dibutuhkan tanpa adanya kerusakan atau overstress atau perpindahan tempat pada beberapa bagian konstruksi yang dibebani.

g. Struktur tiang – tiang penyangga harus ditempatkan pada posisi sedemikian rupa sehingga konstruksi ini benar – benar stabil, kuat dan kaku untuk menunjang berat sendiri dan beban – beban yang berada diatasnya selama pelaksanaan beton.

h. Semua tiang – tiang penyangga tidak boleh ditempatkan langsung diatas tanah, tetapi harus berpijak diatas balok kayu rata atau lantai

kerja dengan kokoh. Selain itu semua tanah dasar di sekitar daerah penyangga harus dipadatkan sampai cukup kuat untuk menahan beban diatasnya.

i. Bila tidak dinyatakan lain, maka semua bekesting balok dan pelat lantai harus diberi anti lendut ke atas di tengah – tengah bentang sebesar 0,2 % dari lebar bentang.

   Khusus untuk balok dan pelat kanti lever, maka besarnya anti lendut yang harus diambil adalah 0,4 % dari bentang

j. Semua bekesting yang akan dipergunakan harus dalam keadaan bersih dan tidak tercemar oleh bahan – bahan yang dapat menurunkan mutu beton

- Pembongkaran Bekesting

a. Semua pekerjaan pembongkaran bekesting baru dapat dimulai setelah izin tertulis dari Direksi Pekerjaan terutama pada struktur drop of canopy, plat atap, plat lantai, listplank – listplank, konsol – konsol, tangga dan balok – balok bentang panjang.

b. Bila pada saat pembuatan beton tidak digunakan suatu bahan pencampur (admixture/additive) khusus, maka waktu minimum pembongkaran bekesting harus didasarkan pada PBI – 1971 dan hasil uji tekan beton.

c. Dengan adanya pembongkaran bekesting dan / atau acuan pada beton, struktur – struktur bangunan tidak mengalami perubahan bentuk, kerusakan ataupun pembebanan yang melebihi beban rencana.

d. Pertanggung jawaban atas keselamatan semua pihak pada pembongkaran bekesting atau acuan berada di pihak Rekanan.

7. PEKERJAAN PEMBESIAN DAN PERSIAPAN PENGECORAN

Pembesian

a. Jenis dan mutu baja yang dipergunakan adalah baja ulir BJTS40 untuk tulangan diameter > 12 mm dan baja polos BJTP24 untuk tulangan berdiameter < 12 mm.

b. Untuk BJTS40 tegangan tarik baja tidak boleh lebih dari 50 kg/m^2. Jenis – jenis besi ini harus mempunyai tegangan limit elastisitas karakteristik sesuai dengan yang tercantum dalam SNI.

c. Semua jenis besi yang digunakan harus diperoleh dari pemasok / pabrik yang telah disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

d. Untuk mendapatkan jaminan atas kualitas besi yang diminta, maka disamping adanya sertifikat dari laboratorium baik pada saat pemesanan, secara periodik juga diambil minimum 2 contoh percobaan tegangan dan regangan sebanyak minimum 3 kali , yaitu pada waktu permulaan besi datang, kemudian pada pertengahan dan akhir pekerjaan pembesian. Akan tetapi apabila selama pelaksanaan ditemukan hal – hal yang meragukan, percobaan tegangan – regangan harus dilakukan lagi. Selain itu Rekanan juga wajib melakukan percobaan tarik dan lengkung dingin sebanyak 1 set percobaan setiap 10 ton besi untuk besi berdiameter > 12 mm.

   Pajang contoh yang diambil adalah 1 m dan tiap batang besi diambil 3 buah contoh.

e. Pembengkokan besi beton harus dilakukan secara hati – hati dan teliti, tepat pada ukuran posisi pembengkokan sesuai dengan gambar dan tidak menyimpang dari SNI.

f. Pembengkokan tulangan harus dilakukan oleh tenaga ahli dengan mempergunakan alat – alat sedemikian rupa sehingga tidak

menimbulkan cacat, patah, retak – retak, dan kerusakan kerusakan lainnya.

g. Pembengkokan tulangan harus dilakukan dalam keadaan dingin

h. Tulangan yang sebagian sudah tertanam didalam beton tidak boleh dibengkokan di lapangan, kecuali ada izin khusus dari Pengawas atau Direksi Pekerjaan.

i. Sebelum penyetelan dan pemasangan tulangan , Rekanan harus membuat rencana kerja dan pembengkokan baja tulangan (bending schedule) yang harus diserahkan ke Direksi Pekerjaan untuk mendapatkan persetujuan.

j. Tulangan – tulangan harus dipasang sedemikian rupa sehingga selama pengecoran tidak berubah tempatnya . Untuk membantu penempatan tulangan ini, Rekanan harus memasang “beton tahu”, “kaki ayam” (beton decking) dan bahan pembantu lainnya secukupnya.

k. Sebelum baja tulangan dipasang, baja harus bebas dari kulit besi, karat, lemak kotoran serta bahan – bahan lain yang dapat mengurangi daya lekat. Jika terjadi keterlambatan pengecoran maka pembesian harus di periksa dan dibersihkan ulang.

l. Sambungan batang tulangan dengan menggunakan las tidak diizinkan. Semua sambungan batang tulangan harus sesuai dengan ketentuan SNI kecuali ada ketentuan lain dari Direksi Pekerjaan.

m. Tebalnya selimut beton harus sesuai dengan SNI.

