PENGARUH DESAIN SPEKTRA SNI GEMPA 2012 TERHADAP BIAYA PELAKSANAAN KONSTRUKSI PADA STRUKTUR GEDUNG SEKOLAH

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoeh gelar Ahli Madya

Program Studi Diploma III Teknik Sipil

Oleh

Emmi Noviyanti

5111312032

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2015

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul "Pengaruh Desain Spektra SNI Gempa 2012 Terhadap Biaya Pelaksanaan Konstruksi pada Struktur Gedung Sekolah" oleh :

EMMI NOVIYANTI 5111312032

Telah dipertahankan di hadapan sidang penguji Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

Hari :

Tanggal :

Pembimbing :

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

NIP. 19750529 200501 1 001

Penguji I :

Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T.

NIP. 19720709 199803 2 003

Penguji II :

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

NIP. 19750529 200501 1 001

Ketua Jurusan :

Drs. Sucipto, M.T.

NIP. 19630101 199102 1 001

Ketua Program Studi :

Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T.

NIP. 19720709 199803 2 003

Mengetahui Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Semarang,

Drs. M. Harlanu, M.Pd

NIP. 19660215 199102 1 001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

- ”.....Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan pada diri mereka sendiri.....” ***(Q.S. 13 :11)***
- “Sesungguhnya Allah bersama orang-orang yang sabar.” ***(Al insyiro: 6)***
- “Pendidikan merupakan bekal paling baik untuk hari tua.” **(Aristoteles)**
- “Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dngan keberhasilan saat mereka menyerah.” **(Thomas Alva Edison)**

PERSEMBAHAN :

1. Allah SWT dan Rasulullah Muhammad SAW.
2. Kedua orang tua tercinta Bapak Ngarbini dan Ibu Marina yang selalu memberikan dukungan doa dan semangat.
3. Adikku tercinta Rifki Aldi Cahya yang sudah mendoakan dan memberi semangat.
4. Teman-teman Teknik Sipil D3 2012 (Nisa, Tiwi, Ade, Isya, Dani dkk) yang sudah memberikan semangat.
5. Mbak Safira dan Mbak Niar yang sudah menemani dan memberi semangat saat mengerjakan Tugas Akhir di perpustakaan.
6. Teman-teman kos cantika (mbak Cita, mbak Ayu, mbak Disca, mbak Dini, Figi, Ria, Nilam) yang sudah memberikan semangat.
7. Semua pihak yang sudah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang penulis tidak bisa sebutkan satu-persatu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dengan judul "Pengaruh Desain Spektra SNI Gempa 2012 Terhadap Biaya Pelaksanaan Konstruksi pada Struktur Gedung Sekolah."

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis memperoleh bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu secara khusus penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Drs. M. Harlanu M.Pd, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Sucipto, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T., selaku Kaprodi Teknik Sipil D3.
4. Hanggoro Tri Cahyo A. S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan tugas Akhir ini.
5. Segenap dosen di lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.
6. Bapak dan Ibu tercinta yang senantiasa memberikan dukungan dan doanya.
7. Teman-teman Teknik Sipil D3 2012, dan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan, maka segala saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi sempurnanya penulisan Tugas Akhir ini. Semoga penulisan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang berkepentingan pada umumnya.

Semarang, April 2015

Penulis,

DAFTAR ISI

JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Judul Tugas Akhir I–1
1.2 Latar Belakang I–1
1.3 Maksud dan Tujuan I–2
1.4 Pembatasan Masalah I–2
1.5 Sistematika Penyusunan Laporan I–3

BAB II DASAR PERENCANAAN

2.1. Uraian Umum II–1
2.2. Prosedur Perencanaan Struktur II–2
2.3. Material Struktur II–2
2.4. Pembebanan Struktur II–3
2.4.1. Beban Gravitasi II–3
2.4.2. Beban Gempa II–7
2.5. Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan II–27

BAB III ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR

3.1. Permodelan Struktur Gedung Sekolah III–1
3.2. Pendimensian Elemen Struktur III–4
3.2.1. Perancangan Struktur Atap III–4

3.2.2. Perancangan Dimensi Plat..... III–8
3.2.2. Perancangan Struktur Tangga III–16
3.2.3. Perancangan Dimensi Balok III–19
3.2.4. Perancangan Dimensi Kolom..... III–32
3.3. Analisis dan Desain Struktur untuk Desain Spektra Pekalongan, Cilacap dan Rembang III–36
3.3.1. Analisis dan Desain Struktur untuk Desain Spektra di Pekalongan III–36
3.3.2. Analisis dan Desain Struktur untuk Desain Spektra Cilacap III–40
3.3.3. Analisis dan Desain Struktur untuk Desain Spektra Rembang III–43

BAB IV RENCANA KERJA dan SYARAT
4.1. Pasal – pasal RKS yang Berlaku II–1

BAB V PERHITUNGAN RENCANA ANGGARAN BIAYA
5.1. Perhitungan Volume Pekerjaan V–1
5.2. Daftar Harga Satuan Bahan Bangunan V–10
5.3. Daftar Harga Satuan Upah Tenaga Kerja V–11
5.4. Daftar Analisa Pekerjaan V–11
5.5. Rencana Anggaran Biaya V–11
5.6. Rekapitulasi Akhir untuk Desain Spektra Pekalongan, Cilacap dan Rembang V–12

BAB VI PENUTUP
6.1. Kesimpulan VI–1
6.2. Saran VI–6

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Elemen dan mutu beton II–2

Tabel 2.2. Elemen dan mutu tulangan II–3

Tabel 2.3. Reduksi Kekuatan II–7

Tabel 2.4. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa II–8

Tabel 2.5. Faktor keutamaan gempa (*Ie*) II–10

Tabel 2.6. Klasifikasi situs II–11

Tabel 2.7. Koefisien situs F_a II–17

Tabel 2.8. Koefisien situs Fv II–17

Tabel 2.9. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek II–22

Tabel 2.10. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik II–23

Tabel 2.11. Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa *(Contoh untuk Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen)* II–26

Tabel 2.12. Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung II–26

Tabel 2.13. Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x II–31

Tabel 3.1. Rekapitulasi Atap III–6

Tabel 3.2. Luas Tulangan yang Dibutuhkan Balok dengan Kombinasi Pembebanan Gempa dari Hasil Analisis Program SAP v17.0.0. ..... III–23

Tabel 3.3. Penulangan Balok Sekolah di Kota Pekalongan III–26

Tabel 3.4. Penulangan Balok Sekolah di Kota Cilacap III–28

Tabel 3.5. Penulangan Balok Sekolah di Kota Rembang III–30

Tabel 3.6. Penulangan Kolom Sekolah di Kota Pekalongan III–34

Tabel 3.7. Penulangan Kolom Sekolah di Kota Cilacap III–34

Tabel 3.8. Penulangan Kolom Sekolah di Kota Rembang III–35

Tabel 3.9. Modal and Frequncies Struktur Gedung Sekolah di Pekalongan III–38
Tabel 3.10. Modal Load Participation Ratios Struktur Gedung Sekolah di Pekalongan III–39
Tabel 3.11. Group 3-Masses and Weight Struktur Gedung Sekolah di Pekalongan III–39
Tabel 3.12. Modal and Frequncies Struktur Gedung Sekolah di Cilacap ... III–40
Tabel 3.13. Modal Load Participation Ratios Struktur Gedung Sekolah di Cilacap III–42
Tabel 3.14. Group 3-Masses and Weight Struktur Gedung Sekolah di Cilacap III–42
Tabel 3.15. Modal and Frequncies Struktur Gedung Sekolah di Rembang. III–43
Tabel 3.16. Modal Load Participation Ratios Struktur Gedung Sekolah di Rembang III–44
Tabel 3.17. Group 3-Masses and Weight Struktur Gedung Sekolah di Rembang III–45
Tabel 6.1. Perbandingan Tulangan Balok VI–2
Tabel 6.2. Perbandingan Tulangan Kolom VI–5
Tabel 6.3. Perbandingan Biaya VI–6
Tabel 6.4. Perbandingan Berat Kolom VI–6

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Distribusi Beban Mati dari Struktur Gedung II–5

Gambar 2.2. Diagram Sondir di Pekalongan II–12

Gambar 2.3. Diagram Sondir di Cilacap..... II–13

Gambar 2.4. Diagram Sondir di Rembang..... II–14

Gambar 2.5. Contoh peta parameter S_S (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) untuk kota Semarang dan sekitarnya II–15

Gambar 2.6. Contoh peta parameter S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) untuk kota Semarang dan sekitarnya II–16

Gambar 2.7. Spektrum Respons Desain II–19

Gambar 2.8. Kurva Spektrum Respons Desain di Pekalongan pada Koordinat (*Lat :-7.028373346554319, Lng :109.63120579719543)* II–19

Gambar 2.9. Kurva Spektrum Respons Desain di Cilacap pada Koordinat (*Lat :-7.65796745322381, Lng :109.225913286209)* II–20

Gambar 2.10. Kurva Spektrum Respons Desain di Rembang pada Koordinat *(Lat :-7.7915825746628675, Lng :111.62290692329407)* II–21

Gambar 2.11. Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus – *Inelastic Response* II–25

Gambar 3.1. Perbandingan Spektrum Respons Desain untuk Kota Pekalongan, Cilacap dan Rembang III–3

Gambar 3.2. Model Struktur Gedung Sekolah Frame 3 Dimensi III–3

Gambar 3.3. Flowchart Perhitungan Atap III–4

Gambar 3.4. Perencanaan Struktur Atap III–5

Gambar 3.5. Rencana Pembebanan Atap III–6
Gambar 3.6. Flowchart Perhitungan Plat Lantai III–8
Gambar 3.7. M11 dan M22 pada Plat Lantai Hasil Analisis Program SAP2000 ..... III–9
Gambar 3.8. M11 dan M22 pada Plat Lantai Tebal 10 cm Hasil Analisis Program SAP2000 ..... III–10
Gambar 3.9. M11 dan M22 pada Plat Lantai Tebal 12 cm Hasil Analisis Program SAP2000 ..... III–12
Gambar 3.10. M11 dan M22 pada Plat Lantai Tebal 15 cm Hasil Analisis Program SAP2000 ..... III–14
Gambar 3.11. Rencana Tangga III–16
Gambar 3.12. M11 dan M22 pada Plat Tangga Hasil Analisis Program SAP2000 ..... III–17
Gambar 3.13. Flowchart Perhitungan Balok III–20
Gambar 3.14. Flowchart Perencanaan Geser Balok III–21
Gambar 3.15. Iterasi Mencari c (posisi garis netral) dan Menghitung P_n – M_n III–32
Gambar 3.16. Menghitung P_n – M_n Kolom kondisi balans III–33
Gambar 3.17. Respons Modal Setiap Mode untuk Struktur Gedung Sekolah III–37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Judul Tugas Akhir

"PENGARUH DESAIN SPEKTRA SNI GEMPA 2012 TERHADAP BIAYA PELAKSANAAN KONSTRUKSI PADA STRUKTUR GEDUNG SEKOLAH"

1.2. Latar Belakang

Bangunan sekolah sebagai bangunan umum, merupakan salah satu bangunan yang berpotensi mengalami kerusakan pada saat terjadinya gempa dan beresiko terhadap jatuhnya korban, mengingat banyaknya jumlah pengguna yang berada di dalam bangunan pada saat yang sama. Bangunan sekolah perlu direncanakan sebagai bangunan tahan gempa, mengingat kerusakan pada bangunan sekolah dapat menganggu dan melumpuhkan sebagian proses pelayanan pendidikan akibat sarana dan prasarana yang tidak dapat dipakai sebagaimana mestinya. Perencanaan bangunan sekolah tahan gempa di Indonesia perlu menjadi langkah kebijakan antisipatif yang bersifat umum, terlebih ditujukan pada daerah-daerah yang masuk dalam kategori zona rawan gempa.

Dengan telah diberlakukannya UU No 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung dimana setiap bangunan gedung harus memenuhi persyaratan administratif dan persyaratan teknis sesuai dengan fungsinya, maka bangunan sekolah sebagai bangunan publik yang masuk dalam kategori bangunan dengan fungsi sosial dan budaya, terikat untuk memenuhi

ketentuan perundang-undangan yang berlaku. Dalam hal ini bangunan sekolah perlu memenuhi persyaratan keselamatan.

1.3. Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

a. Membuat tipikal struktur bangunan sekolah tahan gempa berdasarkan SNI Gempa 2012 untuk bangunan sekolah yang berada di zona rawan gempa di Jawa Tengah.

b. Membandingkan desain struktur gedung sekolah pada lokasi Pekalongan, Cilacap dan Rembang berdasarkan Desain Spektra SNI Gempa 2012.

c. Memperoleh gambaran pengaruh Desain Spektra SNI Gempa 2012 pada aspek biaya pelaksanaan konstruksi per m^2.

1.4. Pembatasan Masalah

Penulisan Tugas Akhir ini mengambil sampel lokasi dari beberapa daerah di Jawa Tengah yaitu daerah Pekalongan, Cilacap, dan Rembang yang masing-masing memiliki perbedaan Desain Spektra SNI Gempa 2012 yang signifikan.

1.5. Sistematika Penyusunan Laporan

Untuk mempermudah dalam pembahasan dan uraian lebih terperinci, maka laporan disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi judul Tugas Akhir, latar belakangi penyusunan Tugas Akhir, maksud dan tujuan, pembatasan masalah dan sistematika penyusunan laporan.

BAB II : DASAR PERENCANAAN

Bab ini berisi tentang uraian umum, prosedur perencanaan struktur, material struktur, pembebanan struktur dan kombinasi pembebanan.

BAB III : ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR

Bab ini berisi tentang permodelan struktur gedung sekolah, pendimensian elemen struktur, analisis struktur, desain elemen struktur dan analisis dan desain struktur untuk desain spektra Pekalongan, Cilacap dan Rembang.

BAB IV : RENCANA ANGGARAN BIAYA

Bab ini berisi tentang perhitungan volume pekerjaan, daftar harga satuan pekerjaan, daftar harga satuan upah tenaga kerja, daftar analisa pekerjaan, Rencana Anggaran Biaya dan Rekapitulasi Akhir untuk Desain Spektra Pekalongan, Cilacap dan Rembang.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari Tugas Akhir.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi daftar literature yang diperlukan dalam penyusunan Tugas Akhir.

LAMPIRAN

Berisi lampiran-lampiran penunjang dari Tugas Akhir ini.

BAB II
DASAR PERENCANAAN

2.1. Uraian Umum

Perencanaan gedung struktur sekolah tahan gempa harus didasarkan pada "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03–2847-2013)" dan "Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 03-1726-2012)". Topik yang dipilih "Pengaruh Desain Spektra SNI Gempa 2012 Terhadap Biaya Pelaksanaan Konstruksi pada Struktur Gedung Sekolah" merupakan suatu perancangan struktur gedung yang didasarkan pada aturan perencanaan tersebut.

Tujuan utama dari struktur adalah memberikan kekuatan pada suatu bangunan. Struktur bangunan dipengaruhi oleh beban mati (dead load) berupa berat sendiri, beban hidup (live load) berupa beban akibat penggunaan ruangan dan beban khusus seperti penurunan pondasi, tekanan tanah atau air, pengaruh temperatur dan beban akibat gempa.

Tinjauan pustaka adalah sebuah telaah atau pembahasan suatu materi yang didasarkan pada buku referensi yang bertujuan memperkuat materi pembahasan maupun sebagai dasar untuk perhitungan berupa rumus – rumus, ada beberapa aspek yang perlu ditinjau yang nantinya akan mempengaruhi dalam perancangan gedung, antara lain :

1. Prosedur perencanaan struktur
2. Material struktur
3. Pembebanan struktur
4. Kombinasi pembebanan

2.2. Prosedur Perencanaan Struktur

Peraturan yang digunakan dalam mendesain bangunan gedung sekolah ini antara lain :

1. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03–2847-2013)
2. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 03-1726-2012)
3. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2013)

2.3. Material Struktur

- Beton Bertulang (Reinforced Concreate)

  Material beton merupakan material struktur yang mempunyai kemampuan tekan yang baik, tetapi kemampuan tariknya lemah. Material beton memiliki kelebihan apabila dibandingkan dengan material baja yaitu tahan terhadap panas.

  Untuk material beton bertulang, digunakan material beton dengan berat jenis adalah 2400 kg/m^3. Mutu beton (fc') adalah berdasarkan kekuatan silinder tekan umur 28 hari seperti pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1. Elemen dan mutu beton

Elemen	Mutu
Balok	f_c' = 25,4 Mpa
Kolom	f_c' = 25,4 Mpa
Plat Lantai	f_c' = 25,4 Mpa

Modulus Elastisitas : $E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 23687{,}25$ Mpa

Sedangkan untuk mutu tulangan adalah disajikan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2. Elemen dan mutu tulangan

Elemen	Mutu	Tegangan Leleh
Tulangan Ulir (D)	BJTD 40 (Deformed)	f_y = 400 Mpa
Tulangan Polos (Ø)	BJTP 24 (Undeformed)	f_y = 240 Mpa

2.4. Pembebanan Struktur

Struktur bangunan harus dapat menerima berbagai macam kondisi pembebanan yang mungkin terjadi. Kesalahan dalam analisa beban merupakan salah satu faktor utama kegagalan struktur. Oleh sebab itu sebelum melakukan analisis dan desain struktur, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur beserta karakteristiknya. Beban rencana yang bekerja pada struktur meliputi :

2.4.1. Beban Gravitasi

1. Beban Mati (Dead Load/ DL)

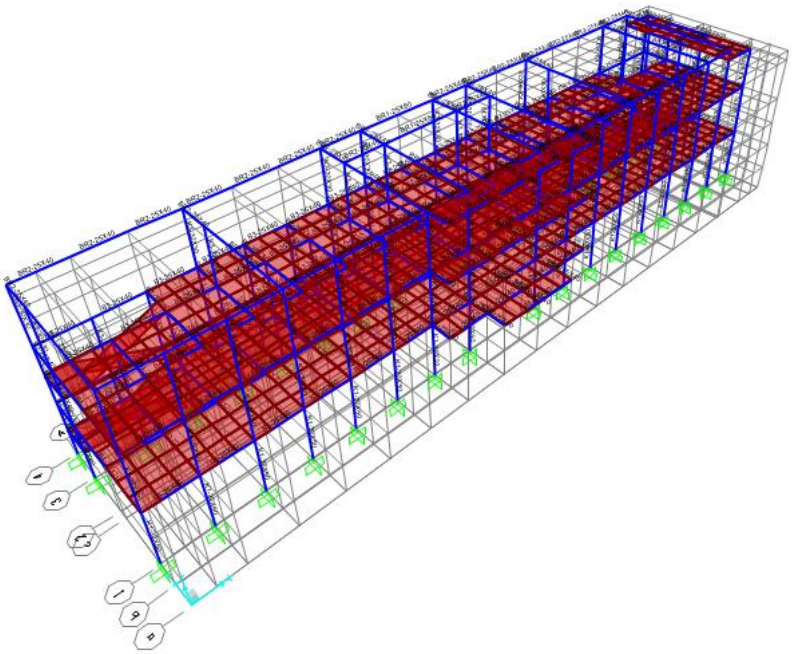
Beban mati adalah beban-beban yang bekerja vertikal ke bawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan, seperti misalnya penutup lantai, alat mekanis, dan partisi. Berat dari elemen-elemen ini pada umumnya dapat diitentukan dengan mudah dengan derajat ketelitian cukup tinggi. Untuk menghitung besarnya beban mati suatu elemen dilakukan dengan meninjau berat satuan material tersebut berdasarkan volume elemen. Beban mati ini kemudian diaplikasikan ke model struktur menjadi beban titik dan beban merata pada elemen frame seperti pada Gambar 2.1.