8. PERSIAPAN PENGECORAN

a. Sebelum melaksanakan pengecoran, Rekanan harus membersihkan seluruh area pengecoran memeriksa dan memperbaiki lagi bekesting dan pembesian yang masih kurang sempurna, memeriksa dan mengkoordinasikan lagi gambar struktur dengan desain gambar lain berikut segala pipa, konduit atau barang – barang lain yang akan

tertanam dalam beton dan mengajukan izin tertulis dari Direksi Pekerjaan.

b. Sebelum pengecoran, semua alat – alat pembuatan beton dan pengangkutan beton harus dalam keadan baik dan bersih.

c. Sebelum pengecoran beton, Rekanan harus membasahi cetakan dan pasangan-pasangan dinding yang akan berhubungan dengan beton sampai jenuh.selain itu semua bidang-bidang beton yang lama yang akan di cor harus di kasarkan terlebih dahulu dan kemudian dibersihkan dari segala kotoran – kotoran beton yang lepas dan kemudian penyambungan bidang – bidang beton yang lama harus memakai lem beton.

d. Sebelum pengecoran beton, Rekanan harus membersihkan / membuang air yang tergenang pada bekesting atau area pengecoran.

9. PENGECORAN DAN PERAWATAN BETON

- Pengangkutan beton

  a. Metoda pengangkutan yang akan digunakan Rekanan haruslah metoda pengangkutan yang sudah dievaluasi dan disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

  b. Kecepatan pengangkutan harus sedemikian rupa dan cukup cepat sehingga beton tidak kering atau kehilangan workabilitas atau plastisitas selama waktu yang digunakan antara mencampur dan mencetak (mengecor).

  c. Sistem pengangkutan beton tidak boleh sampai menimbulkan segregasi pada adukan beton ataupun kehilangan semen dan air.

  d. Pengangkutan harus diorganisir sedemikian rupa sehingga selama pengecoran pada bagian tertentu, tak terjadi keterlambatan pada bidang cor dan sambungan dingin (cold joint).

e. Semua peralatan yang digunakan untuk pengangkutan harus dibersihkan dan dicuci bila pekerjaan terhenti lebih lama dari 30 menit.

- Pengecoran beton

a. Pengecoran beton harus berlangsung terus – menerus tanpa berhenti sampai mencapai siar – siar pelaksanaan yang sudah direncanakan dan disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

b. Pemadatan beton untuk struktur yang cukup tebal harus dilaksanakan lapis per lapis dengan tebal tiap lapisan maksimum 40 cm atau sesuai dengan persetujuan Direksi Pekerjaan.

c. Metode Penuangan dan Pemadatan beton harus dilaksanakan sedemikian rupa sehingga tidak akan terjadi segregasi pada beton.

d. Tinggi jatuh vertikal pada pengecoran tidak boleh lebih dari 150 cm. Untuk dinding – dinding, kolom – kolom atau bagian – bagian yang tinggi, beton tidak boleh di cor dari atas, tetapi pengecoran harus dilakukan memulai sisi bekesting.

e. Saluran curam tidak boleh digunakan untuk pengecoran beton, kecuali dengan persetujuan Direksi Pekerjaan. Bila diizinkan, saluran curam harus dibuat dari metal yang dapat mengalirkan adukan beton tanpa terjadinya pemisahan bahan dan harus dicor dengan sudut tidak lebih datar dari perbandingan 1 (satu) tegak , 2 (dua) mendatar.

f. Beton harus dipadatkan dengan vibrator mekanis yang dikerjakan oleh orang – orang yang berpengalaman dan terampil. Pekerjaan beton yang telah selesai harus merupakan suatu massa yang bebas dari lubang – lubang, segregasi dan keropos.

g. Vibrator yang dipakai haruslah vibrator yang mempunyai frekwensi tidak kurang dari 6000 siklus per menit dan mempunyai lengan sepanjang 6 meter atau lebih.

h. Selama pemadatan beton, Rekanan harus menjaga agar tidak terjadi "over vibration" yang akan mengakibatkan segregasi. Selain itu Rekanan juga harus menjaga agar tulangan – tulangan (terutama tulangan yang telah masuk pada beton) tidak mengalami getaran langsung dari vibrator.

i. Rekanan harus menyediakan vibrator – vibrator dengan kondisi yang baik dan jumlah yang cukup.

j. Selama hujan pengecoran tidak boleh dilakukan dan beton yang baru di cor harus dilindungi dari air hujan. Selain itu penghentian beton yang baru dicor harus dilindungi terhadap pengikisan aliran air hujan (terutama pada balok , kolom dan dinding).

k. Sebelum pengecoran berikutnya dikerjakan, seluruh beton yang kena hujan / aliran air hujan harus diperiksa, diperbaiki dan dibersihkan dulu terhadap beton – beton yang tercampur / terkikis air hujan Pengecoran selanjutnya harus mendapatkan izin Direksi Pekerjaan terlebih dahulu.

l. Siar – siar pelaksanaan harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga tidak banyak mengurangi kekuatan konstruksi

m. Bila tidak ada ketentuan lain, pada pelat dan balok, siar – siar pelaksanaan harus ditempatkan kira – kira pada 1 / 3 bentang. Untuk balok yang ditengah – tengah bentangnya terdapat titik pertemuan dengan balok lainnya maka siar pelaksanaan harus ditempatkan sejauh 2 kali lebar balok dari pertemuan / persilangan

n. Siar harus mulai dibuat pada lokasi dan dimensi yang tetap seperti pada gambar rencana dan penulangan tidak boleh ada yang menerus

- Kualitas Pekerjaan Beton

a. Direksi pekerjaan berhak menolak semua pekerjaan beton yang tidak memenuhi syarat seperti :

- Konstruksi beton keropos.
- Konstruksi beton yang tidak sesuai dengan bentuk yang direncanakan atau posisinya yang tidak sesuai dengan gambar.
- Konstruksi yang tidak tegak lurus atau rata seperti yang direncanakan.
- Konstruksi beton berisikan kayu atau benda lain.
- Konstruksi beton yang mengalami cacat – cacat lainnya.
  Rekanan harus mengganti / membongkar dan memperbaiki beton – beton yang tidak memenuhi syarat atas biaya sendiri sesuai dengan instruksi dari Direksi Pekerjaan dan Perencana.

b. Kekuatan beton harus sesuai dengan persyaratan dalam SNI.

c. Struktur beton harus mempunyai ukuran – ukuran dimensi lokasi dan bentuk yang tidak boleh melampui toleransi di bawah ini :
   - Posisi garis as dari penyelesaian bagian struktur pada semua titik maksimum bergeser $\pm 0{,}5$ cm dari posisi seharusnya.
   - Variasi ukuran – ukuran dimensi struktur yang < 3 m adalah $\pm 0{,}5$ cm.
   - Variasi ukuran – ukuran dimensi struktur yang > 3 m adalah $\pm$ 1 cm.

d. Perawatan beton
   - Selama proses pengerasan beton, konstruksi beton, cetakan dan penulangan tidak boleh terganggu atau menggalami pembebanan yang dapat merusak struktur beton muda ini. Oleh kerena itu Rekanan dilarang menggunakan struktur beton yang masih muda umurnya untuk tempat penimbunan material atau lalu lintas kerja (minimal 14 hari umurnya).

- Beton harus dilindungi dari hujan lebat, aliran air hujan dan dari kerusakan yang disebabkan oleh alat – alat. Dua jam setelah pengecoran beton, semua beton harus selalu dalam keadaan basah, paling sedikit 7 hari dengan cara dibasahi dengan air terus menerus, direndam air atau dengan sistem disiram air dari pipa yang berhubungan atau sistem lain yang dapat membuat kondisi beton basah, untuk kolom beton dapat digunakan karung basah yang dililitkan.
- Bekesting kayu tetap dibiarkan tinggal agar beton itu tetap basah selama perawatan untuk mencegah retak pada sambungan dan pengeringan beton yang terlalu cepat.
- Air yang dipergunakan untuk perawatan harus air dan sama sekali bebas dari unsur – unsur kimia yang mungkin menyebabkan perubahan warna beton.

4) PEKERJAAN TIANG PANCANG

1. LINGKUP PEKERJAAN

Lingkup pekerjaan ini meliputi pekerjan pengadaan dan pemancangan tiang pancang beton pracetak beserta semua pekerjaan pendahuluan dan ikutannya sedemikian sehingga tiang-tiang terpancang sesuai dengan gambar dan spesifikasi.

Lingkup pekerjaan juga mencangkup pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

a. Mobilisasi dan demobilisasi alat-alat pancang *hydraulic piling hammers* termasuk penyiapan lahan sehingga alat pancang bisa beroperasi dengan baik dan pembersihan lahan dari tiang-tiang yang patah dan sebagainya. *Jumlah alat pancang* minimum yang secara serempak disiapkan harus dihitung berdasarkan jumlah Tiang pancang, kapasitas pemancangan dan time schedule yang sudah ditentukan.
b. Pengukuran / stake out titik-titik pancang.

c. Pembuatan direksi keet beserta isinya sesuai gambar terlampir.
d. Pengadaan *hydraulic piling hammers* dan pemancangan tiang.
e. Pemancangan dengan Dolly/Follower panjang max.3m apabila diperlukan.
f. Pemancangan ulang (Redriving) apabila diperlukan.

2. PERSYARATAN BETON

a. Beton Prestressed

Tiang Pancang beton pratekan harus dibuat di pabrik (prefabricated) dengan sistem Pretension oleh pabrik Tiang Pancang yang berpengalaman yang disetujui oleh Direksi/Pengawas.

Khusus untuk Tiang Pancang beton prestressed maka digunakan mutu beton f'c=50 MPa (K-600) atau sesuai ketentuan pada gambar.

Syarat-syarat bahan beton, besi beton termasuk pengetesan mutunya harus sesuai dengan spesifikasinya "PEKERJAAN BETON BERTULANG", kecuali jika ditentukan lain dalam pasal ini.

b. Penyimpanan dan pengangkutan tiang beton

Semua tiang pancang tidak boleh mengalami keretakan baik pada saat sebelum dipancang maupun sesudah dipancang ataupun mengalami kerusakan struktur.

Dan bila hal ini terjadi, maka tiang tersebut tidak boleh dipakai dan Rekanan diharuskan menggantikan tiang tersebut dengan tiang yang baik.

Semua tiang pancang harus diturunkan dari alat pengangkut dengan hati-hati.

Semua tiang pancang beton pracetak harus disimpan diatas bantalan dan tidak menempel pada tanah, juga saling dipisahkan satu

sama lainnya dengan balok balok kayu berukuran dan berkekuatan cukup.

Bila diangkat, dipindahkan, diderek atau dimiringkan maka tiang pancang beton pracetak tidak boleh mengalami tegangan pada beton atau penulangannya yang lebih besar dari setengah kekuatan kubus beton pada tiang pancang itu ataupun setengah dari kekuatan terhitung penulangannya.

Cara dan peralatan untuk mengangkatnya harus sesuai dengan petunjuk Direksi/Pengawas.