Bahan Bangunan :

Baja = 7850 kg/m^3

Batu alam = 2600 kg/m^3

Batu belah (berat tumpuk)	=	1500 kg/m^3
Beton Bertulang	=	2400 kg/m^3
Kayu kelas 1	=	1000 kg/m^3
Kerikil, Koral kondisi lembab	=	1650 kg/m^3
Pasangan bata merah	=	1700 kg/m^3
Pasangan batu belah	=	2200 kg/m^3
Pasir jenuh air	=	1800 kg/m^3
Pasir kerikil, koral kondisi lembab	=	1850 kg/m^3
Tanah lempung dan lanau jenuh air	=	2000 kg/m^3
Komponen Gedung :		
Adukan semen per cm tebal	=	21 kg/m^2
Aspal per cm tebal	=	14 kg/m^2
Dinding pasangan bata merah		
Satu batu	=	450 kg/m^2
Setengah batu	=	250 kg/m^2
Pernutup lantai dari ubin semen portland, teraso, beton tanpa adukan, per cm tebal	=	24 kg/m^2
Langit-langit eternit 4 mm termasuk rusuk-rusuknya tanpa penggantung langit-langit atau pengaku	=	11 kg/m^2
Genteng + reng + usuk	=	50 kg/m^2



Gambar 2.1. Distribusi Beban Mati dari Struktur Gedung

2. Beban Hidup (Life Load/LL)

Beban hidup adalah beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja secara perlahan-lahan pada struktur. Beban yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan (*occupancy loads*) adalah beban hidup. Yang termasuk ke dalam beban penggunaan adalah berat manusia, perabot, barang yang disimpan, dan sebagainya. Beban yang diakibatkan oleh salju atau air hujan, juga temasuk ke dalam beban hidup. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau, bergerak. Besarnya beban hidup terbagi merata ekuivalen yang harus diperhitungkan pada struktur bangunan gedung, pada umumnya dapat ditentukan berdasarkan standar yang berlaku. Beban hidup untuk bangunan gedung adalah :

Rumah tinggal

Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)

Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang = 0,48 kN/m^2

Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang = 0,96 kN/m^2

Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur = 1,44 kN/m^2

Semua ruang kecuali tangga dan balkon = 1,92 kN/m^2

Sekolah

Ruang kelas = 1,92 kN/m^2

Koridor di atas lantai pertama = 3,83 kN/m^2

Koridor lantai pertama = 4,79 kN/m^2

Rumah sakit

Ruang operasi, laboratorium = 2,87 kN/m^2

Ruang pasien = 1,92 kN/m^2

Perpustakaan

Ruang baca = 2,87 kN/m^2

Ruang penyimpanan = 7,18 kN/m^2

Koridor di atas lantai pertama = 3,83 kN/m^2

Berhubung peluang terjadinya beban hidup penuh yang membebani semua bagian secara serempak selama umur gedung tersebut sangat kecil, maka beban hidup tersebut dianggap tidak efektif sepenuhnya, sehingga dapat dikalikan oleh koefisien reduksi seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.3. Reduksi Kekuatan

Penggunaan Gedung	Koefisien Beban Hidup	
	Perencanaan Balok	Untuk Peninjauan Gempa
Perumahan/Penghunian	0,75	0,3
Pendidikan	0,90	0,5
Pertemuan Umum	0,90	0,5
Kantor	0,60	0,3
Perdagangan	0,80	0,8
Penyimpanan	0,80	0,8
Industri	1,00	0,9
Tempat Kendaraan	0,90	0,5
Tangga : Perumahan/Penghunian Pendidikan, kantor Pertemuan Umum, Perdagangan, Penyimpanan Industri, Tempat Kendaraan	 0,75 0,75 0,90	 0,3 0,5 0,5

2.4.2. Beban Gempa (Earthquake Load/EL)

Analisis dan perencanaan struktur bangunan tahan gempa mengacu pada Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 03-1726-2012), pada umumnya hanya memperhitungkan pengaruh dari beban gempa horisontal yang bekerja pada kedua arah sumbu utama dari struktur bangunan secara bersamaan. Sedangkan pengaruh gerakan gempa pada arah vertikal tidak diperhitungkan, karena sampai saat ini perilaku dari respon struktur terhadap pengaruh gerakan gempa yang berarah vertikal, belum banyak diketahui. Massa dari struktur bangunan merupakan faktor yang sangat penting, karena beban gempa merupakan gaya inersia yang bekerja pada pusat massa, yang menurut hukum gerak dari Newton. Selain tergantung dari massa di setiap tingkat, besarnya gaya gempa pada suatu tingkat tergantung juga pada ketinggian tingkat tersebut dari permukaan tanah. Besarnya beban

gempa horisontal V yang bekerja pada struktur bangunan, dinyatakan sebagai berikut :

$$V = C_s \cdot W = \frac{S_a \cdot I_e}{R} \cdot W$$

Dengan :

S_a = Spektrum respons percepatan desain (g)

I_e = Faktor keutamaan gempa

R = Koefisien modifikasi respons

W = Kombinasi dari beban mati dan beban hidup yang direduksi (kN)

a. Menentukan Kategori Resiko Struktur Bangunan (I-IV) dan Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 2.4. pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan *Ie* menurut Tabel 2.5.

Tabel 2.4. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan; rumah ruko dan kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/*mall* - Bangunan industri	II

- Fasilitas manufaktor - Pabrik	
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung, tidak termasuk kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktor, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III
Gedung dan non gedung yang ditunjukan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada daat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listtrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam lebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat. - Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

Tabel 2.5. Faktor keutamaan gempa (*Ie*)

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa (I_e)
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Dari Tabel 2.4. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa dan Tabel 2.5. Faktor keutamaan gempa (*Ie*) desain bangunan gedung sekolah dasar lokasi yang dipilih yaitu Rembang, Pekalongan dan Cilacap mempunyai risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa kategori **IV**, sedangkan faktor keutamaan gempa pada kategori resiko IV yaitu sebesar **1,50**.

b. Penentuan Kelas Situs (SA – SF)

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 2.6, berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas. Dalam hal ini, kelas situs dengan kondisi yang lebih buruk harus diberlakukan. Penetapan kelas situs *SA* dan kelas situs *SB* tidak diperkenankan jika terdapat lebih dari 3 m lapisan tanah antara dasar telapak atau rakit fondasi dan permukaan batuan dasar.

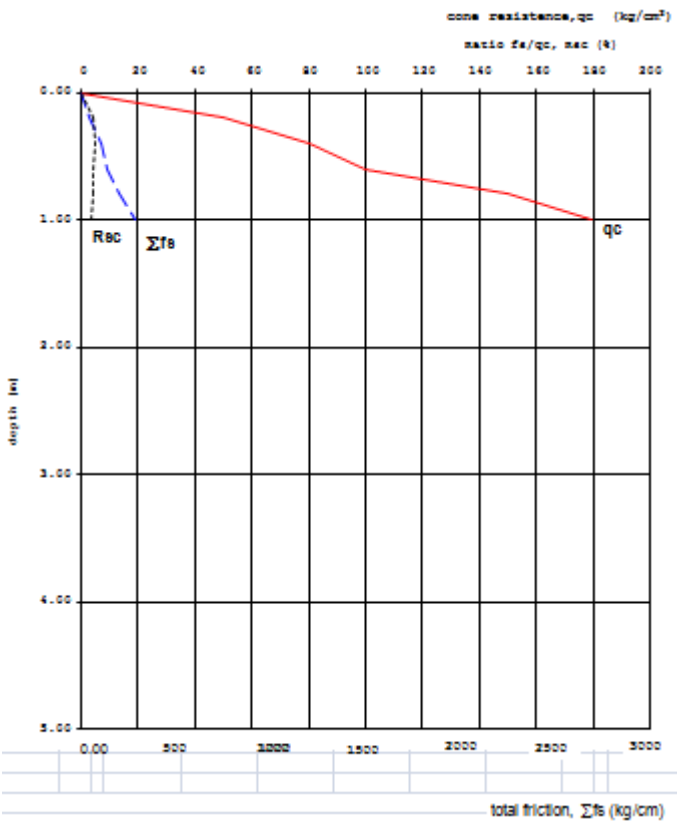
Tabel 2.6. Klasifikasi situs

Kelas situs	$\bar{V}s$ **(m/detik)**	$\bar{N}$ ***atau*** $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_u$ **(kPa)**
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, *PI* >20 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $\hat{s}_u$<25 kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti pasal 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan *H* > 3m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan *H* > 7,5m dengan Indeks Plastisitas *PI* >75) - Lapisan lempung lunak/setangah teguh dengan ketebalan *H* > 35m dengan $\hat{s}_u$<50 kPa		

CATATAN : N/A = tidak dapat dipakai

Getaran yang dihasilkan gempa cenderung membesar ada tanah lunak dibandingkan pada tanah keras atau batuan. Data tanah berdasarkan atas *shear wave velocity* (kecepatan rambat gelombang geser) *standard penetration resistance* (uji penetrasi standard SPT) dan *undrained shear strength* (kuat geser undrained).

1. Pekalongan



Gambar 2.2. Diagram Sondir di Kajen Pekalongan

Diperoleh :

qc rata-rata = 112 kg/m^2

qc = 4N

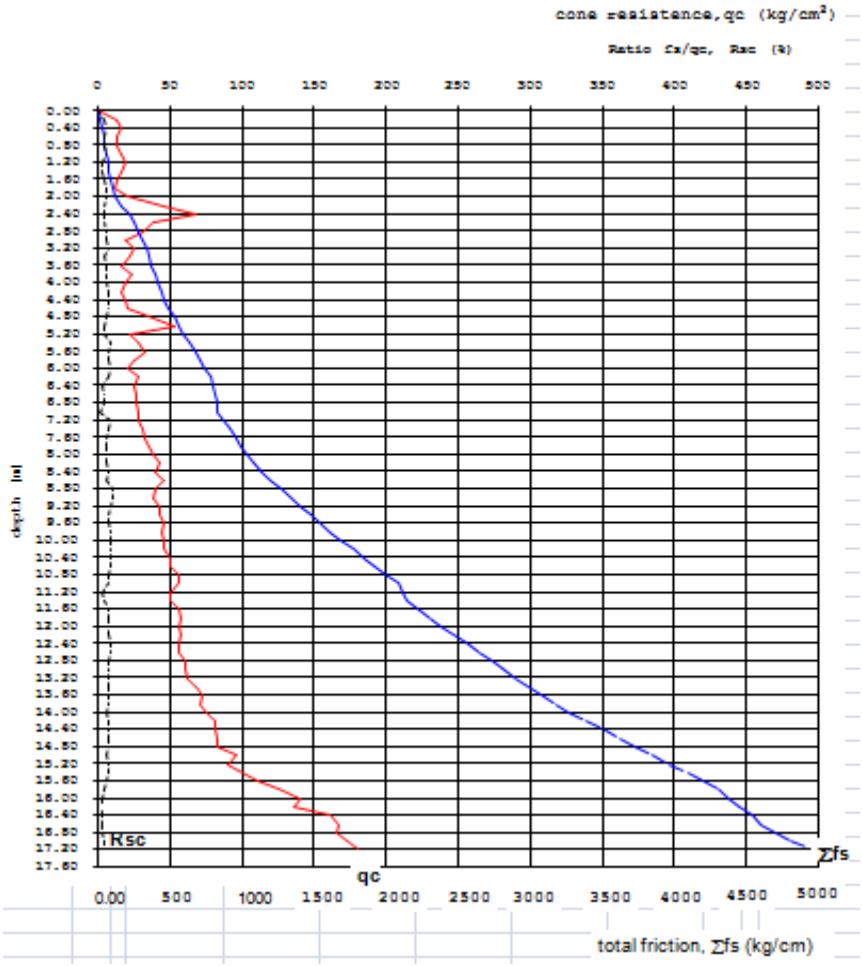
$$\bar{N} = \frac{qc}{4}$$

$$\bar{N} = \frac{112}{4}$$

$$\bar{N} = 28\ kg/m^2$$

Dari Gambar Diagram Sondir di atas, untuk kedalaman 1,00 meter dengan Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata ($\bar{N}$) = 28 ($15 \leq \bar{N} < 50$), maka tanah di bawah bangunan merupakan **tanah sedang**.

2. Cilacap



Gambar 2.3. Diagram Sondir di Kroya Cilacap

Diperoleh :

qc rata-rata = 52,919 kg/m^2

qc = 4N

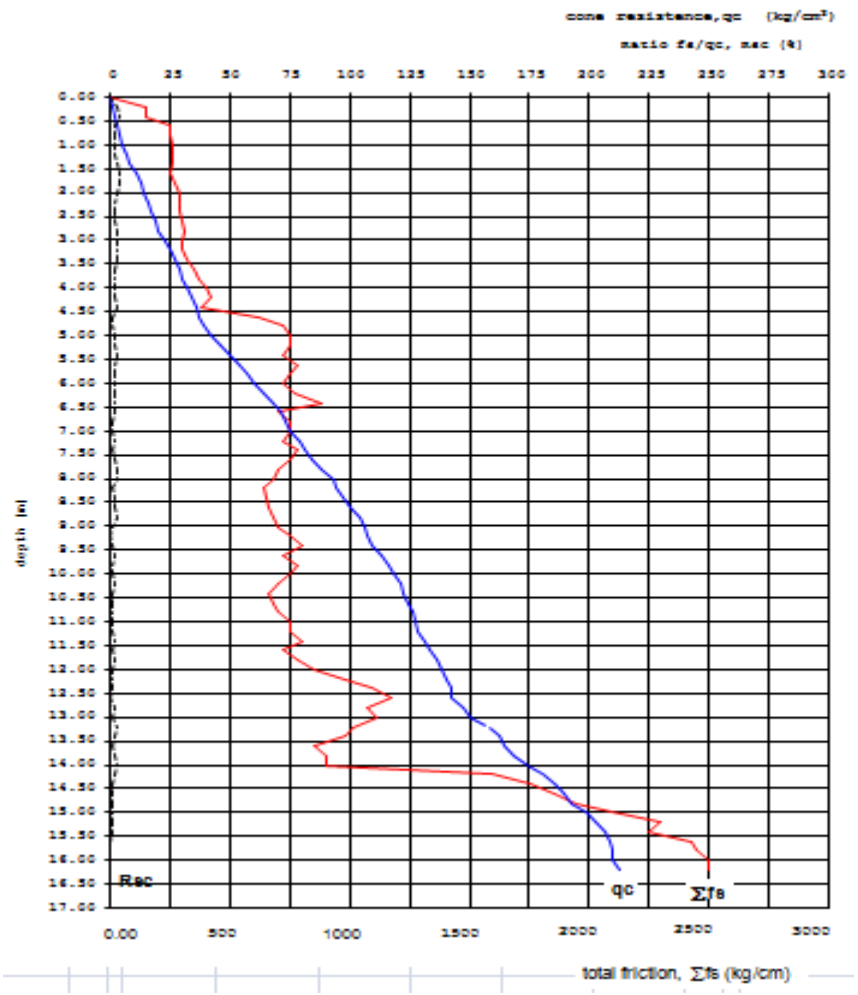
$$\bar{N} = \frac{qc}{4}$$

$$\bar{N} = \frac{52{,}919}{4}$$

$$\bar{N} = 13{,}23\ kg/m^2$$

Dari Gambar Diagram Sondir di atas, untuk kedalaman 17.20 meter dengan Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata ($\bar{N}$) = 13.23 ($\bar{N}$ < 15), maka tanah di bawah bangunan merupakan **tanah lunak**.

3. Rembang



Gambar 2.4. Diagram Sondir di Rembang

Diperoleh :

qc rata-rata = 84 kg/m^2

qc = 4N

$$\bar{N} = \frac{qc}{4}$$

$$\bar{N} = \frac{84}{4}$$

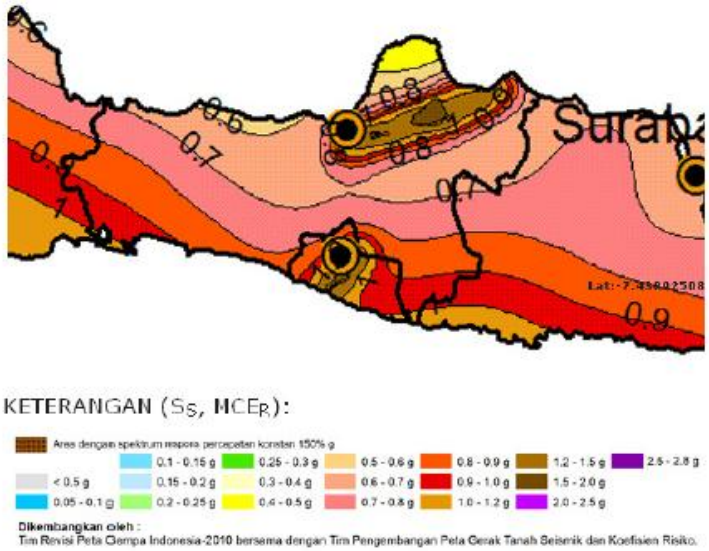
$$\bar{N} = 21\ kg/m^2$$

Dari Gambar Diagram Sondir di atas, untuk kedalaman 16,20 meter dengan Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata ($\bar{N}$) = 21 ($15 \leq \bar{N} < 50$), maka tanah di bawah bangunan merupakan **tanah sedang**.

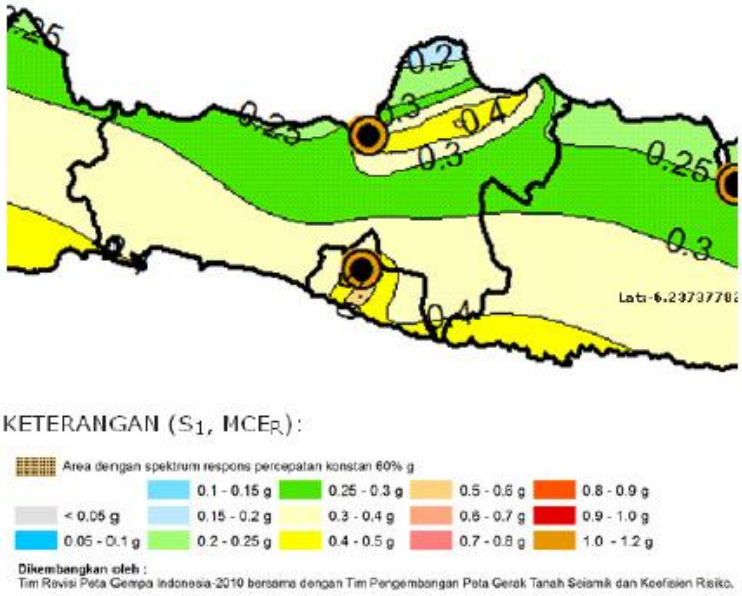
c. Menentukan Parameter Percepatan Gempa (Ss, S1)

Parameter percepatan terpetakan

Parameter S_S (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.



Gambar 2.5. Contoh peta parameter S_S (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) untuk kota Semarang dan sekitarnya.



Gambar 2.6. Contoh peta parameter S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) untuk kota Semarang dan sekitarnya.

d. Menentukan Koefisien-Koefisien Situs dan Parameter-Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R)

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik 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}) dan 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.

Dan koefisien situs F_a dan F_v mengikuti Tabel 2.7. dan Tabel 2.8.

Tabel 2.7. 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]				

1) *Untuk nilai-nilai antara S_S dapat Interpolasi linier*
2) *SS= Situs yang memerlukan Investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat pasal 6.10.1.*

Untuk lokasi di Pekalongan kelas situs tanah sedang (*SD*) dengan nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) = 0,65 g diperoleh **koefisien F_a= 1,4.** Lokasi di Cilacap kelas situs tanah lunak (*SE*) dengan nilai (S_s) = 0,896 g diperoleh **koefisien F_a= 1,2.** Lokasi di Rembang kelas situs tanah sedang (*SD*) dengan nilai (S_s) = 1,396 g diperoleh **koefisien F_v= 1,0.**

Tabel 2.8. Koefisien situs Fv

Kelas situs	**Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda 1 detik, S_1**				
	$S_1 \leq 0,1$	**$S_1 = 0,2$**	**$S_1 = 0,3$**	**$S_1 = 0,4$**	**$S_1 \geq 0,5$**
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]				

1) *Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat Interpolasi linier*
2) *SS= Situs yang memerlukan Investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat pasal 6.10.1.*

Untuk lokasi di Pekalongan kelas situs tanah sedang (*SD*) dengan nilai percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1) = 0,275 g diperoleh **koefisien F_v= 2,0.** Lokasi di Cilacap kelas situs tanah lunak (*SE*) dengan nilai (S_1) = 0,362 g diperoleh **koefisien F_v= 2,8.** Lokasi di Rembang kelas situs tanah sedang (*SD*) dengan nilai (S_1) = 0,464 g diperoleh **koefisien F_v= 1,6.**

e. Penentuan 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 2.7 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:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

dengan,

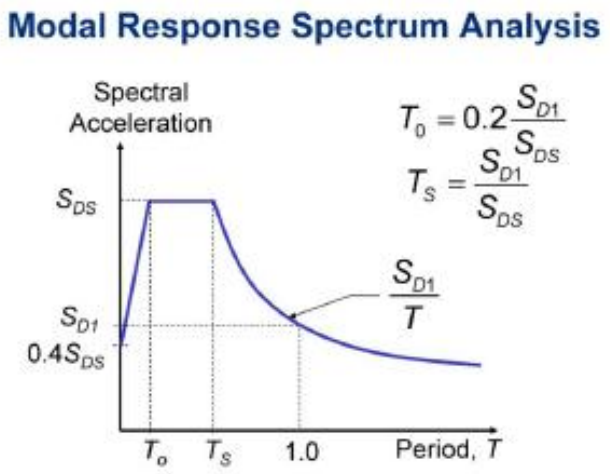
S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek;

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

T = perioda getar fundamental struktur.

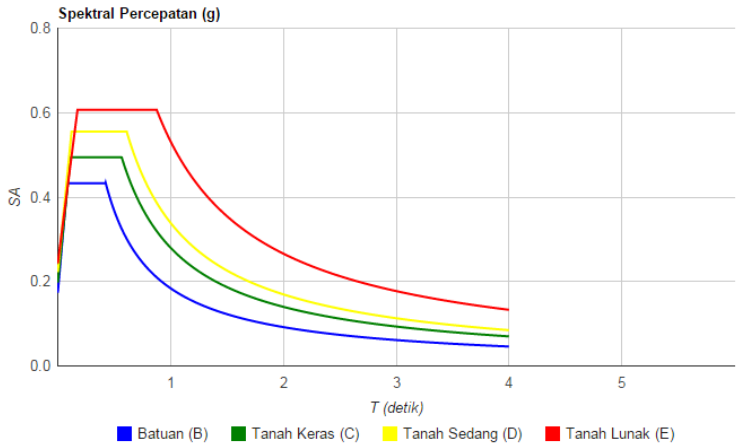
$$T_0 = 0{,}2\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

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



Gambar 2.7. Spektrum Respons Desain

1. Pekalongan



Gambar 2.8. Kurva Spektrum Respons Desain di Pekalongan pada Koordinat (*Lat :-7.028373346554319, Lng :109.63120579719543)*

Dari spektrum respons desain didapat hasil perhitungan :

S_{DS} = 0,555 g

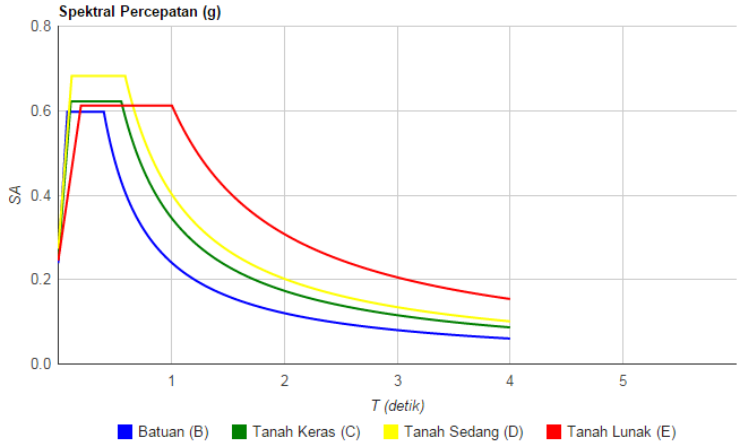
S_{D1} = 0,339 g

Dengan :

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

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

2. Cilacap



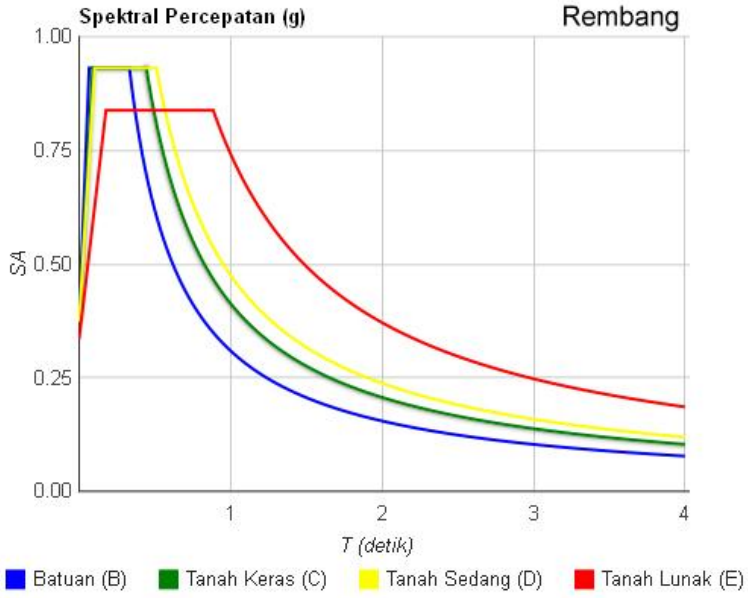
Gambar 2.9. Kurva Spektrum Respons Desain di Cilacap pada Koordinat (*Lat :-7.65796745322381, Lng :109.225913286209)*

Dari spektrum respons desain didapat hasil perhitungan :

S_{DS} = 0,612 g

S_{D1} = 0,616 g

3. Rembang



Gambar 2.10. Kurva Spektrum Respons Desain di Rembang pada Koordinat *(Lat :-7.7915825746628675, Lng :111.62290692329407)*

Dari spektrum respons desain didapat hasil perhitungan :

S_{DS} = 0,931 g

S_{D1} = 0,475 g

f. Penentuan Kategori Desain Seismik (A – D)

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral 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 spectral 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 spektral 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 2.9 atau 2.10, terlepas dari nilai perioda fundamental getaran struktur, T .

Apabila S_1 lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diijinkan untuk ditentukan sesuai Tabel 2.9 saja, di mana berlaku semua ketentuan di bawah :

1) Pada masing-masing dua arah ortogonal, perkiraan perioda fundamental struktur, T_a, yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1 adalah kurang dari 0,8 T_S.
2) Pada masing-masing dua arah ortogonal, perioda fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar lantai adalah kurang dari T_S ;
3) Persamaan 22 digunakan untuk menentukan koefisien respons seismik C_S ;
4) Diafragma struktural adalah kaku sebagaimana disebutkan di pasal 7.3.1 atau untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen-elemen vertikal penahan gaya gempa tidak melebihi 12 m.

Tabel 2.9. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{DS}	**Kategori Resiko**	
	I atau II atau III	**IV**
$S_{DS} < 0{,}167$	A	A
$0{,}167 \leq S_{DS} < 0{,}33$	B	C

$0{,}33 \leq S_{DS} < 0{,}50$	C	D
$0{,}50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2.10. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

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

Berdasarkan Tabel 2.9 dan Tabel 2.10 Kategori desain seismik untuk lokasi di Pekalongan mempunyai nilai S_{DS} = 0,555 dan S_{D1} = 0,339 masuk kategori resiko IV dengan KDS **D**, lokasi di Cilacap mempunyai nilai S_{DS} = 0,612 dan S_{D1} = 0,616 masuk kategori resiko IV dengan KDS **D**, untuk lokasi di Rembang mempunyai nilai S_{DS} = 0,564 dan S_{D1} = 0,475 masuk kategori resiko IV dengan KDS **D**.

g. 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 2.11 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 2.11. Koefisien modifikasi respons yang sesuai, *R*, faktor kuat lebih sistem, Ω_0, dan koefisien amplifikasi defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.11 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antarlantai tingkat desain.

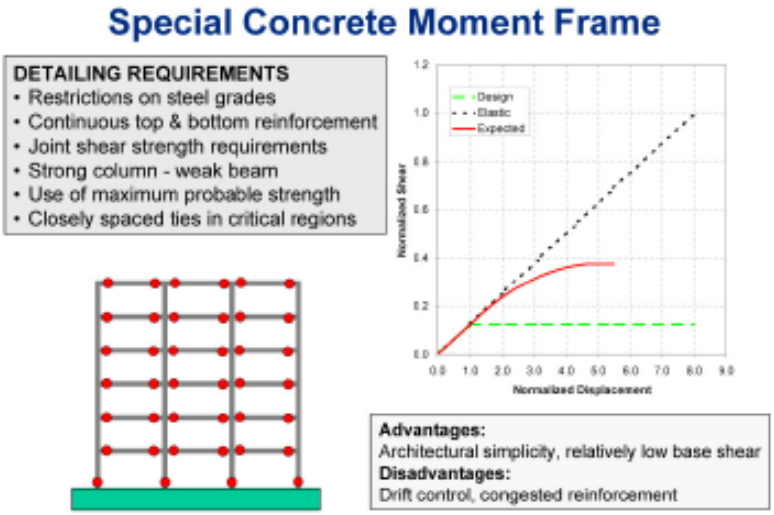
Setiap sistem penahan gaya gempa yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut yang ditetapkan dalam dokumen acuan yang berlaku seperti terdaftar dalam Tabel 2.11 dan persyaratan tambahan yang ditetapkan dalam pasal 7.14 (Persyaratan perancangan dan pendetailan bahan).

Tabel 2.11. Faktor *R* , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa *(Contoh untuk Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen)*

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]**				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D[d]	E[d]	F[d]
C.Sistem rangka pemikul momen								
(C.5). Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
(C.6). Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
(C.7). Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI

1) *Faktor pembesaran defleksi, C_d, untuk penggunaan dalam pasal 7.8.6, 7.8.7 dan 7.9.2.*
2) *TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diijinkan.*
3) *Lihat pasal 7.2.5.4 untuk penjelasan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai bangunan dengan ketinggian 72 m atau kurang.*
4) *Lihat pasal 7.2.5.4 utnuk sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai bangunan dengan ketinggian 48 m atau kurang.*

Berdasarkan Tabel 2.11 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa *(Contoh untuk Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen)* pada wilayah Pekalongan, Cilacap maupun Rembang menggunakan sistem penahan gaya seismik **rangka beton bertulang pemikul momen khusus (sway special)**.



Gambar 2.11. Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus – *Inelastic Response*

h. Batasan Perioda Fundemental Struktur (T)

Perioda fundemental struktur (T), tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari tabel 2.12 dan perioda fundemental pendekatan, (T_a). Sebagai alternatif

pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundemental struktur (T), diijinkan secara langsung menggunakan perioda fundemental pendekatan, (T_a). Perioda fundemental pendekatan, (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t . h_n^x$$

Dengan,

h_n adalah ketinggian struktur, dalam meter, di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel 2.13.

Tabel 2.12. Koefisien untuk batas atas pada perioda 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

Tabel 2.13. Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	**C_t**	**X**
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang diisyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi 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 T_a, 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 paling sedikit 3 m.

T_a= 0,1N

Dengan,

N = jumlah tingkat

Perioda fundamental struktur (T) yang digunakan:

Jika $T_c > C_u\ T_a$ gunakan $T = C_u\ T_a$

Jika $T_a < T_c < C_u\ T_a$ gunakan $T = T_c$

Jika $T_c < T_a$ gunakan $T = T_a$

Dengan,

T_c = Perioda fundemental struktur yang diperoleh dari program analisis struktur.

2.5. Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan

Desain beton bertulang didasarkan pada metode kekuatan batas. Kombinasi pembebanan dan faktor reduksi beban hidup didasarkan pada Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI-03-2847-2013). Desain penulangan dari seluruh elemen struktur didasarkan pada 6 kombinasi pembebanan sebagai berikut :

1. U = 1,4 D
2. U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r atau R)
3. U = 1,2 D + 1,6 (L_r atau R) + (1,0 L atau 0,5 W)
4. U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (L_r atau R)

5. U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L
6. U = 0,9 D + 1,0 W
7. U = 0,9 D + 1,0 E

Kecuali sebagai berikut :

a) Faktor beban pada beban hidup L dalam persamaan (3) sampai (5) diizinkan direduksi sampai 0,5 kecuali untuk garasi, luasan yang ditempati sebagai tempat perkumpulan public, dan semua luasan dimana L lebih besar dari 4,8 kN/m^2.
b) Bila W didasarkan pada beban angin tingkat layan, 1,6 W harus digunakan sebagai pengganti dari 1,0 W dalam persamaan (4) dan (6), dan 0,8 W harus digunakan sebagai pengganti dari 0,5 W dalam persamaan (3).
c) Dihilangkan karena tidak relevan.

Keterangan:

D = adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap.

L = adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

L_r = adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak

H = adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

W = adalah beban angin.

E = adalah beban gempa, berdasarkan SNI 03-1726-2012.

BAB III

ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR

3.1. Permodelan Struktur Gedung Sekolah

Struktur dimodelkan sebagai frame 3 dimensi dengan tumpuan berupa jepit dan dianalisis menggunakan software SAP2000 versi 17.0.0. Beban mati (D) yang diperhitungkan dalam permodelan adalah beban sendiri struktur, beban finishing pada lantai sebesar 150 kg/m^2, beban finishing pada lantai dak sebesar 100 kg/m^2 dan beban dinding setengah bata sebesar h x 2,5 kg/cm' ; h = tinggi dinding dalam m'. Beban hidup (L) yang diperhitungkan dalam permodelan adalah beban hidup pada lantai sebesar kg/m^2, beban hidup pada lantai dak sebesar 400 kg/m^2, beban hidup tangga 300 kg/m^2. Beban gempa menggunakan perhitungan analisis dinamik spektrum respon yang seluruhnya mengacu pada SNI Gempa 2012.

Kombinasi beban untuk metoda ultimit. Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

1,4D

1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)

1,2D + 1,6(Lr atau R) + (L atau 0,5R)

1,2D + 1,0W + L+ 0,5(Lr atau R)

1,2D + 1,0E + L

0,9D + 1,0W

0,9D + 1,0E

Kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin. Beban-beban di bawah ini harus ditinjau dengan kombinasi-kombinasi berikut untuk

perencanaan struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi berdasarkan metoda tegangan ijin:

D

D + L

D + (Lr atau R)

D + 0,75L + 0,75(Lr atau R)

D + (0,6W atau 0,7E)

D + 0,75(0,6W atau 0,7E) + 0,75L + 0,75(Lr atau R)

0,6D + 0,6W

0,6D + 0,7E

Keterangan :

D = beban mati (dead load)

L = beban hidup (live load)

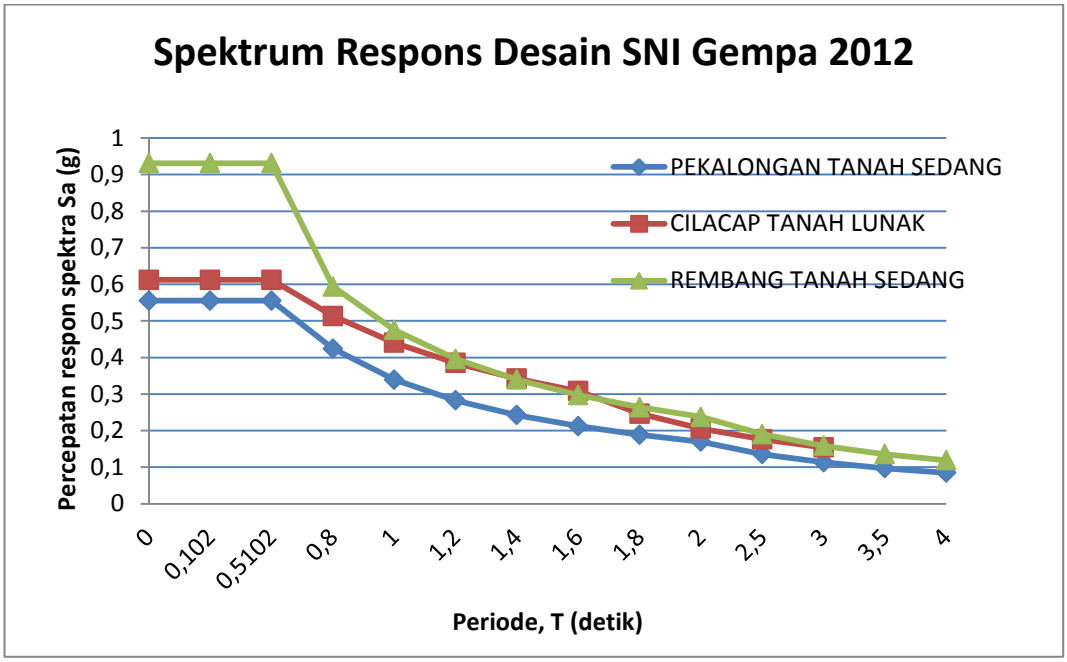
Lr = beban hidup pada atap (roof live load)

R = beban air hujan (rain load)

W = beban angin (wind load)

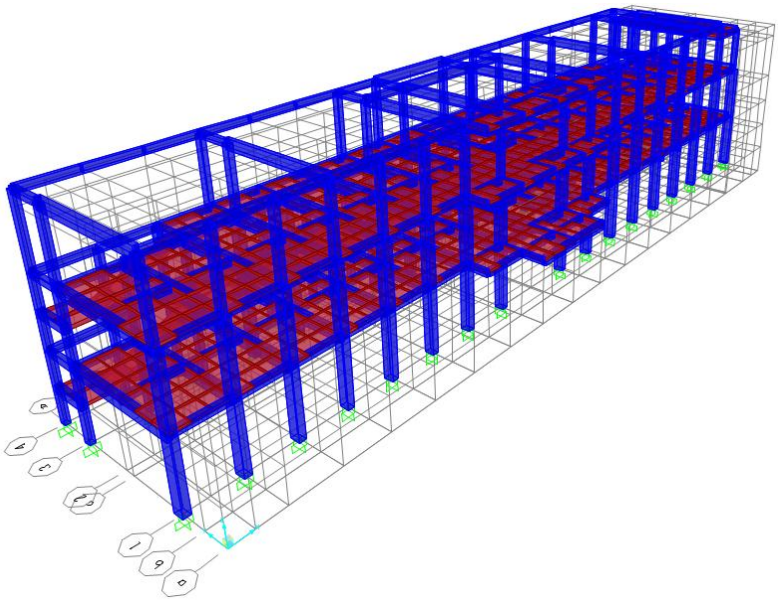
E = beban gempa (earthquake load)