Sebelum dilakukan pemancangan tiang beton pracetak, harus diteliti hal-hal sebagai berikut :

- Kedataran dan stabilitas mesin pancang *hydraulic piling hammers*
- Kekuatan dan keamanan tiang pancang beton pracetak
- Ukuran Tiang pancang
- Panjang yang tepat dari tiang pancang
- Keutuhan bentuk
- Keadaan dari topi paking (helmet packing)
- Alat pemancang harus segaris dengan sumbu tiang pancang .

3. PERSYARATAN ALAT PANCANG

Rekanan harus menyediakan alat pancang lengkap dengan Dolly/follower panjang 3 meter dengan jumlah yang cukup secara serempak sedemikian sehingga Time Schedule yang ditentukan bisa tercapai.

Semua peralatan yang berhubungan dengan pekerjaan pemasangan tiang, seperti *hydraulic piling hammers*, harus dalam kondisi baik dan memadai untuk pekerjaan pemancangan.

Alat pancang harus menghasilkan pukulan terhadap tiang pancang secara lurus dan vertikal, tidak berbelok-belok/melengkung sehingga tidak merusak tiang pancang serta menghasilkan energi Pemancangan yang tinggi.

Bila ada persyaratan yang khusus dalam pengadaan peralatan pemancangan maka harus dijelaskan pada waktu memasukkan penawaran. Persyaratan-persyaratan harus dibuat secara khusus/spesifik dan tidak secara umum, karena pihak Rekanan dianggap sudah tahu mengenai pelaksanaan pengadaan dan pemindahan peralatan pemancangannya. Pemilihan Helmet untuk pekerjaan pemancangan harus sesuai dengan ukuran tiang pancang.

Bantalan pemancangan dengan ketebalan minimum 5 cm harus secara teratur diganti dengan yang baru.

Rekanan harus menyediakan peralatan-peralatan khusus yang dibutuhkan dalam pemancangan tiang sesuai dengan spesifikasi.

Semua pemeriksaan dan pengujian yang disyaratkan oleh peraturan harus benar-benar dituruti.

Kerusakan kecil pada peralatan harus diperbaiki didalam lokasi/site bilamana mungkin.

Bila terpaksa dilakukan pemindahan paralatan guna perbaikan kerusakan, maka Rekanan harus dapat membawa peralatan penggantinya kelokasi/site sebelum yang rusak dibawa pergi dan mendapat persetujuan tertulis dari Direksi/Pengawas.

Untuk memberikan jaminan kelancaran produksi tiang pancang dan pelaksanaan pemancangan, maka Rekanan harus menunjukkan surat dukungan dari perusahaan atau produsen pembuat tiang pancang tentang kesanggupan produksi dalam jumlah yang cukup selama masa pelaksanaan pekerjaan pemancangan. Demikian pula apabila pekerjaan di laksanakan oleh pihak ketiga (Sub Rekanan) maka Rekanan harus menunjukkan surat dukungan dari Sub Rekanan tersebut tentang ketersediaan alat-alat

pemancangan dalam kondisi yang cukup dan siap operasional guna memenuhi target waktu pelaksanaan pemancangan tersebut.

4. KEADAAN TANAH/SOIL DATA

Informasi dan data yang diperoleh dari Penyelidikan Tanah dan informasi tentang tipe strata tanah yang akan dijumpai dilahan dapat diminta dari pihak Direksi/Pengawas.

Apabila Rekanan ingin mendapatkan tambahan data mengenai keadaan tanah tersebut, maka Rekanan boleh mengadakan penyelidikan tanah tambahan atas biaya sendiri.

5. IZIN PELAKSANAAN PEMANCANGAN & KEBISINGAN

Rekanan harus memastikan bahwa bangunan-bangunan sekeliling, pekerjaan-pekerjaan yang sedang berjalan dan tetangga yang langsung berdekatan tidak mengalami gangguan kebisingan dan getaran yang mungkin dapat ditimbulkan oleh pemancangan.

Rekanan harus menanyakan pada Direksi/Pengawas dan atau Pemerintah setempat untuk mengetahui apakah metoda kerja yang diusulkannya dapat diterima.

Rekanan juga harus meminta penjelasan dari Pemerintah setempat dan lingkungan sekitar, tentang :

a. Jam-jam kerja yang diizinkan.
b. Tingkat kebisingan maximum yang boleh ditimbulkan dari site.
c. Batasan waktu memenuhi persyaratan-persyaratan tertentu.

6. PERSYARATAN PEMANCANGAN

a. Stake Out/penentuan titik-titik pancang

Rekanan bertanggung jawab terhadap pemasangan patok untuk menetapkan kedudukan Tiang Pancang yang perlu disetujui pihak Direksi/Pengawas secara tertulis sebelum dimulainya pemancangan.

Kedudukan/posisi dari tiap-tiap Tiang Pancang harus ditandai dengan patok bergaris tengah 80 mm dengan panjang 450 mm yang ditancapkan pada tanah.

Pada bagian atas patok sepanjang 150 mm harus dicat dengan warna yang mudah terlihat (meyolok).

Stake Out harus dilakukan oleh surveyor-surveyor yang berpengalaman dengan menggunakan alat ukur/theodolith bukan dengan cara manual.

Surveyor-surveyor tersebut berikut alat ukurnya harus selalu berada dilapangan sepanjang pelaksanaan pemancangan khususnya untuk mendata tiang-tiang yang sudah terpancang dari segi deviasi letak.

Untuk mengukur deviasi kemiringan maka Rekanan harus menyediakan dan menggunakan alat khusus yaitu “angle meter”.