Mutu beton direncanakan menggunakan K-300 dengan mutu baja tulangan ulir BJTD fy = 400 MPa dan mutu baja tulangan polos BJTP fy = 240 MPa. Dalam permodelan ini menggunakan 3 (tiga) spektrum respon desain yakni kota Pekalongan dengan tanah sedang, kota Cilacap dengan tanah lunak dan kota Rembang dengan tanah sedang. Penggunaan 3 (tiga) spektrum respon desain ini dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran hasil desain jika rentang nilai S_a digunakan nilai minimum dan maksimumnya seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Perbandingan Spektrum Respons Desain untuk Kota Pekalongan, Cilacap dan Rembang

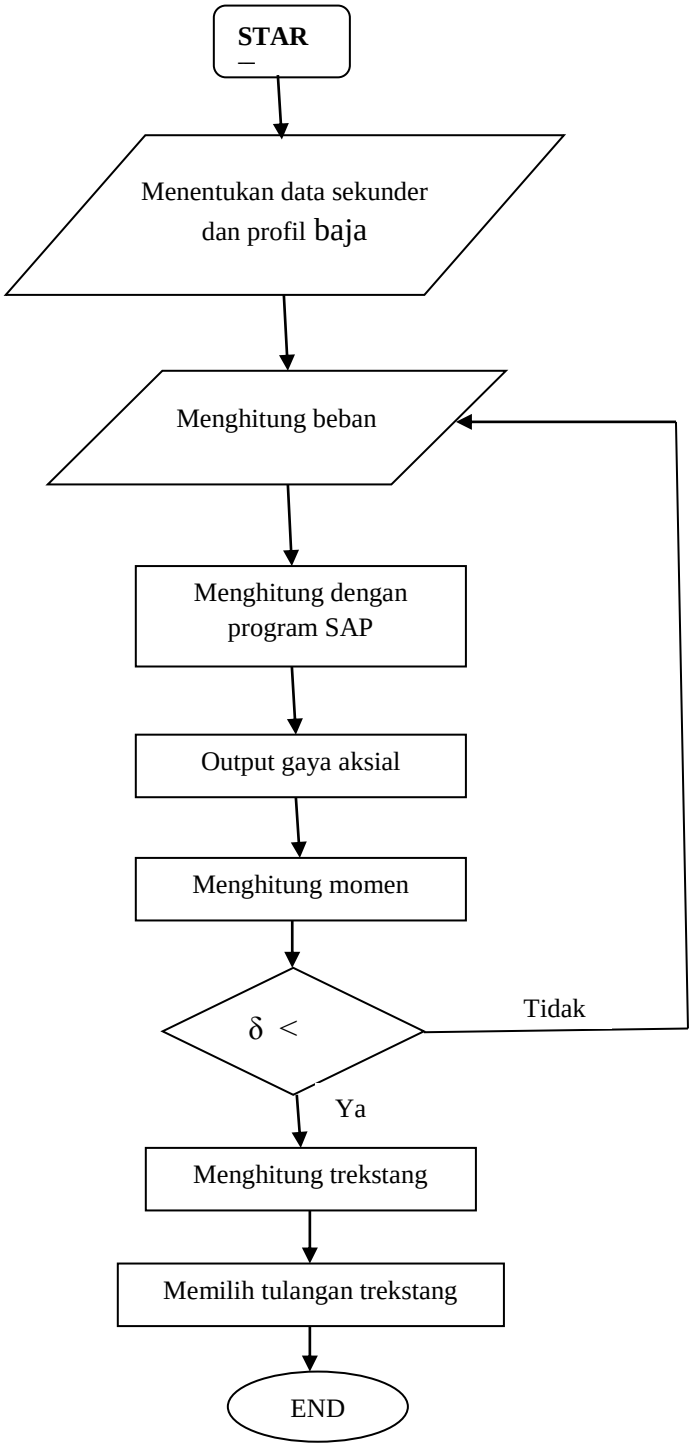
Berikut model frame 3 dimensi dan denah balok, kolom, plat yang digunakan dalam permodelan struktur (Gambar 3.2.)



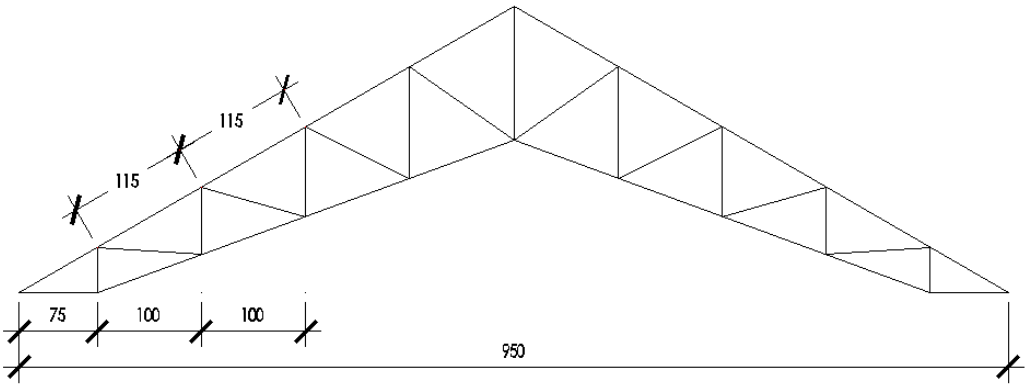
Gambar 3.2. Model Struktur Gedung Sekolah Frame 3 Dimensi

3.2. Pendimensian Elemen Struktur

3.2.1. Perancangan Struktur Atap



Gambar 3.3. Flowchart Perhitungan Atap

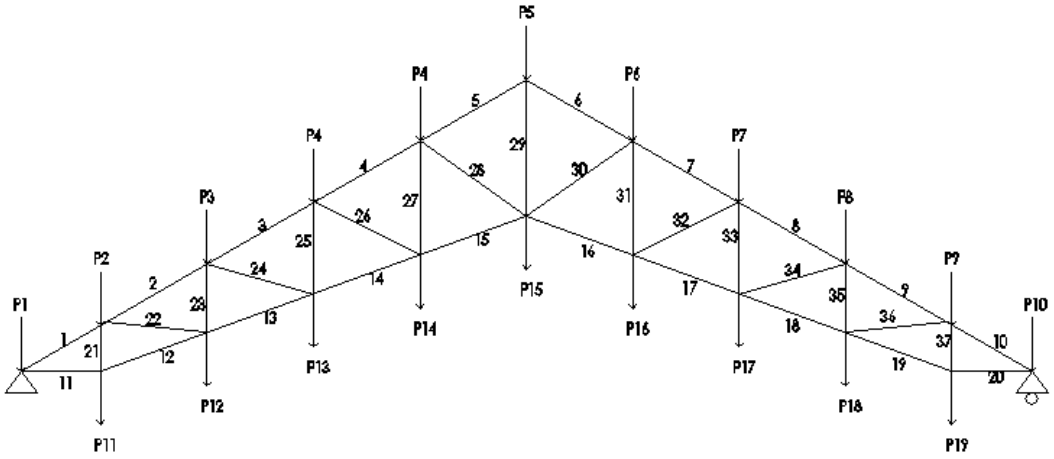


Gambar 3.4. Perencanaan Struktur Atap

a. Data Teknis :

- Bentang kuda – kuda : 9,5 m
- Kemiringan atap (α) : 30°
- Jarak kuda – kuda (Jk) : 3 m
- Jarak gording mendatar (Jg) : 1 m
- Jarak gording (Ju) : 1,155 m
- Modulus Elastisitas baja (E) : 2,10 x 10^6 kg/cm^2
- Mutu baja : BJ 37 , σ = 1600 kg/cm^2
- Penutup atap : Genteng keramik
- Beban atap (q_{atap}) : 60 kg/m^2
- Berat plafond (q_{plaf}) : 18 kg/m^2
- Berat ME (q_{me}) : 2 kg/m^2
- Koefisien angin (q_w) : 40 kg/m^2

- Jumlah trekstang : 1 buah
- Alat sambung : Baut
- Gording : C 150.50.20.2,3
- Trekstang : ⌀10 mm
- Ikatan angin : ⌀12 mm



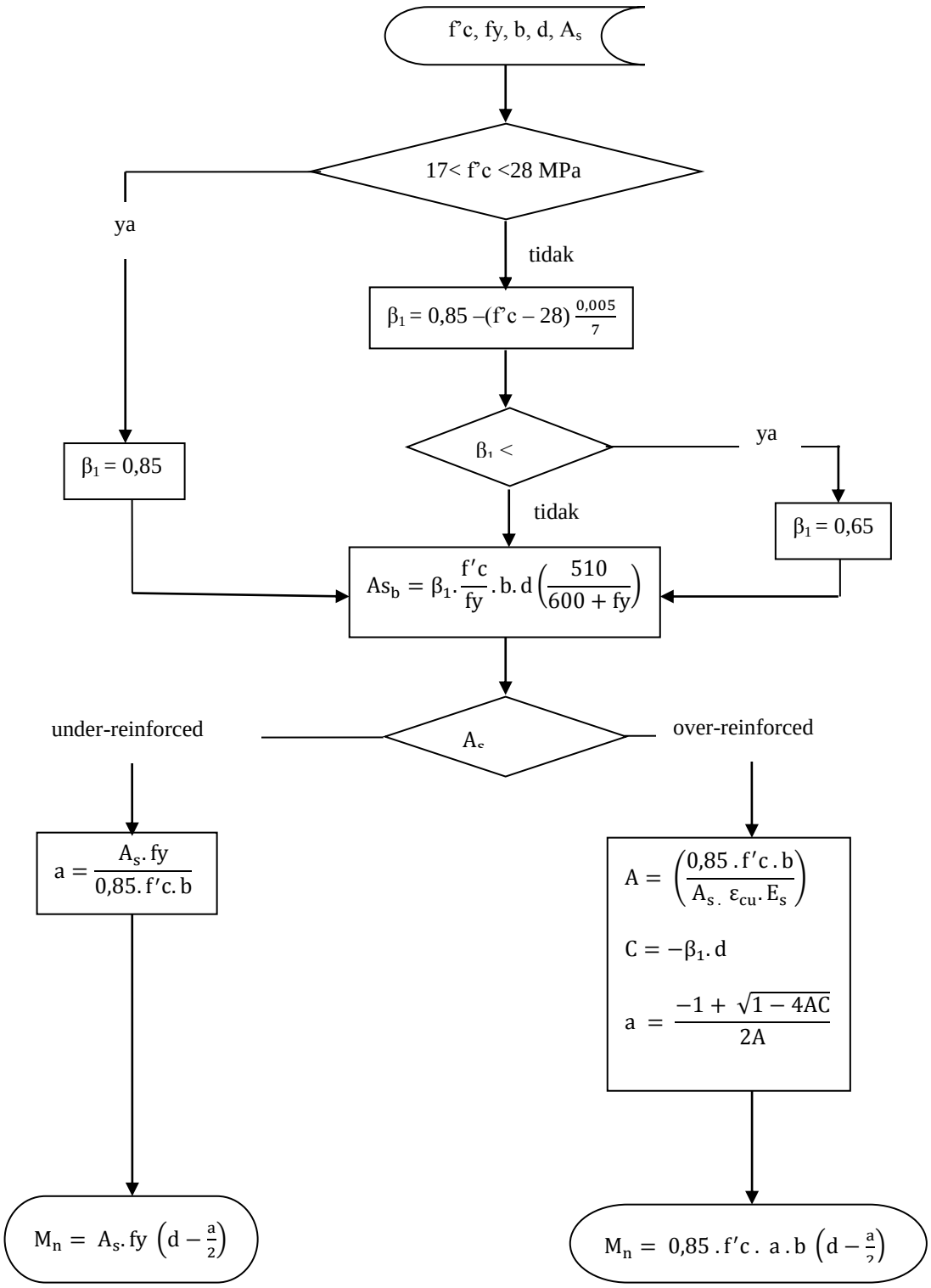
Gambar 3.5. Rencana Pembebanan Atap

Tabel 3.1. Rekapitulasi Atap

No. Batang	Panjang (m)	Batang	P (kg)	Φ Baut (mm)	Jumlah Baut	Profil
1	0.865	Tekan	-3619.41	17	3	2L 60.60.6
2	1.155	Tekan	-1920.36	17	3	2L 60.60.6
3	1.155	Tekan	-1198.18	17	3	2L 60.60.6
4	1.155	Tekan	-628.06	17	3	2L 60.60.6
5	1.155	Tekan	-205.82	17	3	2L 60.60.6
6	1.155	Tekan	-205.82	17	3	2L 60.60.6
7	1.155	Tekan	-628.06	17	3	2L 60.60.6
8	1.155	Tekan	-1198.18	17	3	2L 60.60.6
9	1.155	Tekan	-1920.36	17	3	2L 60.60.6

10	0.865	Tekan	-3619.41	17	3	2L 60.60.6
11	0.750	Tekan	0	17	3	2L 60.60.6
12	1.063	Tekan	-1284.14	17	3	2L 60.60.6
13	1.066	Tekan	-851.31	17	3	2L 60.60.6
14	1.065	Tekan	-458.05	17	3	2L 60.60.6
15	1.065	Tekan	-162.99	17	3	2L 60.60.6
16	1.065	Tekan	-162.99	17	3	2L 60.60.6
17	1.065	Tekan	-458.05	17	3	2L 60.60.6
18	1.066	Tekan	-851.31	17	3	2L 60.60.6
19	1.063	Tekan	-1284.14	17	3	2L 60.60.6
20	0.750	Tekan	0	17	3	2L 60.60.6
21	0.430	Tarik	518.11	14	2	2L 50.50.5
22	1.002	Tarik	199.36	14	2	2L 50.50.5
23	0.648	Tekan	-67.71	14	2	2L 50.50.5
24	1.038	Tarik	430.63	14	2	2L 50.50.5
25	0.855	Tekan	-167.35	14	2	2L 50.50.5
26	1.114	Tarik	312.73	14	2	2L 50.50.5
27	1.068	Tekan	-151.94	14	2	2L 50.50.5
28	1.222	Tarik	81.96	14	2	2L 50.50.5
29	1.280	Tekan	-111.7	14	2	2L 50.50.5
30	1.222	Tarik	81.96	14	2	2L 50.50.5
31	1.068	Tekan	-151.94	14	2	2L 50.50.5
32	1.114	Tarik	312.73	14	2	2L 50.50.5
33	0.855	Tekan	-167.35	14	2	2L 50.50.5
34	1.038	Tarik	430.63	14	2	2L 50.50.5
35	0.648	Tekan	-67.71	14	2	2L 50.50.5
36	1.002	Tarik	199.36	14	2	2L 50.50.5
37	0.430	Tarik	518.11	14	2	2L 50.50.5

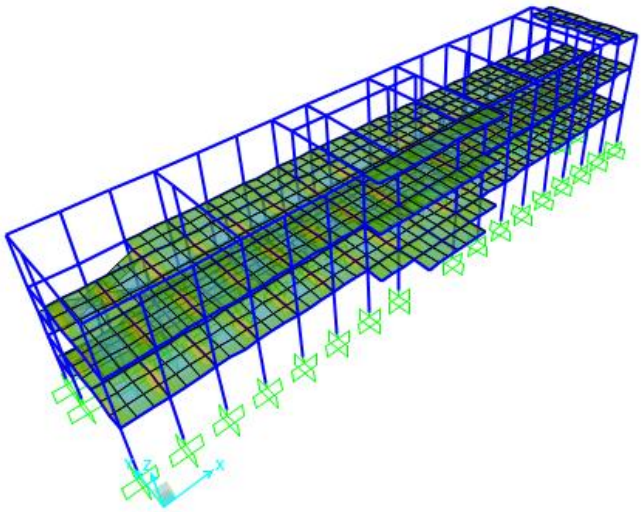
3.2.2. Perancangan Dimensi Plat



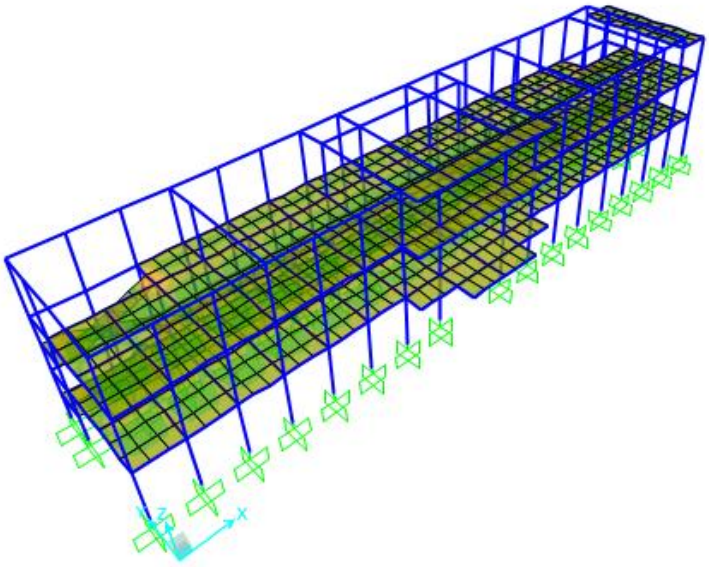
Gambar 3.6. Flowchart Perhitungan Plat Lantai

a. Berikut adalah data-data perencanaan plat lantai :

- Mutu beton (fc') = 25,4 MPa
- Mutu baja (fy) = 240 MPa
- Berat satuan beton bertulang = 2400 kg/m^2
- Selimut beton (p) = 20 mm
- Kombinasi pembebanan = 1,2 DL + 1,6 LL



M11



M22

Gambar 3.7. M11 dan M22 pada Plat Lantai Hasil Analisis Program SAP2000

1. **Perhitungan Plat Lantai Tebal 10 cm**

a. **Analisa Pembebanan**

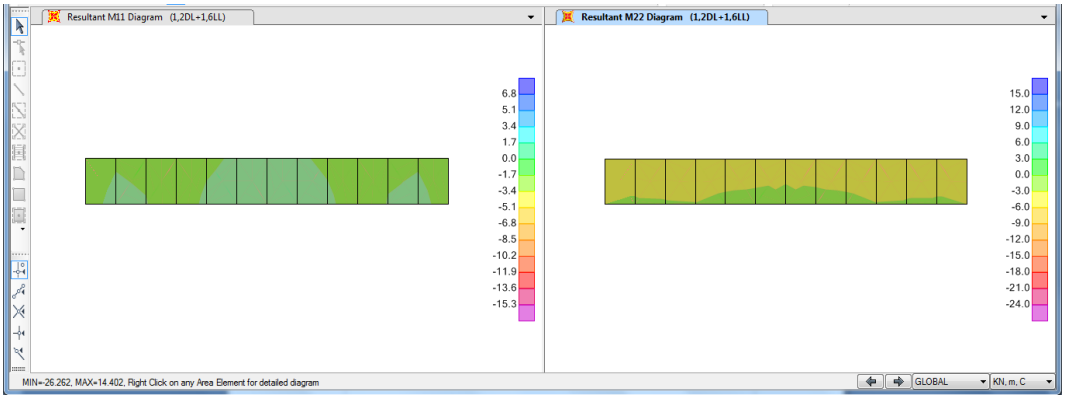
➢ **Beban Mati**

- Berat sendiri plat (tebal plat x bj) = 0,10 x 2400 = 240 kg/m^2
- Beban finishing = 100 kg/m^2 +

wDL = 340 kg/m^2

➢ **Beban Hidup**

Beban hidup adalah sebesar wLL = 100 kg/m^2



Gambar 3.8. M11 dan M22 pada Plat Lantai Tebal 10 cm Hasil Analisis Program SAP2000

Momen dari hasil analisis SAP v.17.0.0 :

- **Tulangan arah 1-1**

  Momen arah 1-1 maksimum = 0,27 kNm

  Momen arah 1-1 minimum = -0,27 kNm

- **Tulangan arah 2-2**

  Momen arah 2-2 maksimum = 0,048 kNm

  Momen arah 2-2 minimum = -0,49 kNm

- Tinggi efektif (d) dalam arah x

  d_x = h – p – ½ ϕ_{Dx}

  = 100 – 20 – (½ x 8)

  = 76 mm

- Tinggi efektif (d) dalam arah y

  d_y = h – p – ϕ_{Dx} - ½ ϕ_{Dy}

  = 100 – 20 – 8 – (½ x 8)

  = 68 mm

Sesuai perhitungan di atas direncanakan tulangan arah x dan arah y diameter 8 mm dengan jarak 200 mm (Ø8-200).

b. Analisis Momen Nominal

- Luas tulangan

  A_s = 5 Ø 8 = 251,2 mm^2

- Luas tulangan balans

  A_{sb} = $0{,}85 \times \frac{25}{240} \times 1000 \times 76 \times (\frac{510}{600+240})$

  = 4085,57 mm^2

- Check kondisi keruntuhan penampang

  $A_s < A_{sb}$ → tulangan tarik telah leleh (under-reinforced)

- Momen lentur nominal

  Mn = $251{,}2 \times 240 \times (76 - 0{,}59 \frac{251{,}2 \times 240}{25 \times 1000}) \times 10^{-6}$

  = 4,5 kNm

2. Perhitungan Plat Lantai Tebal 12 cm

a. Analisa Pembebanan

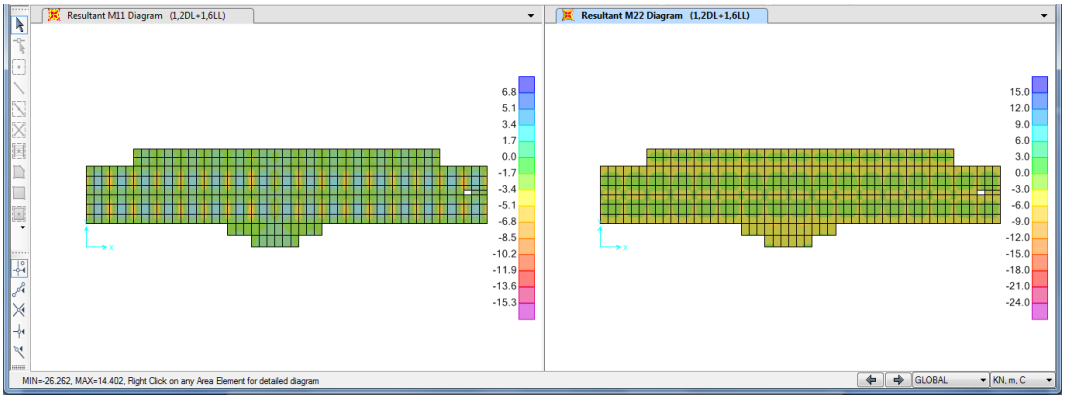
➢ **Beban Mati**

- Berat sendiri plat (tebal plat x bj) = 0,12 x 2400 = 288 kg/m^2
- Beban finishing = 150 kg/m^2 +

wDL = 438 kg/m^2

➢ **Beban Hidup**

Beban hidup untuk gedung sekolah adalah sebesar wLL = 250 kg/m^2



Gambar 3.9. M11 dan M22 pada Plat Lantai Tebal 12 cm Hasil Analisis Program SAP2000

Momen dari hasil analisis SAP v.17.0.0 :

- **Tulangan arah 1-1**

  Momen arah 1-1 maksimum = 2,9 kNm

  Momen arah 1-1 minimum = -5,25 kNm

- **Tulangan arah 2-2**

  Momen arah 2-2 maksimum = 2,3 kNm

  Momen arah 2-2 minimum = -4,4 kNm

- Tinggi efektif (d) dalam arah x

  d_x = h – p – ½ ϕ_{Dx}

  = 120 – 20 – (½ x 10)

  = 95 mm

- Tinggi efektif (d) dalam arah y

  d_y = h – p – ϕ_{Dx} - ½ ϕ_{Dy}

  = 120 – 20 – 10 – (½ x 10)

  = 85 mm

Sesuai perhitungan di atas direncanakan tulangan arah x dan arah y diameter 10 mm dengan jarak 200 mm (Ø10-200).

b. Analisis Momen Nominal

- Luas tulangan

  A_s = 5 Ø10 = 392,5 mm^2

- Luas tulangan balans

  A_{sb} = $0{,}85 \times \frac{25}{240} \times 1000 \times 95 \times (\frac{510}{600+240})$

  = 5106,96 mm^2

- Check kondisi keruntuhan penampang

  $A_s < A_{sb}$ → tulangan tarik telah leleh (under-reinforced)

- Momen lentur nominal

  Mn = $392{,}5 \times 240 \times (95 - 0{,}59 \frac{392{,}5 \times 240}{25 \times 1000}) \times 10^{-6}$

  = 8,74 kNm

3. Perhitungan Plat Lantai Tebal 15 cm

a. Analisa Pembebanan

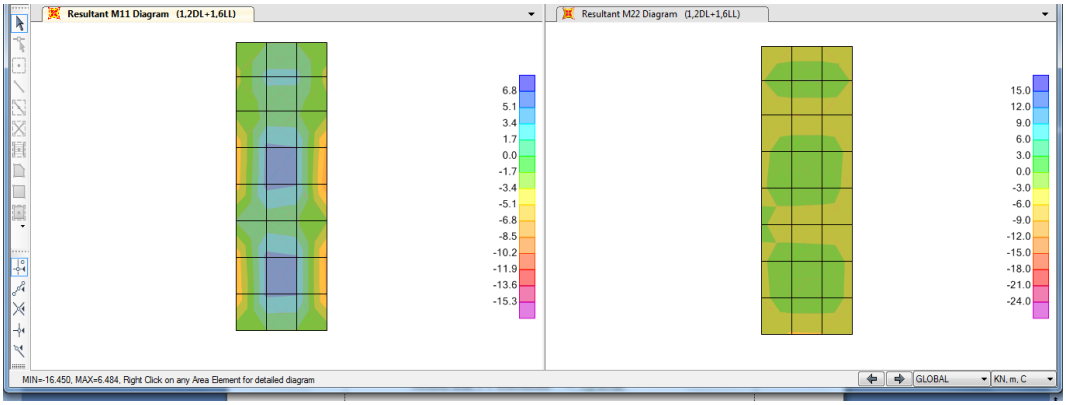
➢ **Beban Mati**

- Berat sendiri plat (tebal plat x bj) = 0,15 x 2400 = 360 kg/m^2
- Beban finishing = 150 kg/m^2 +

wDL = 510 kg/m^2

➢ **Beban Hidup**

Beban hidup adalah sebesar wLL = 400 kg/m^2



Gambar 3.10. M11 dan M22 pada Plat Lantai Tebal 15 cm Hasil Analisis Program SAP2000

Momen dari hasil analisis SAP v.17.0.0 :

- **Tulangan arah 1-1**

  Momen arah 1-1 maksimum = 3,9 kNm

  Momen arah 1-1 minimum = -6 kNm

- **Tulangan arah 2-2**

  Momen arah 2-2 maksimum = 2,7 kNm

  Momen arah 2-2 minimum = -3,3 kNm

- Tinggi efektif (d) dalam arah x

  d_x = h – p – ½ ϕ_{Dx}

  = 150 – 20 – (½ x 10)

  = 125 mm

- Tinggi efektif (d) dalam arah y

  d_y = h – p – ϕ_{Dx} - ½ ϕ_{Dy}

  = 150 – 20 – 10 – (½ x 10)

  = 115 mm

Sesuai perhitungan di atas direncanakan tulangan arah x dan arah y diameter 10 mm dengan jarak 200 mm (Ø10-200).

b. Analisis Momen Nominal

- Luas tulangan

  A_s = 5 Ø10 = 392,5 mm^2

- Luas tulangan balans

  A_{sb} = $0{,}85 \times \frac{25}{240} \times 1000 \times 125 \times (\frac{510}{600+240})$

  = 6719,68 mm^2

- Check kondisi keruntuhan penampang

  $A_s < A_{sb}$ → tulangan tarik telah leleh (under-reinforced)

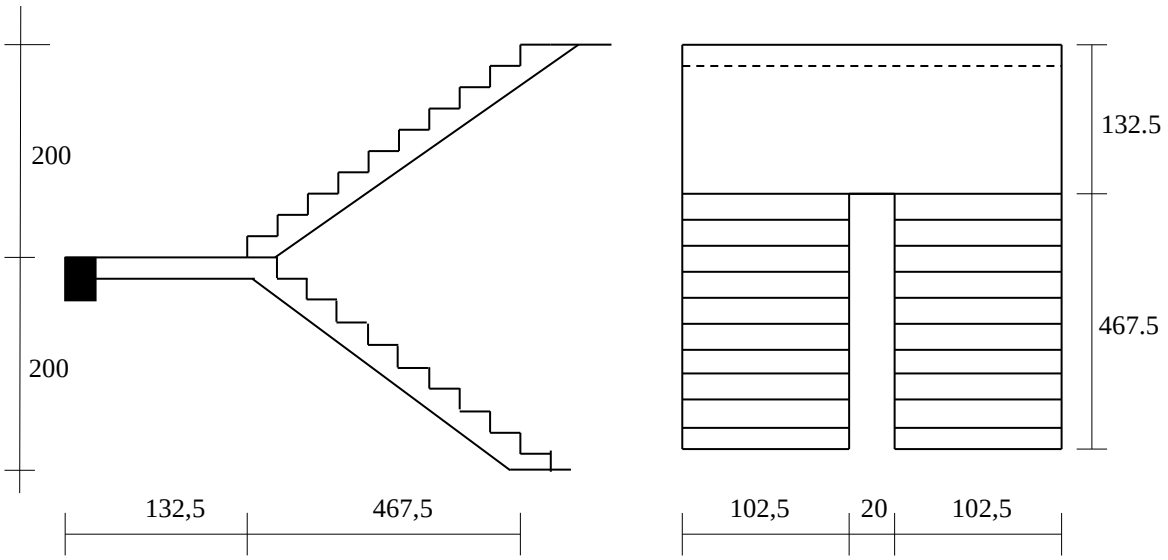
- Momen lentur nominal

  Mn = $392{,}5 \times 240 \times (125 - 0{,}59 \frac{392{,}5 \times 240}{25 \times 1000}) \times 10^{-6}$

  = 11,6 kNm

3.2.3. Perancangan Struktur Tangga

Sketsa tangga yang dipakai adalah seperti gambar berikut :



Gambar 3.11. Rencana Tangga

a. Data Teknis :

- Mutu beton (fc') = 25,4 MPa
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Elevasi lantai (Tl) = 400 cm
- Lebar bordes = 132,5 cm
- Tinggi pijakan (optrede) = 16 cm
- Lebar pijakan (antrede) = 27 cm
- Jumlah anak tangga = $\frac{\text{Tl}}{\text{optrede}} = \frac{400}{16}$ = 25 buah
- Kemiringan tangga (α) = arc.tg $\frac{16}{27}$ = 30,65°
- Tebal selimut beton (p) = 20 mm
- Tebal keramik maks (h_k) = 1 cm
- Tebal spesi (h_s) = 2 cm
- Beban hidup untuk tangga = 300 kg/cm^2

- Panjang tangga sisi miring (L) :

  $L = \sqrt{a^2 + b^2}$

  $= \sqrt{467{,}5^2 + 200^2}$

  = 508,48 cm = 5,08 m

  Dipakai tebal plat tangga (h_t) 180 mm

b. Pembebanan Tangga

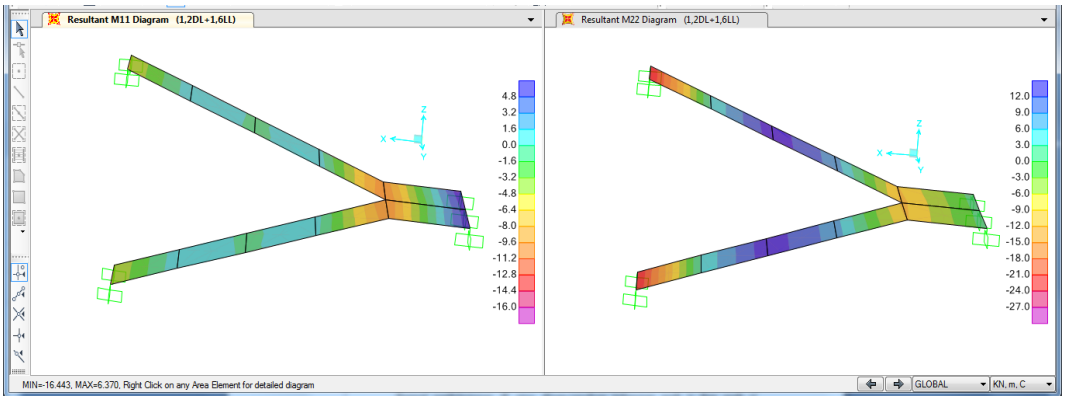
➢ **Beban Mati**

- Berat sendiri plat (tebal plat x bj) = 0,18 x 2400 = 432 kg/m^2
- Beban finishing = 150 kg/m^2 +

wDL = 582 kg/m^2

➢ **Beban Hidup**

Beban hidup untuk tangga adalah sebesar wLL = 300 kg/m^2



Gambar 3.12. M11 dan M22 pada Plat Tangga Hasil Analisis Program SAP2000

Momen dari hasil analisis SAP v.17.0.0 :

- **Tulangan arah 1-1**

  Momen arah 1-1 maksimum = 6,3 kNm

  Momen arah 1-1 minimum = -9,4 kNm

- **Tulangan arah 2-2**

  Momen arah 2-2 maksimum = 14,4 kNm

  Momen arah 2-2 minimum = -25,98 kNm

- Tinggi efektif (d) dalam arah x

  d_x = h – p – ½ ϕ_{Dx}

  = 180 – 20 – (½ x 12)

  = 154 mm

- Tinggi efektif (d) dalam arah y

  d_y = h – p – ϕ_{Dx} - ½ ϕ_{Dy}

  = 180 – 20 – 12 – (½ x 12)

  = 142 mm

  Direncanakan tulangan utama D12-150 dan tulangan pembagi D12-150.

c. Analisis Momen Nominal

- Luas tulangan

  A_s = 7D12 = 791,28 mm^2

- Luas tulangan balans

  A_{sb} = $0{,}85 \times \frac{25}{400} \times 1000 \times 154 \times (\frac{510}{600+400})$

  = 4172,44 mm^2

- Check kondisi keruntuhan penampang

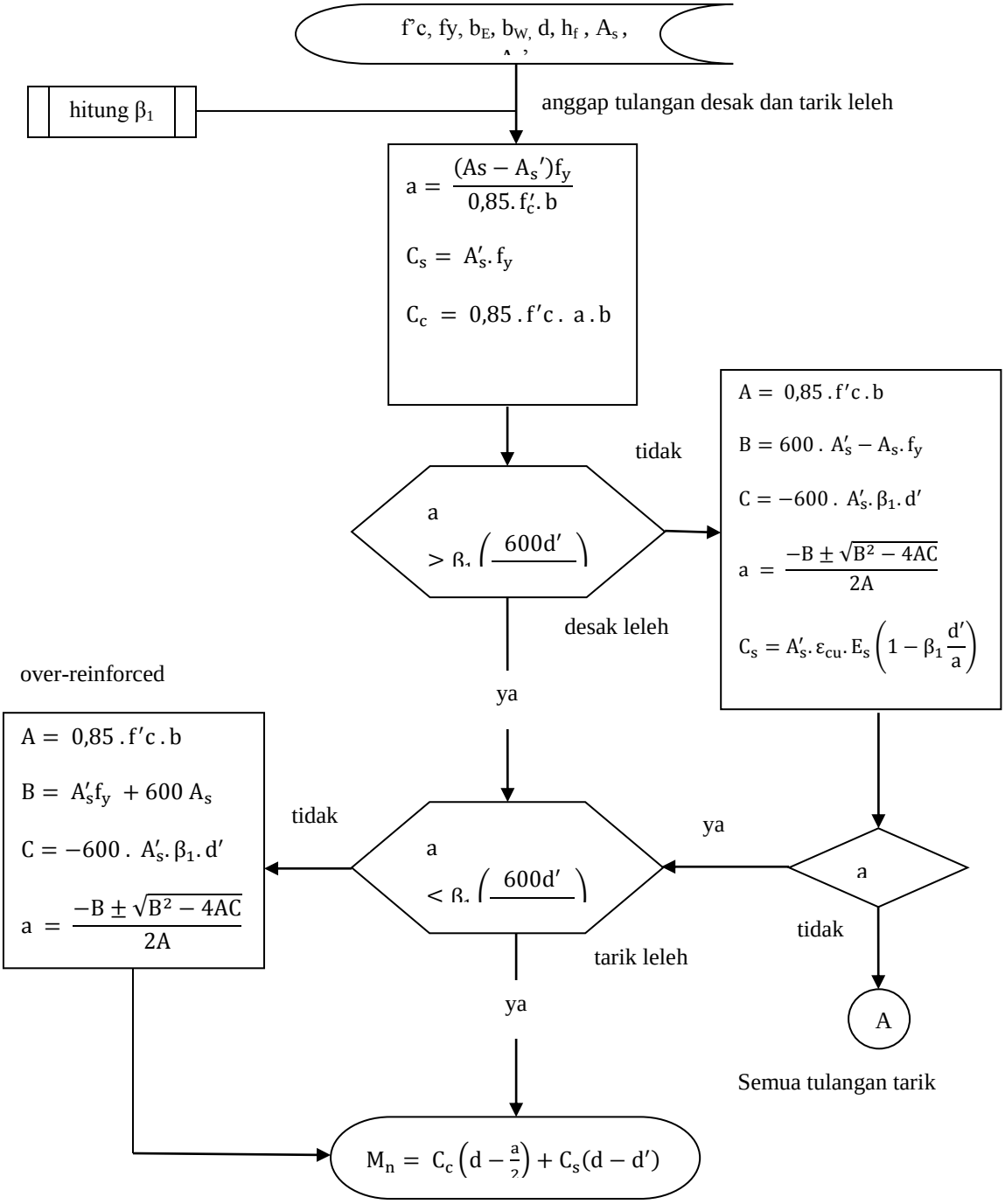
  $A_s < A_{sb} \rightarrow$ tulangan tarik telah leleh (under-reinforced)