Pada waktu pemancangan, setiap bagian tiang yang dipancang harus benar-benar dalam keadaan vertikal, dan pada akhir pemancangan setiap bagian, posisi kepala tiang harus diperiksa terhadap posisi rencana.

b. Umur & Mutu Tiang pancang

Tiang pancang hanya boleh dipancang setelah mencapai mutu yang disyaratkan.

Apabila mendapat persetujuan tertulis dari Direksi/Pengawas, maka dapat digunakan additive yang mempercepat pencapaian mutu beton.

Rekanan harus mengajukan secara tertulis additive yang akan digunakan kepada Direksi/Pengawas.

Additive yang digunakan tidak boleh mempunyai efek buruk terhadap tulangan, kabel, restressed dan beton baik jangka pendek maupun jangka panjang.

Walaupun digunakan mutu beton tercapai dalam waktu yang lebih singkat karena digunakan additive, hanya tiang pancang yang sudah berumur min. 14 (empat belas) hari yang boleh dipancang.

c. Urutan Pemancangan

Rekanan harus memasukkan usulan secara detail urutan pemancangan untuk memperoleh persetujuan tertulis dari pihak Direksi/Pengawas sebelum dilakukan pemancangan.

Urutan tersebut harus disusun sedemikian rupa untuk menghindari terangkatnya kembali (up lifting) tiang pancang .

Bila ada tiang pancang yang mengalami hal tersebut harus segera dilaporkan pada Direksi/Pengawas.

Selanjutnya, Rekanan harus bertanggung jawab untuk melaksanakan semua usaha untuk memancang kembali (redriving) tiang pancang yang terangkat tersebut.

d. Pemberian tanda pada tiang pancang

Semua tiang pancang beton pra cetak harus mempunyai tanda-tanda sbb:

1. Ukuran tiang
2. Tanggal pengecoran

3. Nomor urut/referensi
4. Tanda panjang tiang dengan interval tiap 50, 25, dan 10 cm masing-masing pada segment I, II, dan III.

e. Syarat sambungan tiang pancang

1. Apabila ditentukan dalam gambar, maka penyambungan tiap bagian tiang harus dilakukan secermat mungkin sehingga sumbu dari bagian-bagian tiang yang bersangkutan merupakan satu garis lurus (bukan garis patah) dan bidang-bidang sambungan harus kontak satu sama lain.

2. khusus untuk keperluan Supervisi yang berhubungan dengan alignment dan hal-hal tersebut diatas, harus ditugaskan seorang sarjana Teknik Sipil yang berpengalaman.

7. PILE INDICATOR

a. Untuk menentukan panjang yang mendekati keadaan sebenarnya dari tiang pancang yang akan diproduksi maka Rekanan wajib melaksanakan pembuatan dan pemancangan Pile Indicator terlebih dahulu.

Ketentuan Pile Indicator adalah sebagai berikut :
Panjang : Panjang Tiang Pancang dalam gambar + 2 meter.
Jumlah : 5 % dari jumlah masing-masing tiang
Pada dasarnya, Rekanan tidak diperkenankan memesan Tiang Pancang selain guna keperluan pile indicator tersebut, kecuali Rekanan menanggung resiko semua hal-hal yang tersebut pada butir dibawah.

b. Titik lokasi Pile Indicator akan ditentukan kemudian oleh Perencana Struktur

c. Berdasarkan hasil pemancangan Pile Indicator tersebut maka, Perencana Struktur akan menentukan panjang tiang yang sebenarnya untuk digunakan dalam pelaksanaan.

d. Panjang tiang yang sebenarnya tersebut akan dijadikan sebagai dasar perhitungan pekerjaan tambah/kurang terhadap penawaran Rekanan, yang dihitung berdasarkan harga satuan / m' dalam penawaran tersebut.

e. Dengan memperhatikan prestasi pekerjaan yang sudah dilaksanakan oleh Rekanan, Perencana Struktur berwenang untuk mengadakan revisi terhadap panjang tiang yang ternyata, walaupun sudah mengikuti panjang Pile Indicator, tiang-tiang yang terpancang ternyata masih lebih panjang/lebih pendek dari direncanakan.
   Keadaan tersebut diatas akan merupakan pekerjaan Tambah/kurang dengan berpatokan kepada harga satuan dalam penawaran Rekanan.

f. Rekanan akan bertanggung jawab terhadap semua resiko dan biaya yang timbul apabila tidak melakukan pemancangan Pile Indicator antara lain :
   - Apabila ternyata tiang yang terpancang lebih pendek dari tiang yang dalam gambar, maka akan terdapat pekerjaan kurang.
   - Apabila ternyata tiang yang dipancang kurang panjang: maka Rekanan harus menggantikan tiang-tiang tersebut dengan baru dengan panjang sedemikian sehingga mencapai kalendering yang diisyaratkan dan tidak merupakan pekerjaan tambah.
   - Time schedule semula tetap berlaku dan tidak ada perpanjangan Time shedule.

8. PEMERIKSAAN DAN PENCATATAN PEMANCANGAN

Berdasarkan hasil soil investigation, maka tiang pancang yang digunakan pada dasarnya merupakan ***end bearing pile*** .

Semua tiang tanpa kecuali, harus disertai dengan pencatatan pemancangan dari awal sampai akhir berupa Piling Records.

Semua tiang tanpa kecuali, harus disertai dengan pencatatan nilai final set kalendering pada hydraulic piling hammers yang menunjukkan kapasitas dukung tiang tunggal

Copy hasil pembacaan final set kalendering pada hydraulic piling hammers harus disampaikan oleh Rekanan pada Direksi/Pengawas untuk langsung dievaluasi secara bertahap *tiap sore hari* untuk pemancangan yang dilakukan pada hari tersebut sepanjang kemajuan proyek.