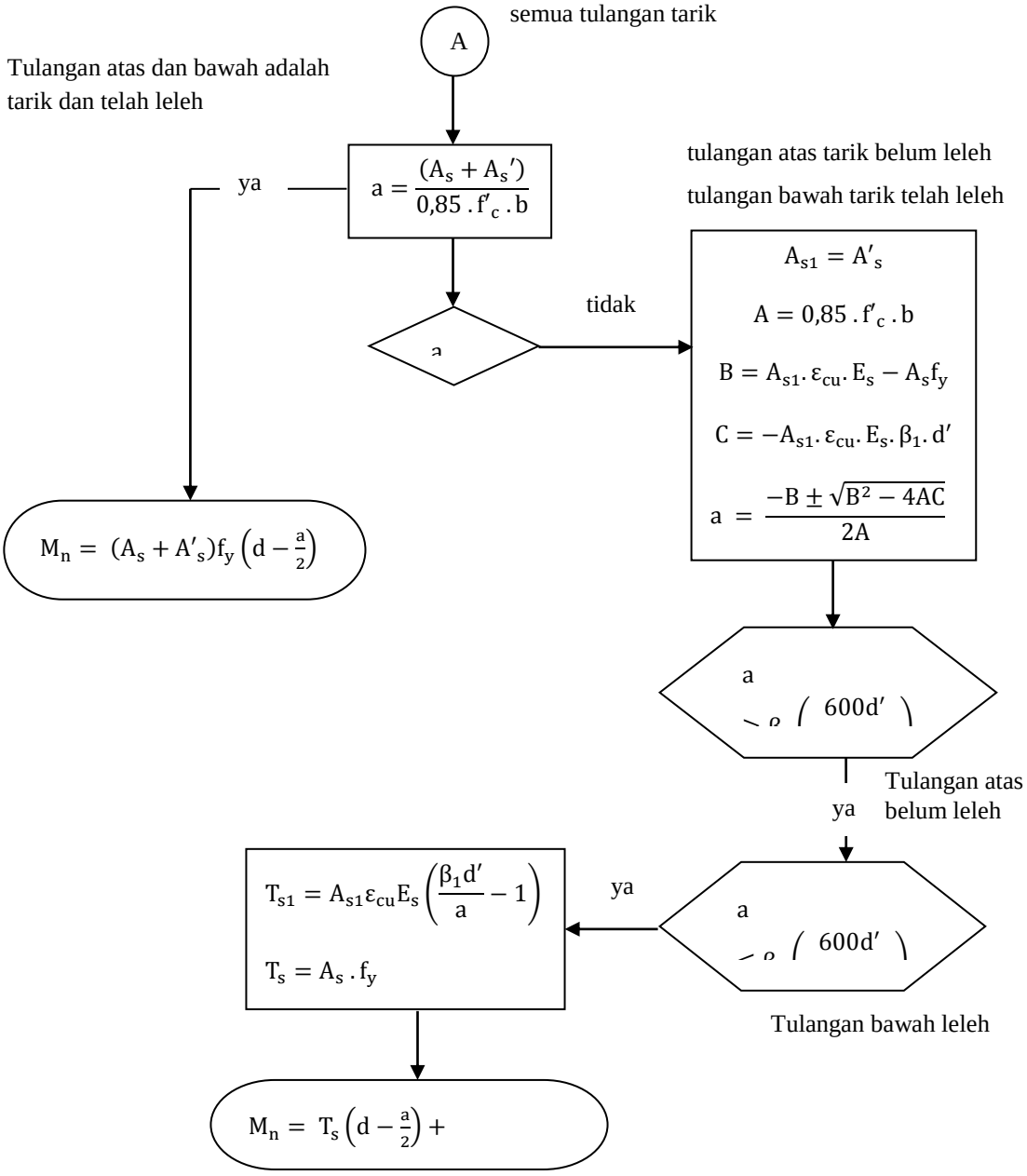
- Momen lentur nominal

  Mn = $791{,}28 \times 400 \times (154 - 0{,}59 \frac{791{,}28 \times 400}{25 \times 1000}) \times 10^{-6}$

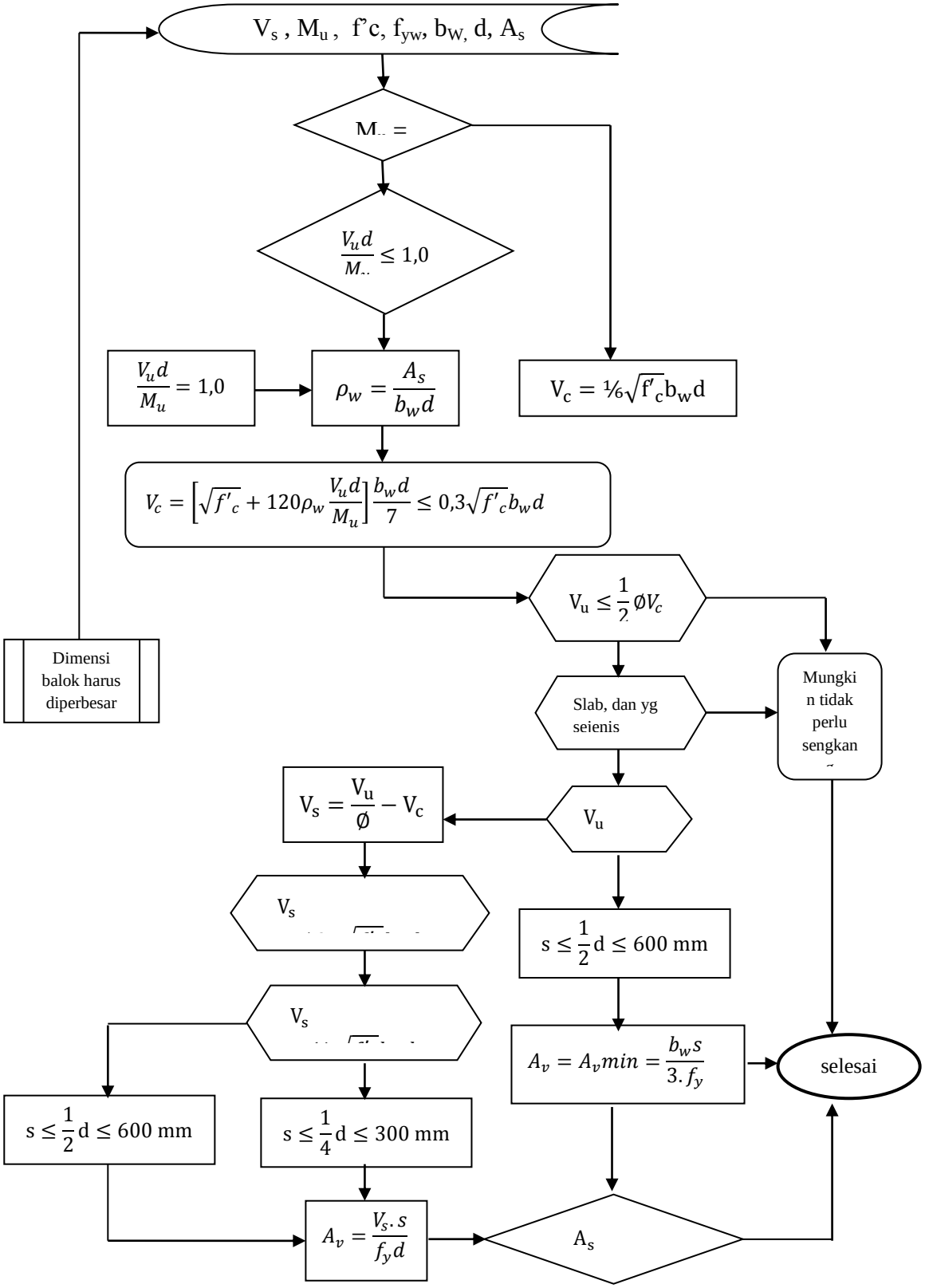
  = 46,039 kNm

3.2.4. Perancangan Dimensi Balok





Gambar 3.13. Flowchart Perhitungan Balok



Gambar 3.14. Flowchart Perencanaan Geser Balok

3.2.4.1. Prosedur Perencanaan Geser Balok

Prosedur berikut adalah mengacu pada SNI-2847-2013:

1. Hitung gaya geser terfaktor Vu di titik kritis pada balok yang ditinjau, gunakan kombinasi beban, misal (gravitasi) V_u=1,2 V_{DL} + 1,6 V_{LL}.
2. Hitung kuat geser penampang beton, øV_c, dimana ø = 0,75.

   Jika hanya ada gaya geser maka $V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'_c}b_w d$

   Jika pada saat bersamaan pada penampang yang ditinjau timbul momen terfaktor M_u yang terjadi secara simultan dengan V_u, maka :

   $$V_c = \left[\sqrt{f'_c} + 120\rho_w \frac{V_u d}{M_u}\right]\frac{b_w d}{7} \leq 0{,}3\sqrt{f'_c}b_w d$$

   Dimana $\rho_w = \frac{A_s}{b_w d}$ dan $\frac{V_u d}{M_u} \leq 1{,}0$

   Catatan : Untuk balok berpenampang bulat maka untuk menghitung V_c digunakan tinggi efektif (d_{eff}) = 0,8 ø penampang.

3. Selanjutnya hitung 1/2øV_c dan evaluasi penampang sebagai berikut :
   a. Jika $V_u \leq 1/2\emptyset V_c$ maka tulangan sengkang tidak perlu.
   b. Jika $1/2\emptyset V_c < V_u \leq \emptyset V_c$ maka perlu sengkang minimum.

      $$A_v\,\min = \frac{b_w S}{3f_y}$$

   c. Jika $V_u > \emptyset V_c$ maka perlu tulangan sengkang $V_s = \frac{V_u}{\emptyset} - V_c$.
   d. Jika $V_s > \emptyset ⅔\sqrt{f'_c}b_w d$ maka penampang harus diperbesar.
4. Proporsikan sengkang yang diperlukan untuk memikul kelebihan gaya geser yang perlu tulangan. Untuk sengkang vertikal maka luas sengkang yang diperlukan adalah $A_v = \frac{V_s S}{f_y d} \geq A_v\min = \frac{b_w S}{3f_y}$

   Jika $V_s \leq ⅓\sqrt{f'_c}b_w d$ maka $s = 0{,}5d \leq 600$ mm.

5. Untuk membatasi lebar retak diagonal dan tetap tertutup rapat saat pengalihan gaya geser maka $f_{yv} \leq 400$ MPa (wire-mesh $f_{yv} \leq 550$ MPa).

a. Data teknis :

- Mutu beton (fc') = 25,4 MPa
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- Selimut beton (p) = 40 mm

b. Analisis dan Desain Penulangan Balok

Untuk memudahkan perhitungan, dalam mencari kebutuhan tulangan balok dilakukan dengan program SAP2000 v.17.0.0. Kombinasi pembebanan gravitasi dan pembebanan gempa yaitu :

1. DL + LL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1,2 DL + LL + Ex + 0,3 Ey
4. 1,2 DL + LL + 0,3Ex + Ey

Menggunakan framing *type : **Sway Special***, dari hasil analisis dan desain balok diperoleh luas tulangan maksimum dari kombinasi pembebanan di atas sebagai berikut:

Tabel 3.2. Luas Tulangan yang Dibutuhkan Balok dengan Kombinasi Pembebanan Gempa dari Hasil Analisis Program SAP v17.0.0.

Jenis Balok	Ukuran (mm)		Posisi	Tulangan (cm^2)		Tulangan Peminggang (cm2)
	b	h		Tumpuan	Lapangan	
B1	250	700	Atas	12.6189	3.5334	7.4869
			Bawah	6.061	8.7474	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.075	0.0477	
B2	250	600	Atas	8.9238	2.8337	6.3951
			Bawah	4.654	8.1721	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.0738	0.0522	
B3	250	400	Atas	5.152	3.4295	4.2116

			Bawah	2.9303	3.1208	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.0835	0.0679	
B3K	250	400	Atas	7.4891	7.4891	4.2116
			Bawah	3.5784	3.5784	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.1665	0.1197	
BA1	250	600	Atas	1.9432	0.5282	0
			Bawah	0.9667	4.1087	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.0215	0	
BA2	250	400	Atas	3.9197	3.9197	0
			Bawah	2.5548	2.5548	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.0518	0	
BA2K	250	400	Atas	6.8919	6.8919	0
			Bawah	3.3062	3.3062	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.0677	0	
BB	300	500	Atas	4.5505	4.5505	6.1155
			Bawah	5.42	5.42	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.1104	0.1104	
BD1	350	700	Atas	6.9821	1.2534	10.18
			Bawah	3.4524	5.0357	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.1215	0.0536	
BD2	300	400	Atas	2.3503	0.5764	3.7775
			Bawah	1.1656	2.2917	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.0259	0.0329	
BD3	250	400	Atas	2.8016	0.6841	4.2116
			Bawah	1.3844	2.4503	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.045	0.0422	
BDK	300	500	Atas	14.4472	14.4472	6.0523
			Bawah	6.817	6.817	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.1391	0.1391	
BR1	250	700	Atas	4.3088	4.3088	0
			Bawah	2.1339	2.1339	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.0215	0	

BR2	250	600	Atas	3.5662	0.9001	6.2951
			Bawah	1.7664	3.3693	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.0316	0.0317	
BR3	250	400	Atas	2.9303	0.7706	4.2116
			Bawah	1.7132	2.0414	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.0535	0.0539	
BRA1	200	400	Atas	1.2333	0	0
			Bawah	0.6127	1.2597	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.027	0	
BRA1K	200	400	Atas	0.7561	0.7561	0
			Bawah	0.3766	0.3766	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.0172	0	
BRK	250	500	Atas	3.7921	3.7921	5.3033
			Bawah	1.9268	1.9268	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.0765	0.0388	
BT	300	400	Atas	6.1891	6.1891	4.9246
			Bawah	3.5163	3.5163	
			Sengkang (cm^2/cm)	0.1424	0.1194	

Diambil contoh balok B1-25X70 yang menerima momen maksimum, sebagai berikut:

- FtopArea = 12.6189 cm^2

  Direncanakan tulangan dengan diameter 19 mm

  Jumlah tulangan yang dibutuhkan = $\frac{1261{,}89\ mm^2}{283{,}385\ mm^2}$ = 4,45 bh

  Digunakan tulangan 5D19

- FbotArea = 8.7474 cm^2

  Direncanakan tulangan dengan diameter 19 mm

  Jumlah tulangan yang dibutuhkan = $\frac{874{,}74\ mm^2}{283{,}385\ mm^2}$ = 3,09 bh

Digunakan tulangan 4D19

- VRebar = 0,075 cm^2/cm

  Direncanakan tulangan dengan diameter 10 mm

  Av = $2 \times 3{,}14 \times 0{,}25 \times 10^2 = 157\ mm^2$

  Jarak sengkang = $\frac{157\ mm^2}{0{,}75\ mm^2/mm}$ = 209 mm

  Dipakai tulangan sengkang 2D10-150

- TLngArea = 7,4869 cm^2

  Direncanakan tulangan dengan diameter 19 mm

  Jumlah tulangan yang dibutuhkan = $\frac{748{,}69\ mm^2}{283{,}385\ mm^2}$ = 2,61 bh

  Digunakan tulangan 4D19

Tabel 3.3. Penulangan Balok Sekolah di Kota Pekalongan

Jenis Balok	Ukuran (mm)		Posisi	Tulangan (mm)		Tulangan Peminggang	Berat/ m^3 (kg)
	b	h		Tumpuan	Lapangan		
B1	250	700	Atas	5D19	2D19	2D16	195.75
			Bawah	3D19	4D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
B2	250	600	Atas	4D19	2D19	2D16	190.18
			Bawah	2D19	4D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
B3	250	400	Atas	2D19	2D19	-	163.89
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
B3K	250	400	Atas	4D19	4D19	-	231.04
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-75	2D10-100		

BA1	250	600	Atas	2D19	2D19	2D16	160.21
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BA2	250	400	Atas	2D19	2D19	-	163.89
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BA2K	250	400	Atas	4D19	4D19	-	208.85
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BB	300	500	Atas	2D19	2D19	-	121.59
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-125		
BD1	350	700	Atas	4D19	2D19	2D16	126.50
			Bawah	2D19	4D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BD2	300	400	Atas	2D19	2D19	-	141.71
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BD3	250	400	Atas	2D19	2D19	-	163.89
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BDK	300	500	Atas	6D19	6D19	-	215.01
			Bawah	3D19	3D19		
			Sengkang	2D10-75	2D10-100		
BR1	250	700	Atas	2D19	2D19	2D16	144.37
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BR2	250	600	Atas	2D19	2D19	2D16	160.21
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BR3	250	400	Atas	2D19	2D19	-	163.89
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BRA1	200	400	Atas	2D19	2D19	-	197.16
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BRA1K	200	400	Atas	2D19	2D19	-	197.16
			Bawah	2D19	2D19		

			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BRK	250	500	Atas	2D19	2D19	-	140.89
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BT	300	400	Atas	3D19	2D19	-	160.45
			Bawah	2D19	3D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-125		

Tabel 3.4. Penulangan Balok Sekolah di Kota Cilacap

Jenis Balok	Ukuran (mm)		Posisi	Tulangan (mm)		Tulangan Peminggang	Berat/ m^3 (kg)
	b	h		Tumpuan	Lapangan		
B1	250	700	Atas	5D19	2D19	2D16	195.75
			Bawah	3D19	4D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
B2	250	600	Atas	4D19	2D19	2D16	190.18
			Bawah	2D19	4D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
B3	250	400	Atas	2D19	2D19	-	163.89
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
B3K	250	400	Atas	4D19	4D19	-	231.04
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-75	2D10-100		
BA1	250	600	Atas	2D19	2D19	2D16	160.21
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BA2	250	400	Atas	2D19	2D19	-	163.89
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BA2K	250	400	Atas	4D19	4D19	-	208.85
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BB	300	500	Atas	2D19	2D19	-	121.59
			Bawah	2D19	2D19		

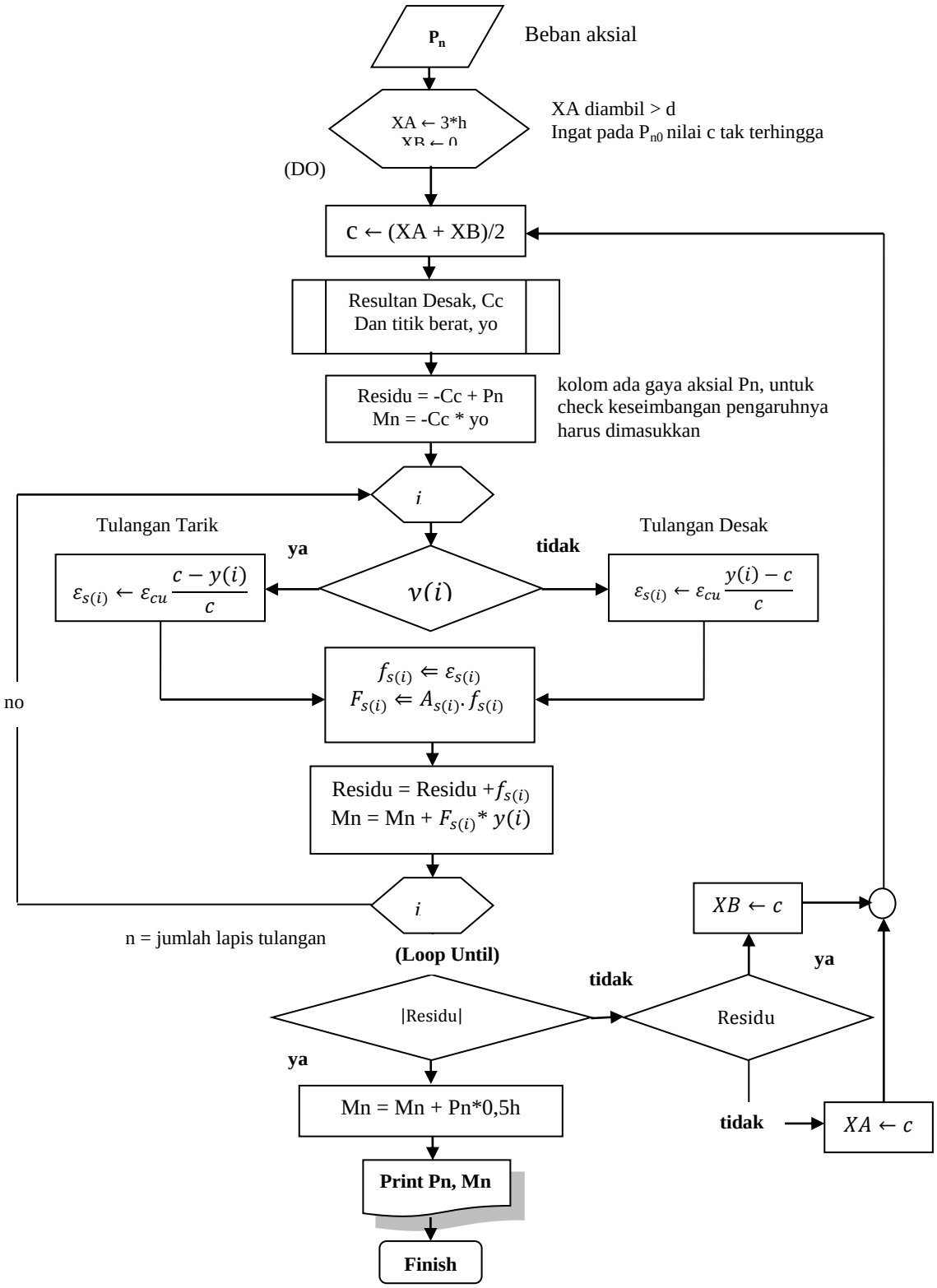
			Sengkang	2D10-100	2D10-125		
BD1	350	700	Atas	4D19	2D19	2D16	141.60
			Bawah	2D19	4D19		
			Sengkang	2D10-75	2D10-100		
BD2	300	400	Atas	2D19	2D19	-	141.71
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BD3	250	400	Atas	2D19	2D19	-	163.89
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BDK	300	500	Atas	6D19	6D19	-	215.01
			Bawah	3D19	3D19		
			Sengkang	2D10-75	2D10-100		
BR1	250	700	Atas	2D19	2D19	2D16	144.37
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BR2	250	600	Atas	2D19	2D19	2D16	160.21
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BR3	300	400	Atas	2D19	2D19	-	141.71
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BR4	250	400	Atas	2D19	2D19	-	163.89
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BRA1	200	400	Atas	2D19	2D19	-	197.16
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BRA1K	200	400	Atas	2D19	2D19	-	197.16
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BRK	250	500	Atas	2D19	2D19	-	140.89
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BT	300	400	Atas	3D19	2D19	-	160.45
			Bawah	2D19	3D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-125		