Secara umum disyaratkan bahwa Rekanan harus memperoleh persetujuan tertulis dari Direksi/Pengawas sebelum memulai hal-hal sbb :

- Pengecoran tiang pancang beton pracetak.
- Pengangkatan tiang pancang beton pracetak.
- Pemancangan tiang pancang beton pracetak.
- Penghentian pemancangan tiang Pancang beton pracetak.
- Pengujian mutu beton tiang pancang beton pracetak.
- Dan lain-lain.

9. PEMANCANGAN ULANG (REDRIVING)

Setiap saat dan setelah semua pemancangan selesai dilaksanakan, semua posisi kepala tiang harus diperiksa apakah terjadi pengangkatan tiang. Dan bila terjadi pengangkatan tiang lebih besar atau sama dengan 3 (tiga) mm, maka tiang-tiang tersebut harus dipancang ulang (redriving).

Semua biaya pemancangan ulang tersebut merupakan tanggung jawab Rekanan.

10. PENGHENTIAN PEMANCANGAN

Pada prinsipnya, semua pemancangan harus dilakukan sampai kedalaman sesuai gambar rencana.

Apabila ternyata kedalaman yang ditentukan tidak dapat dicapai, maka Perencana Struktur bersama-sama dengan Soil Engineer dari

perusahaan Soil Investigation akan mengevaluasi kejadian tersebut untuk melihat apakah hal tersebut disebabkan oleh alat pancang yang kurang baik atau akibat kondisi tanah (misal adanya “lapisan lensa”) atau akibat-akibat lainnya.

Pada keadaan tersebut diatas, Rekanan tidak boleh meneruskan pekerjaan pemancangan maupun produksi tiang pancang sebelum mendapat petunjuk/perintah lebih lanjut dari Perencana Struktur dan Rekanan akan menanggung semua resiko-resiko yang mungkin timbul apabila melalaikannya.

Rekanan tidak dibebani biaya yang timbul karena pemancangan tiang baru akibat adanya pondasi bangunan eksisting yang menyebabkan kedalaman tiang yang ditentukan tidak dapat dicapai.

Rekanan hanya boleh meneruskan pekerjaannya setelah mendapat petunjuk dari Direksi/Pengawas.

Pemancangan setiap tiang pancang yang terdiri dari beberapa segment harus diselesaikan secara tuntas dan kontinu mencakup seluruh segment tiang tersebut dan sama sekali tidak boleh ditinggalkan untuk dikerjakan/disambung lagi pada esok harinya.

Rekanan harus mengatur sedemikian rupa sehingga tidak terjadi tiang pancang yang belum selesai/tuntas dan tidak dilanjutkan pada esok harinya.

Apabila keadaan tersebut terjadi, maka tiang tersebut dianggap gagal dan harus diganti dengan tiang baru atas biaya Rekanan dan tanpa merubah/mempengaruhi Time Schedule yang sudah ditetapkan.

11. TOLERANSI POSISI DAN KEMIRINGAN

Toleransi posisi horizontal tiap kepala tiang pada elevasi permukaan tanah sebesar 50 mm kesegala arah poros ke poros. Toleransi kemiringan adalah 1 : 200. Rekanan harus menanggung biaya semua pekerjaan tambah

yang menurut Perencana Struktur perlu dilakukan karena adanya tiang yang dipancang pada posisi diluar toleransi tersebut diatas, misalnya penambahan tulangan, pembesaran Tie Beam/ Pile Cap atau penambahan Tiang pancang .

12. PILING RECORD

Catatan lengkap tentang pemancangan harus diambil pada tiang pemancangan. Sesudah selesainya satu hari pemancangan maka lembaran catatan asli tersebut harus diserahkan pada Direksi/Pengawas bersama duplikatnya untuk disetujui secara tertulis dan disajikan dalam bentuk tabulasi.

Catatan tersebut harus memuat hal-hal sebagai berikut :

1. Lembaran Ringkasan
   - Tanggal
   - Jumlah tiang yang dipancangkan
   - Nomor Referensi dari tiang-tiang yang dipancangkan
   - Panjang total dari tiap tiang yang dipancangkan
   - Jenis alat *hydraulic piling hammers*.
   - Nomor referensi Tiang pancang
   - Tanggal pengecoran dan tanggal pemancangan
   - Ketinggian muka tanah dan ketinggian kerjanya (bila ternyata berbeda)
   - Panjang tiang pancang dari ketinggian kerja
   - Perincian tentang adanya hambatan/obstruksi dan waktu yang dibutuhkan untuk menembusnya.
   - Perincian penundaan waktu dan alasannya
   - Susunan perletakan (set) tiang pancang : pada saat awal dan juga sesudah pemukulan sesudah pemukulan kembali karena adanya pengangkatannya.
   - Progress atau urutan pemancangan dalam bentuk gambar denah pemacangan tiang.

- Pembacaan final set kalendering untuk semua tiang yang terpancang dinformasikan secara sistematis dengan hitungan nilai kasar kapasitas dukung tiang tunggal berdasarkan rumus *Hiley's Formula*.
- Catatan-catatan lain yang diperlukan

2. Gambar Autocad tentang deviasi tiang-tiang baik terhadap titik rencana maupun kemiringan pada tiap titik kolom.

   Gambar deviasi tiang-tiang pada tiap titik kolom ini harus dibuat guna keperluan evaluasi Perencana Struktur terhadap deviasi yang akan terjadi dilapangan.

   Dalam gambar tersebut selain tercantum deviasi masing-masing tiang maka harus dicantumkan juga deviasi resultante dari group tiang pada titik kolom tersebut.