Tabel 3.5. Penulangan Balok Sekolah di Kota Rembang

Jenis Balok	Ukuran (mm)		Posisi	Tulangan (mm)		Tulangan Peminggang	Berat/ m^3 (kg)
	b	h		Tumpuan	Lapangan		
B1	250	700	Atas	5D19	2D19	2D16	195.75
			Bawah	3D19	4D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
B2	250	600	Atas	4D19	2D19	2D16	190.18
			Bawah	2D19	4D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
B3	250	400	Atas	3D19	2D19	-	186.37
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
B3K	250	400	Atas	4D19	4D19	-	231.04
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-75	2D10-100		
BA1	250	600	Atas	2D19	2D19	2D16	160.21
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BA2	250	400	Atas	2D19	2D19	-	163.89
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BA2K	250	400	Atas	4D19	4D19	-	208.85
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BB	350	500	Atas	4D19	4D19	-	183.92
			Bawah	4D19	4D19		
			Sengkang	2D12-100	2D12-125		
BD1	400	700	Atas	4D19	3D19	2D16	161.24
			Bawah	3D19	4D19		
			Sengkang	2D12-75	2D12-100		
BD2	300	400	Atas	2D19	2D19	-	141.71
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BD3	250	400	Atas	2D19	2D19	-	163.89
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		

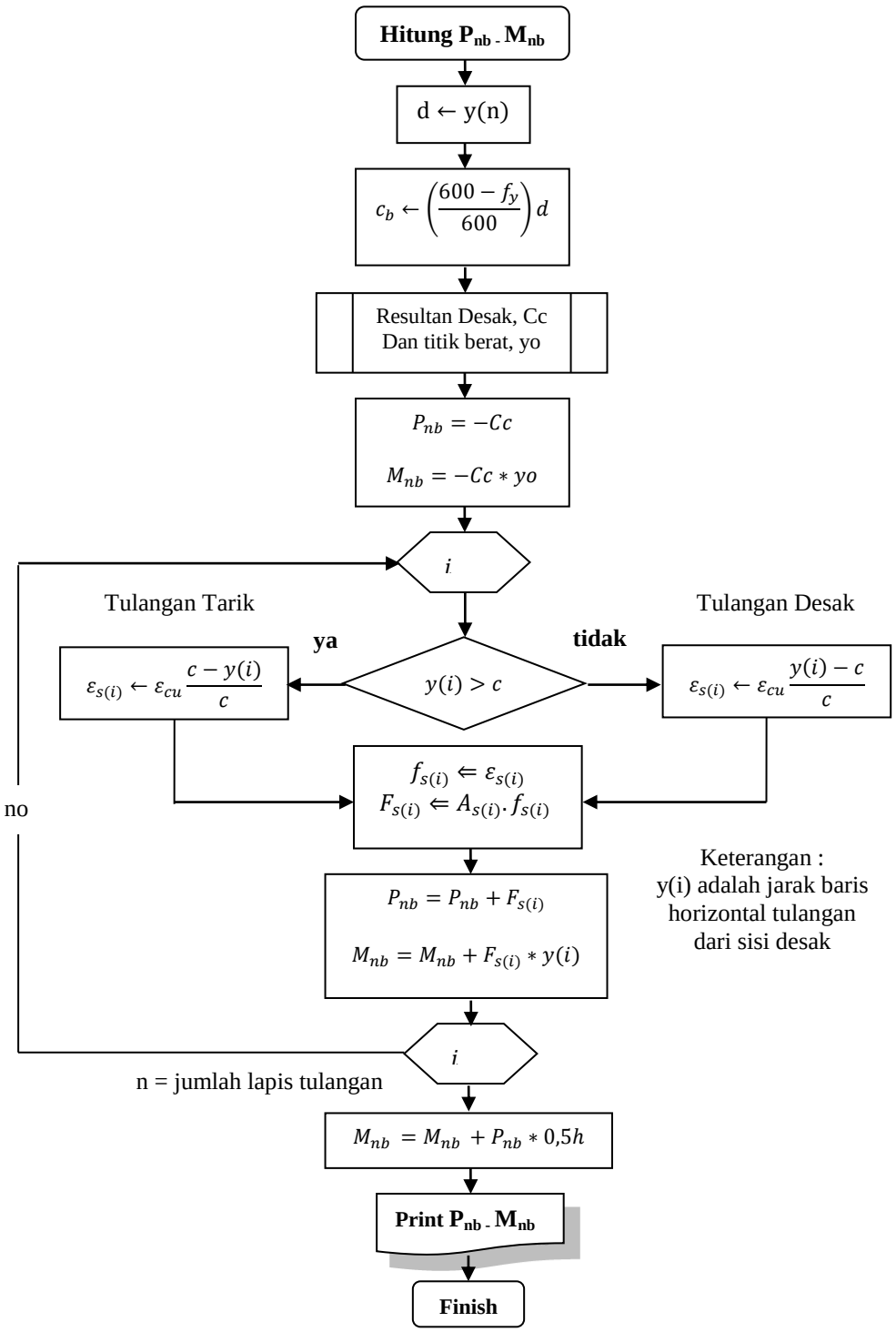
BDK	300	500	Atas	6D19	6D19	-	215.01
			Bawah	3D19	3D19		
			Sengkang	2D10-75	2D10-100		
BR1	250	700	Atas	2D19	2D19	2D16	144.37
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BR2	250	600	Atas	2D19	2D19	2D16	160.21
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BR3	300	400	Atas	2D19	2D19	-	141.71
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BRA1	200	400	Atas	2D19	2D19	-	197.16
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BRA1K	200	400	Atas	2D19	2D19	-	197.16
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BRK	250	500	Atas	2D19	2D19	-	140.98
			Bawah	2D19	2D19		
			Sengkang	2D10-100	2D10-150		
BT	350	400	Atas	4D19	2D19	-	176.48
			Bawah	2D19	3D19		
			Sengkang	2D10-75	2D10-100		

3.2.5. Perancangan Dimensi Kolom



Gambar 3.15. Iterasi Mencari c (posisi garis netral) dan Menghitung P_n – M_n

Algoritma tersebut selanjutnya dapat dimodifikasi untuk menghitung nilai P_{nb} dan sekaligus M_{nb} tanpa melalui iterasi karena sumbu netral (c) dapatditentukan langsung dari diagram regangan penampang.



Gambar 3.16. Menghitung P_n – M_n Kolom kondisi balans

a. Data teknis :

- Mutu beton (fc') = 25,4 Mpa
- Mutu baja (fy) = 400 Mpa
- Selimut beton (p) = 50 mm

b. Analisis dan Desain Penulangan Balok

Untuk memudahkan perhitungan, dalam mencari kebutuhan tulangan kolom dilakukan dengan program SAP2000 v.17.0.0. Kombinasi pembebanan gravitasi dan pembebanan gempa yaitu :

1. DL + LL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1,2 DL + LL + Ex + 0,3 Ey
4. 1,2 DL + LL + 0,3Ex + Ey

Menggunakan framing *type : **Sway Special***, dari hasil analisis dan desain kolom diperoleh tulangan maksimum dari kombinasi pembebanan di atas sebagai berikut:

Tabel 3.6. Penulangan Kolom Sekolah di Kota Pekalongan

Tipe Kolom	Ukuran Kolom (cm)	Tulangan Kolom	Tulangan Sengkang	
		Tulangan (mm)	Tumpuan (mm)	Lapangan (mm)
K1	40 x 70	8D22	2D10-100	2D10-150
K2	40 x 50	6D22	2D10-100	2D10-150

Tabel 3.7. Penulangan Kolom Sekolah di Kota Cilacap

Tipe Kolom	Ukuran Kolom (cm)	Tulangan Kolom	Tulangan Sengkang	
		Tulangan (mm)	Tumpuan (mm)	Lapangan (mm)
K1	40 x 80	10D22	2D10-100	2D10-125
K2	40 x 50	6D22	2D10-100	2D10-150

Tabel 3.8. Penulangan Kolom Sekolah di Kota Rembang

Tipe Kolom	Ukuran Kolom (cm)	Tulangan Kolom	Tulangan Sengkang	
		Tulangan (mm)	Tumpuan (mm)	Lapangan (mm)
K1	40 x 80	10D22	2D10-75	2D10-100
K2	40 x 60	10D22	2D10-100	2D10-150

Sesuai persyaratan detail penulangan kolom K1-40X70 antara lain :

- PMMArea = 28 cm^2 (diperoeh luas tulangan dari Program SAP 2000)

  Direncanakan tulangan dengan diameter 22 mm

  Jumlah tulangan yang dibutuhkan = $\frac{2800\ mm^2}{379{,}94\ mm^2}$ = 7,36 bh

  Digunakan tulangan 8D22

- Tulangan sengkang tumpuan

  Untuk tulangan tumpuan dipakai tulangan dengan jarak minimum 2D10-100.

- Tulangan sengkang lapangan

  Direncanakan tulangan dengan diameter 10 mm

  Av = $2 \times 3{,}14 \times 0{,}25 \times 10^2 = 157\ mm^2$

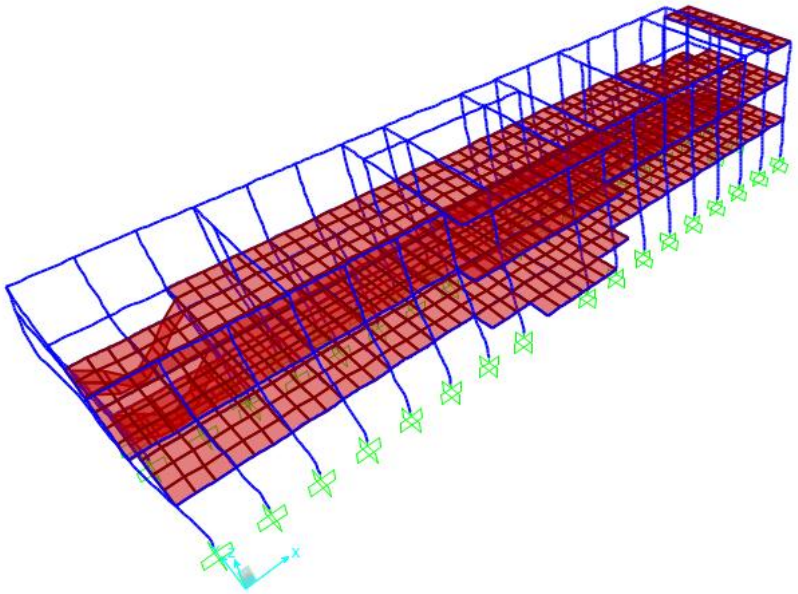
  $$s_{min} = \frac{3\ A_V f_y}{b_W} = \frac{3\ .\ 157\ .240}{700} = 161{,}5\ mm$$

  Digunakan tulangan sengkang lapangan 2D10-150

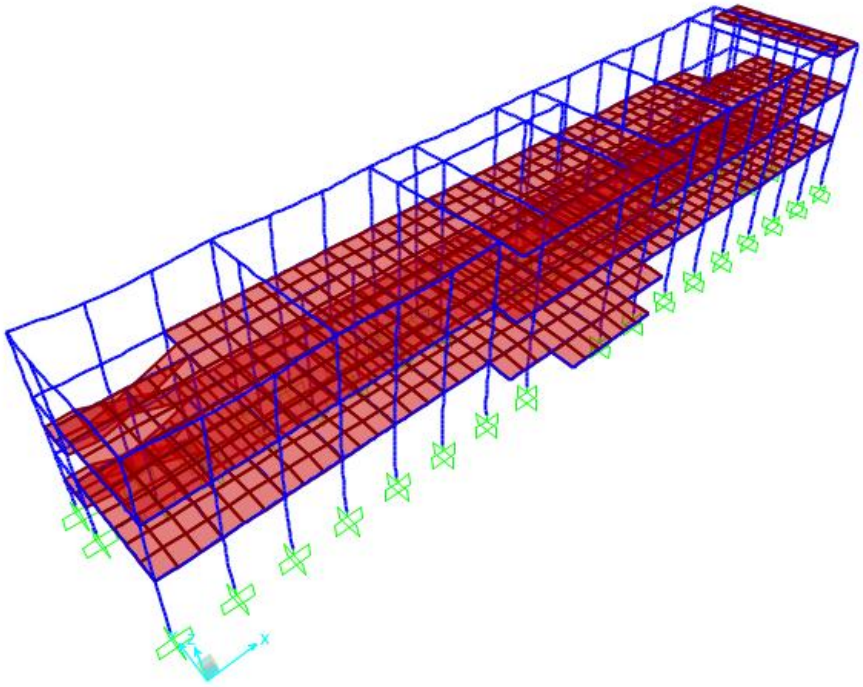
3.3. Analisis dan Desain Struktur untuk Desain Spektra Pekalongan, Cilacap dan Rembang

3.3.1. Analisis dan Desain Struktur untuk Desain Spektra di Pekalongan

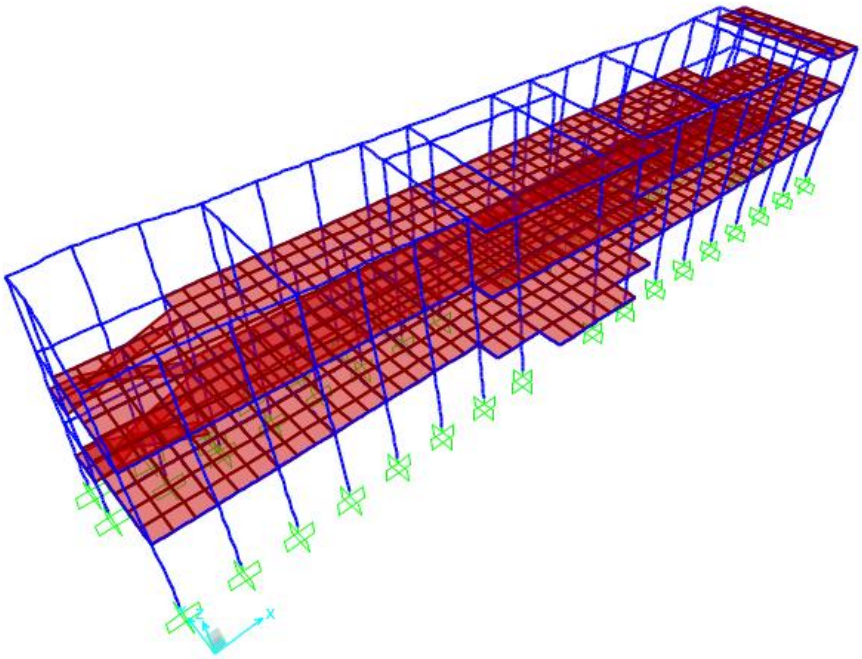
Perhitungan gaya gempa yang bekerja dilakukan dengan analisis dinamik Ragam Spektrum Respons tiga dimensi dengan menggunakan Respons Dinamik terbesar dari seluruh mode yang memiliki konstribusi berarti terhadap respon total struktur (*Effective Mass Modal* mencapai sekurang-kurangnya dari 90%).



MODE 1



MODE 2



MODE 3

Gambar 3.17. Respons Modal Setiap Mode untuk Struktur Gedung Sekolah

Hasil perhitungan analisis dinamik spektrum respon untuk struktur gedung sekolah disajikan pada *output* SAP2000 v17.0.0 berikut :

Tabel 3.9. Modal and Frequncies Struktur Gedung Sekolah di Pekalongan

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.455971	2.1931	13.78	189.88
MODAL	Mode	2	0.361617	2.7654	17.375	301.9
MODAL	Mode	3	0.325285	3.0742	19.316	373.11
MODAL	Mode	4	0.173213	5.7732	36.274	1315.8
MODAL	Mode	5	0.155319	6.4384	40.453	1636.5
MODAL	Mode	6	0.145375	6.8788	43.221	1868
MODAL	Mode	7	0.124421	8.0372	50.499	2550.2
MODAL	Mode	8	0.097806	10.224	64.241	4127
MODAL	Mode	9	0.080302	12.453	78.245	6122.2

Jadi, untuk perhitungan waktu getar alami fundemental gedung sekolah di Pekalongan sebagai berikut:

Jumlah lantai = 3 lantai, sehingga N = 3

T_a = 0,1 × 3 = 0,3 detik

$C_u\ T_a$ = 1,4 × 0,3 = 0,42 detik

T_c = 0,4559 detik

Dengan,

T_c = Perioda fundamental struktur (diperoleh dari hasil program analisis struktur)

Jadi, $T_c > C_u\ T_a$

Sehingga perioda fundamental struktur (T) menggunakan:

T = $C_u\ T_a$

= 0,42 detik

Jadi, $T_0 < T < T_S$

Sehingga spektrum respons percepatan desain S_a sama dengan S_{DS} :

S_a = S_{DS} = 0,555 g

Hasil perhitungan analisis dinamik spektrum respon untuk struktur gedung sekolah di Pekalongan disajikan pada *output* SAP2000 v17.0.0 berikut,

Tabel 3.10. Modal Load Participation Ratios Struktur Gedung Sekolah di Pekalongan

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99.187
MODAL	Acceleration	UY	100	99.4065
MODAL	Acceleration	UZ	0.641	0.1222

Dynamic Percent untuk UX dan UY harus lebih dari 90%, pada gedung sekolah memenuhi.

Hasil perhitungan *masses and weight* untuk struktur gedung sekolah disajikan pada *output* SAP2000 v17.0.0 berikut,

Tabel 3.11. Group 3-Masses and Weight Struktur Gedung Sekolah di Pekalongan

TABLE: Groups 3 - Masses and Weights					
GroupName	SelfMass	SelfWeight	TotalMassX	TotalMassY	TotalMassZ
Text	KN-s2/m	KN	KN-s2/m	KN-s2/m	KN-s2/m
All	992.97	9737.7	992.97	992.97	992.97

Besar beban gempa horisontal (V) yang bekerja pada struktur bangunan sebagai berikut:

S_a = 0,555 g

I_e = 1,5

R = 8

W_t = 9737,7 kN

$$V = \frac{S_a . I_e}{R} . W_t$$

$$V = \frac{0,555 . 1,5}{8} . 9737,7$$

= 1013,33 kN

Jadi, besar beban gempa horisontal yang bekerja pada gedung sekolah sebesar 1013,33 kN.