13. PERKIRAAN KAPASITAS DUKUNG TIANG

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat Pile Driving Analyzer (PDA) dengan jumlah tiang pancang yang akan diuji dengan PDA adalah 3 titik yang ditentukan oleh perencana berdasarkan data-data final set kalendering tiang terpancang. Tiang pancang yang diuji sudah dalam keadaan terpancang dan pengujian dilakukan dengan re-drive atau re-strike menggunakan *hydraulic piling hammers*.

Hasil utama dari pengetesan adalah untuk memperoleh informasi Keutuhan Tiang dan Daya Dukung Ultimate Aksial tiang pada saat pengujian. Analisa dinamis terhadap rekaman data lapangan dilakukan dengan program CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*). Pengujian dan interpretasi hasil uji PDA hanya boleh dilakukan oleh tenaga ahli tersertifikasi (SKA) oleh HATTI.

Semua biaya yang terkait dengan pengujian PDA dibebankan kepada Rekanan.

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)
PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG PASAR BULU KOTA SEMARANG
JLN. MGR SUGIYOPRANOTO, BARUSARI - SEMARANG
TAHUN 2018

PEKERJAAN STRUKTUR DAN ATAP :

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Harga Satuan Rp.	Jumlah Harga Rp.	Jumlah Rp.
a.	**PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI SEMI BASEMENT :**				
1	Pekerjaan galian tanah pondasi (bang.utama + bang.parkir)	11,756.68 m^3	Rp 72,200.00	Rp 931,129,065.00	*Rp 11,128,097,867.23*
2	Dewatering	1.00 ls	Rp 15,000,000.00	Rp 15,000,000.00	
3	Urugan pasir bwh poor,beton penahan talud t = 10 cm	69.89 m^3	Rp 260,975.00	Rp 18,240,116.90	
4	Lantai kerja 1:3:5 bwh poor,beton penahan talud t = 5 cm	34.95 m^3	Rp 888,549.44	Rp 31,051,337.74	
5	Beton pile cap	568.84 m^3	Rp 2,533,234.00	Rp 1,440,994,948.95	
6	Beton pancang ø 25	32,904.00 m	Rp 79,640.00	Rp 2,620,474,560.00	
7	Beton kolom struktur	140.35 m^3	Rp 5,395,730.41	Rp 757,288,605.18	
8	Beton balok lt. semi basement	443.35 m^3	Rp 6,225,228.81	Rp 2,759,955,194.92	
9	Beton plat lt. semi basement	379.81 m^3	Rp 6,469,497.40	Rp 2,457,185,811.96	
10	Tangga beton	14.30 m^3	Rp 6,765,426.04	Rp 96,778,235.58	
b.	**PEKERJAAN BETON BERTULANG LANTAI 1 :**				
1	Beton kolom struktur	155.87 m^3	Rp 5,287,777.54	Rp 824,220,691.43	*Rp 6,213,805,649.01*
2	Beton balok lt. 1	508.52 m^3	Rp 5,663,414.26	Rp 2,879,953,754.99	
3	Beton plat lt. 1	361.04 m^3	Rp 6,951,104.22	Rp 2,509,631,202.58	
4	Tangga beton	19.0731 m^3	Rp 6,765,426.04	Rp 129,037,647.44	
c.	**PEKERJAAN BETON BERTULANG LANTAI 2 :**				
1	Beton kolom struktur	153.87 m^3	Rp 5,279,706.46	Rp 812,403,216.29	*Rp 5,944,386,167.50*
2	Beton balok lt. 2	373.50 m^3	Rp 6,755,572.69	Rp 2,523,199,645.52	
3	Beton plat lantai lt. 2	348.45 m^3	Rp 6,951,104.22	Rp 2,422,144,820.93	
4	Tangga beton	27.59 m^3	Rp 6,765,426.04	Rp 186,638,484.76	
d.	**PEKERJAAN BETON BERTULANG LANTAI 3 :**				
1	Beton kolom struktur	153.87 m^3	Rp 5,279,706.46	Rp 812,403,216.29	*Rp 5,974,271,711.83*
2	Beton balok lt. 3	373.50 m^3	Rp 6,755,572.69	Rp 2,523,199,645.52	
3	Beton plat lantai lt. 3	343.209 m^3	Rp 7,857,820.32	Rp 2,509,631,202.58	
4	Tangga beton	19.0731 m^3	Rp 6,765,426.04	Rp 129,037,647.44	
e.	**PEKERJAAN BETON BERTULANG LANTAI DAK :**				
1	Beton kolom struktur	4.97 m^3	Rp 6,237,047.23	Rp 31,015,588.48	*Rp 1,733,245,509.83*
2	Beton balok induk lt. dak	163.67 m^3	Rp 6,650,254.13	Rp 1,088,477,019.85	
3	Beton plat lantai lt. dak	88.33 m^3	Rp 6,602,123.91	Rp 613,752,901.49	

f.	**PEKERJAAN BETON BERTULANG LANTAI ATAP :**				
1	Beton balok lt. atap	25.32 m^3	Rp 6,260,144.65	Rp 158,491,212.27	Rp 265,775,725.74
2	Beton plat lt. atap	16.25 m^3	Rp 6,602,123.91	Rp 107,284,513.48	
g.	**PEKERJAAN ATAP**				
1	Kuda-kuda Baja Profil JL50.50.5	15181.20 kg	Rp 29,485.50	Rp 447,625,190.63	*Rp 2,698,850,939.37*
2	Perakitan Kuda-kuda	151.81 kg	Rp 97,196.00	Rp 14,755,516.45	
3	Gording C.150.65.20.3.2	5226.96 kg	Rp 29,485.50	Rp 154,119,529.08	
4	Trackstang Ø12	734.28 kg	Rp 19,651.50	Rp 14,429,798.46	
5	Atap Genteng Aspal	5156.04 m^2	Rp 358,611.00	Rp 1,849,014,381.77	
6	Stiffener	12.24 kg	Rp 26,356.00	Rp 322,597.44	
7	Angkur M19	1518.12 kg	Rp 24,189.00	Rp 36,721,797.96	
8	Nok atap genteng Aspal	272 m	Rp 122,516.35	Rp 33,324,447.20	
9	Beton Kolom Atap	16.74 m^3	Rp6,632,501.03	Rp 111,028,067.17	
10	Beton Balok Atap	12.62 m^3	Rp6,025,640.68	Rp 37,509,613.20	
h	**PEKERJAAN RAM**				
1	Beton kolom	33.28 m^3	Rp 6,293,297.89	Rp 209,440,953.76	Rp 977,516,109.56
2	Beton balok	55.33 m^3	Rp 7,006,612.08	Rp 387,647,819.86	
3	Beton plat	61.79 m^3	Rp 6,157,097.24	Rp 380,427,335.94	
				PEKERJAAN STRUKTUR DAN ATAP :	***Rp 34,935,949,680.00***

Jadi, total harga rencana anggaran biaya (RAB) pada pekerjaan struktur dan atap Pasar Bulu Kota Semarang pada tahun 2018 sebesar Rp 34,935,949,680.00.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Setelah dilaksanakan proses evaluasi desain struktur Pasar bulu Kota Semarang terhadap beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012, SNI 1727:2013 dan SNI 2847:2013, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbedaan Respons Spektrum antara SNI Gempa 2002 dengan SNI Gempa 2012 adalah percepatan respons spektrum gempa dengan SNI gempa 2002 (Sa = 0,5 g) lebih rendah dari percepatan respons spektrum gempa dengan menggunakan SNI Gempa 2012 (Sa = 0,602 g).

2. Perbedaan SNI Pembebanan 1989 dibandingkan dengan SNI Pembebanan 2013 yaitu pada beban pada ruang pasar / toko SNI Pembebanan 1989 sebesar 400 (kg/m^2), sedangkan pada SNI Pembebanan 2013 beban yang terjadi pada ruang pasar / toko yaitu sebesar 600 (kg/m^2).

3. Perbedaan SNI Persyaratan Beton Struktural 2002 dengan SNI Pembebanan 2013 pada faktor reduksi ϕ. Aksial Tarik, aksial tarik dengan lentur SNI 2002 = 0,8 ; SNI 2013 = 0,9. Aksial Tekan, atau aksial tekan dengan lentur SNI 2002 = 0,7 (spiral); SNI 2013 = 0,75 (spiral).

4. Besar beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan, maka gaya geser gempa (V) pada SNI 2002 dengan SNI 2012 jelas berbeda, pada SNI 2002 gaya geser gempa (V) sebesar 15517,58 kN, sedangkan pada SNI 2012 sebesar 18105.66 kN, mengingat beban pada ruang pasar / toko telah diperbesar.

   Kenaikan beban gaya geser gempa (V) dengan menggunakan SNI 2002 dibanding SNI 2012 adalah sebesar 16.67%.

6.2.Saran

Hasil evaluasi ini bagi perencana dapat dijadikan sebagai acuan dalam perencanaan gedung tahan gempa yang akan dibangun. Respons spektra SNI 2012 dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan gedung. Respon spektra SNI 2012 tidak dapat digunakan apabila lebih kecil dari respon spektra SNI 2002. Karena dengan respon spektra yang besar diharapkan tidak terjadi lagi kegagalan dalam struktur gedung akibat gempa.

Semoga evaluasi ini dapat memberikan pengetahuan tentang standar kegempaan yang telah diperbaharui bagi masyarakat pada umumnya dan bagi mahasiswa dapat dijadikan acuan dalam pengembangan studi analisis selanjutnya pada struktur gedung.

DAFTAR PUSTAKA

American Concrete Institute Committee 318. 2002. *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACI 318R-02)*. Farmington Hills: American Concrete Institute.

American Concrete Institute, American Society of Civil Engineers Committee 352. 2002. *Recommendation for Design of Beam Column Connections in Monolitic Reinforced Concrete Structure*, ACI 352R-02. Farmingham Hills: American Concrete Institute.

American Concrete Institute Committee 318. 2008. *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-18) and Commentary*. Farmington Hills: American Concrete Institute.

American Concrete Institute Committee 318. 2011. *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary*. Farmington Hills: American Concrete Institute.

Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847. Bandung: BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*, SNI 1726:2012. Bandung: BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*, SNI 1727:2013. Bandung: BSN.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847:2013. Bandung: BSN.

Canandian Strandard Assosciation A23.3. 1994. *Design of Concrete Structues*. Canada: CSA.

Dewobroto, Wiryanto. 2013. *Komputer Rekayasa Struktur Dengan SAP2000*. Karawaci: Lumina Press.

Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

Indarto Himawan, Andiyarto Hanggoro, Adi Putra C. Kukuh. 2013. *Aplikasi SNI Gempa 1726:2012 for Dummies*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Imran, I., dan Hendrik, F. 2010. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Pusat Penelitian Mitigasi Bencana, Institut Teknologi Bandung. 2012. *Desain Spektra Indonesia di http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/* (di akses 14 Maret).

Schoodek Daniel. 1999. *Stuktur*. Jakarta: Indonesia.

Tavio, Usman Wijaya. 2018. *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design)*. Yogyakarta: ANDI.