3.3.2. Analisis dan Desain Struktur untuk Desain Spektra di Cilacap

Hasil perhitungan analisis dinamik spektrum respon untuk struktur gedung sekolah disajikan pada *output* SAP2000 v17.0.0 berikut :

Tabel 3.12. Modal and Frequncies Struktur Gedung Sekolah di Cilacap

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.447299	2.2356	14.047	197.32
MODAL	Mode	2	0.341208	2.9308	18.415	339.1
MODAL	Mode	3	0.310042	3.2254	20.266	410.7
MODAL	Mode	4	0.170874	5.8523	36.771	1352.1
MODAL	Mode	5	0.152362	6.5633	41.238	1700.6
MODAL	Mode	6	0.142008	7.0418	44.245	1957.6
MODAL	Mode	7	0.123586	8.0916	50.841	2584.8
MODAL	Mode	8	0.096476	10.365	65.127	4241.6
MODAL	Mode	9	0.073637	13.58	85.327	7280.7

Jadi, untuk perhitungan waktu getar alami fundemental gedung sekolah di Cilacap sebagai berikut:

Jumlah lantai = 3 lantai, sehingga N = 3

T_a = 0,1 × 3 = 0,3 detik

C_u T_a = 1,4 × 0,3 = 0,42 detik

T_c = 0,447299 detik

Dengan,

T_c = Perioda fundamental struktur (diperoleh dari hasil program analisis struktur)

Jadi, $T_c > C_u\ T_a$

Sehingga perioda fundamental struktur (T) menggunakan:

T = $C_u\ T_a$

= 0,42 detik

Jadi, $T_0 < T < T_S$

Sehingga spektrum respons percepatan desain S_a sama dengan S_{DS} :

S_a = S_{DS} = 0,612 g

Hasil perhitungan analisis dinamik spektrum respon untuk struktur gedung sekolah di Pekalongan disajikan pada *output* SAP2000 v17.0.0 berikut,

Tabel 3.13. Modal Load Participation Ratios Struktur Gedung Sekolah di Cilacap

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99.1945
MODAL	Acceleration	UY	100	99.298
MODAL	Acceleration	UZ	0.5756	0.1007

Dynamic Percent untuk UX dan UY harus lebih dari 90%, pada gedung sekolah memenuhi.

Hasil perhitungan *masses and weight* untuk struktur gedung sekolah disajikan pada *output* SAP2000 v17.0.0 berikut,

Tabel 3.14. Group 3-Masses and Weight Struktur Gedung Sekolah di Cilacap

TABLE: Groups 3 - Masses and Weights					
GroupName	SelfMass	SelfWeight	TotalMassX	TotalMassY	TotalMassZ
Text	KN-s2/m	KN	KN-s2/m	KN-s2/m	KN-s2/m
All	1020.94	10011.975	1020.94	1020.94	1020.94

Besar beban gempa horisontal (V) yang bekerja pada struktur bangunan sebagai berikut:

S_a = 0,612 g

I_e = 1,5

R = 8

W_t = 10011,975 kN

$$V = \frac{S_a . I_e}{R} . W_t$$

V $= \frac{0,612.1,5}{8}.10011,975$

= 1148,9 kN

Jadi, besar beban gempa horisontal yang bekerja pada gedung sekolah sebesar 1148,9 kN.

3.3.3. Analisis dan Desain Struktur untuk Desain Spektra di Rembang

Hasil perhitungan analisis dinamik spektrum respon untuk struktur gedung sekolah disajikan pada *output* SAP2000 v17.0.0 berikut :

Tabel 3.15. Modal and Frequncies Struktur Gedung Sekolah di Rembang

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	**StepType**	**StepNum**	**Period**	**Frequency**	**CircFreq**	**Eigenvalue**
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.447109	2.2366	14.053	197.48
MODAL	Mode	2	0.334957	2.9855	18.758	351.87
MODAL	Mode	3	0.295693	3.3819	21.249	451.52
MODAL	Mode	4	0.164176	6.091	38.271	1464.7
MODAL	Mode	5	0.141571	7.0636	44.382	1969.7
MODAL	Mode	6	0.126245	7.9211	49.77	2477
MODAL	Mode	7	0.107524	9.3002	58.435	3414.7
MODAL	Mode	8	0.08207	12.185	76.559	5861.3
MODAL	Mode	9	0.067046	14.915	93.715	8782.4

Jadi, untuk perhitungan waktu getar alami fundemental gedung sekolah di Pekalongan sebagai berikut:

Jumlah lantai = 3 lantai, sehingga N = 3

T_a = 0,1 × 3 = 0,3 detik

$C_u T_a$ = 1,4 × 0,3 = 0,42 detik

T_c = 0,447109 detik

Dengan,

T_c = Perioda fundamental struktur (diperoleh dari hasil program analisis struktur)

Jadi, $T_c > C_u\ T_a$

Sehingga perioda fundamental struktur (T) menggunakan:

T $= C_u\ T_a$

$= 0{,}42$ detik

Jadi, $T_0 < T < T_S$

Sehingga spektrum respons percepatan desain S_a sama dengan S_{DS} :

$S_a = S_{DS} = 0{,}931$ g

Hasil perhitungan analisis dinamik spektrum respon untuk struktur gedung sekolah di Rembang disajikan pada *output* SAP2000 v17.0.0 berikut,

Tabel 3.16. Modal Load Participation Ratios Struktur Gedung Sekolah di Rembang

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	**ItemType**	**Item**	**Static**	**Dynamic**
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99.2463
MODAL	Acceleration	UY	100	99.2949
MODAL	Acceleration	UZ	0.5923	0.1454

Dynamic Percent untuk UX dan UY harus lebih dari 90%, pada gedung sekolah memenuhi.

Hasil perhitungan *masses and weight* untuk struktur gedung sekolah disajikan pada *output* SAP2000 v17.0.0 berikut,

Tabel 3.17. Group 3-Masses and Weight Struktur Gedung Sekolah di Rembang

TABLE: Groups 3 - Masses and Weights					
GroupName	SelfMass	SelfWeight	TotalMassX	TotalMassY	TotalMassZ
Text	KN-s2/m	KN	KN-s2/m	KN-s2/m	KN-s2/m
All	1061.03	10405.114	1061.03	1061.03	1061.03

Besar beban gempa horisontal (V) yang bekerja pada struktur bangunan sebagai berikut:

S_a = 0,931 g

I_e = 1,5

R = 8

W_t = 10405,114 kN

$$V = \frac{S_a . I_e}{R} . W_t$$

$$V = \frac{0,931 . 1,5}{8} . 10405,114$$

= 1816,343 kN

Jadi, besar beban gempa horisontal yang bekerja pada gedung sekolah sebesar 1816,343 kN.

BAB IV

RENCANA KERJA DAN SYARAT

4.1. Pasal-Pasal RKS yang Berlaku

PASAL 01. PEKERJAAN BETON STRUKTUR ATAS

01.1. Lingkup Pekerjaan

a. Termasuk dalam lingkup pekerjaan ini adalah :
Semua pekerjaan beton struktur yang ada dalam masing-masing jenis pekerjaan yang tercantum dalam pasal-pasal buku RKS ini antara lain yang dikerjakan :
Beton Bertulang Struktur bangunan 3 lantai.
b. Pekerjaan ini meliputi penyediaan bahan, peralatan dan tenaga kerja serta pelaksanaan pekerjaan beton sesuai dengan RKS dan gambar-gambar pelaksanaan yang telah disediakan untuk proyek ini.

01.2. Pedoman Pelaksanaan

Pelaksanaan pekerjaan ini harus mengikuti :
Semua ketentuan dalam SKSNI T-15-1991-03 / SNI 03-2847-2013 terutama yang menyangkut pekerjaan beton struktur.

01.3. Bahan - bahan yang Digunakan

a. Semen
1. Semen yang digunakan untuk proyek ini adalah Portland Cement jenis II menurut NI 8 atau type I menurut ASTM, memenuhi S.400 menurut Standard Cement Portland yang digariskan oleh Asosiasi Cement Indonesia.
2. Merk yang dipilih tidak dapat ditukar-tukar dalam pelaksanaan tanpa persetujuan Pengawas Lapangan.
3. Persetujuan PC hanya akan diberikan apabila dipasaran tidak diperoleh semen dari merk yang telah dipilih dan telah digunakan.
4. Merk semen yang diusulkan sebagai pengganti dari merk semen yang sudah digunakan harus disertai jaminan dari Kontraktor yang dilengkapi dengan data teknis yang membuktikan bahwa mutu semen pengganti setaraf dengan mutu semen yang digantikannya.

5. Batas-batas pengecoran yang memakai semen berlainan merk harus disetujui oleh Pengawas Lapangan.

b. Aggregates.
Aggregates yang digunakan harus sesuai dengan syarat - syarat dalam SKSNI T-15-1991-03 / SNI 03-2847-2013, terdiri dari :
1. Pasir beton (aggregat halus). Kadar lumpur tidak boleh melebihi 4% berat pasir beton.
2. Koral atau crushed stone (aggregat kasar) :
   - Harus mempunyai susunan gradasi yang baik, cukup syarat kekerasannya dan padat (tidak porous). Dimensi maksimum 2,5 cm, dan tidak lebih seperempat dimensi beton yang terkecil dari bagian konstruksi yang bersangkutan.
     - Khusus untuk pekerjaan beton, diluar lapis pembesian yang berat batas maksimum tersebut 3 cm dengan gradasi baik.
     - Pada bagian dimana pembesian cukup berat (cukup ruwet) digunakan koral semua split digunakan pecah/giling mesin.

c. Besi beton
Besi beton yang digunakan ialah : **besi beton ulir mutu BJTD 40 (fy = 400 MPa) ex Krakatau Steel/setara, untuk diameter lebih besar atau sama dengan 10 mm dan BJTP 24 (fy = 240 MPa) untuk diameter lebih kecil dari 10 mm.**
Untuk mendapatkan jaminan akan kualitas besi yang diminta, maka disamping adanya sertifikat dari pabrik, juga harus harus dimintakan sertifikat dari laboratorium baik pada saat pemasangan secara periodik minimal 2 contoh percobaan tarik (stress-strain) dan perlengkapannya untuk setiap 20 ton besi. Konsultan Pengawas harus menyaksikan pengetesan besi dan segala biaya yang berkenaan dengan pekerjaan ini menjadi tanggung jawab Kontraktor.

d. Admixture.
Pemakaian bahan tambahan untuk perbaikan mutu beton dari merk setarap Super Plastet SR (kedap air) dan plastet no. 2 untuk beton biasa. Namun sebelumnya Kontraktor diwajibkan mengajukan analisis kimia serta test, dan juga bukti penggunaan selama 5 tahun di Indonesia. Penggunaan harus sesuai dengan petunjuk teknis pabrik.

01.4. Tata Cara Pengiriman dan Penyimpanan Bahan

a. Pengiriman dan penyimpanan bahan pada umumnya harus sesuai dengan jadwal pelaksanaan.

b. Penyimpanan Semen.
1. Semen harus didatangkan & disimpan dalam kantung/zak yang utuh. Berat semen harus sama dengan yang tercantum dalam zak.

2. Semen harus disimpan dalam gudang yang kering, terlindung dari pengarus cuaca, berventilasi cukup dan lantai yang bebas dari tanah.
3. Semen harus dalam keadaan belum mulai mengeras jika ada bagian yang mulai mengeras, bagian tersebut harus dapat ditekan hancur oleh tangan bebas (tanpa alat) dan jumlah bagian yang mulai mengeras ini tidak lebih dari 5% berat semen.
4. Pada bagian semen yang mengeras tersebut harus dicampurkan semen dalam jumlah yang sama dengan syarat bahwa kualitas beton yang dihasilkan harus sesuai dengan yang diminta Perencana.

c. Penyimpanan Besi Beton
   1. Besi beton disimpan dengan menggunakan bantalan-bantalan kayu sehingga bebas dari tanah (minimal 20 cm).
   2. Beton harus disimpan bebas dari lumpur, minyak atau zat asing lainnya.

d. Aggregates harus ditempatkan dalam bak-bak yang cukup terpisah dari satu dan lain jenisnya/gradasinya dan diatas lantai beton ringan untuk menghindari tercampurnya dengan tanah.

01.5. Bekisiting yang Digunakan

a. Bekisting harus dibuat dari papan kayu Kalimantan dengan rangka kayu yang kuat tidak mudah berubah bentuk dan jika perlu menggunakan baja.

b. Bekisting harus dibuat sedemikian rupa sehingga tidak ada perubahan bentuk yang nyata dan harus dapat menampung bahan-bahan sementara sesuai dengan jalannya kecepatan pembetonan.

c. Semua bekisting harus diberi penguat datar dan silangan sehingga kemungkinan bergeraknya bekisting selama dalam pelaksanaan dapat dihindarkan, juga harus cukup rapat untuk menghindarkan keluarnya adukan (mortar leakage)

d. Susunan bekisting dengan penunjang-penunjang harus teratur sehingga pengawasan atas kekurangannya dapat mudah dilakukan.
   Penyusunan bekisting harus sedemikian rupa sehingga pada waktu pembongkarannya tidak akan merusak dinding, balok atau kolom beton yang bersangkutan.

e. Pada bagian terendah pada setiap fase pengecoran dari bekisting kolom atau dinding, harus ada bagian yang mudah dibuka untuk inspeksi dan pembersihan.

f. Kayu bekisting harus bersih dan dibasahi air terlebih dahulu sebelum pengecoran.

g. Air pembasahan tersebut harus diusahakan agar mengalir sedemikian rupa agar tidak menggenangi sisi bawah dari bekisting.

h. Pemilihan susunan dan ukuran yang tepat dari penyangga-penyangga atau silangan-silangan bekesting menjadi tanggung jawab Kontraktor.

i. Pembongkaran Bekisting :
Cetakan tidak boleh dibongkar sebelum beton mencapai kekuatan khusus yang cukup untuk memikul 2 x beban sendiri.
Bila akibat pembongkaran cetakan, pada bagian konstruksi akan bekerja beban-beban yang lebih tinggi dari pada beban rencana, maka cetakan tidak boleh dibongkar selama keadaan tersebut berlangsung.

Perlu ditentukan bahwa tanggung jawab atas keamanan konstruksi beton seluruhnya terletak pada Kontraktor, dan perhatian Kontraktor mengenai pembongkaran cetakan ditujukan ke SKSNI T-15-1991-03 dalam pasal yang bersangkutan.

Pembongkaran harus memberi tahu Pemberi Tugas / Arsitek bila mana ia bermaksud akan membongkar cetakan pada bagian-bagian konstruksi yang utama dan minta persetujuannya, tapi dengan adanya persetujuan itu tidak berarti Kontraktor terlepas dari tanggung jawabnya.

01.6. Pemasangan Pipa-pipa

Pemasangan pipa dalam beton tidak boleh merugikan kekuatan konstruksi.

01.7. Pelaksanaan Pembuatan Beton / Kualitas Beton

Adukan beton adalah campuran dari semen Portland, pasir beton, batu pecah/kerikil dan air. Semuanya diaduk dalam perbandingan tertentu sehingga didapat kekentalan yang baik dengan kekuatan yang diinginkan.

a. Pemeriksaan mutu hasil pelaksanaan
   1. Kontraktor diwajibkan untuk mengadakan percobaan pendahuluan atas minimum 20 benda uji untuk memastikan dapat dicapainya kekuatan karakteristik pada kelas dan mutu beton seperti yang telah ditetapkan. Pemeriksaan benda uji dapat dilaksanakan pada umur beton 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari atau menurut petunjuk pasal 41 ayat 2 dan 3 PBI 1971.
   2. Selama masa pelaksanaan, Kontraktor diwajibkan secara tetap menyelenggarakan pemeriksaan benda-benda uji (kubus) beton menurut ketentuan-ketentuan dalam pasal 47 ayat 2 dan 3 PBI 1971.

Untuk masing-masing mutu beton harus dibuat 1 (satu) benda uji setiap 5 m3 beton. Ukuran kubus beton adalah 15x15x15 cm3 dan pembuatan serta pemeriksaannya harus disesuaikan dengan pasal 49 PBI 1971.

3. Pada tiap-tiap kali mengaduk beton Kontraktor diwajibkan menyelenggarakan pengujian slump seperti yang ditentukan didalam pasal 44 ayat 2 PBI 1971.

b. Kualitas Beton

1. Kecuali yang ditentukan lain dalam gambar, **kualitas beton adalah f'c = 25 MPa (K–300)** (K adalah tegangan tekan hancur karakteristik untuk kubus beton 15x15x15 pada usia 28 hari, dengan derajat konfidensi 0,95) . Evaluasi penentuan karakteristik ini digunakan ketentuan-ketentuan yang terdapat dalam code PBI 1971.
2. Pelaksana harus memberikan jaminan atas kemampuannya membuat kualitas beton ini dengan memperhatikan data-data pelaksanaan di lain tempat atau dengan mengadakan *trial-mixes*.
3. Selama pelaksanaan harus dibuat benda-benda uji menurut ketentuan-ketentuan yang disebut dalam pasal 4, 7 dan 4,9 dari PBI 1971, mengingat bahwa WC factor yang sesuai di sini adalah sekitar 0,52 – 0,55 maka pemasukan adukan ke dalam cetakan benda uji dilakukan menurut pasal 4,9 ayat 3 PBI 1971 tanpa menggunakan penggetar.

   Pada masa-masa pembetonan pendahuluan harus dibuat minimum 1 (satu) benda uji per 1½ m3 beton hingga dengan cepat diperoleh 20 benda uji yang pertama.

   Pengambilan benda-benda uji harus dengan periode antara yang disesuaikan dengan kecepatan pembetonan.
4. Kontraktor harus membuat laporan tertulis atas data-data kualitas beton yang dibuat dengan disahkan oleh Direksi Lapangan. Laporan tersebut harus dilengkapi dengan harga karakteristiknya.
5. Selama pelaksanaan harus ada pengujian slump minimum 5 cm, maximum 12 cm. Cara pengujian slump adalah sebagai berikut :

   Contoh : Beton diambil saat sebelum dituangkan ke dalam cetakan beton (bekisting), cetakan slump dibasahkan dan ditempatkan di atas kayu yang rata atau plat beton.

   Cetakan diisi sampai kurang lebih 1/3 nya. Kemudian adukan tersebut ditusuk-tusuk 25 kali dengan besi 16 mm panjang 30 cm dengan ujungnya yang bulat (seperti peluru).

   Pengisian dilakukan dengan cara serupa untuk dua lapisan berikutnya. Setiap lapis ditusuk-tusuk 25 kali dan setiap tusukan harus masuk dalam satu lapisan yang ada di bawahnya. Setelah diratakan, segera cetakan diangkat perlahan-lahan dan diukur penurunannya (slum-nya).
6. Jumlah semen minimum 340 kg per m3 beton, khusus pada atap pondasi luifel jumlah minimum tersebut dinaikkan menjadi 365

kg/m3 beton.

7. Pengujian kubus percobaan harus dilakukan di laboratorium yang disetujui oleh Direksi Lapangan.
8. Perawatan kubus percobaan tersebut adalah dalam pasir basah tapi tidak genang air selama 7 hari dan selanjutnya dalam udara terbuka.
9. Jika perlu maka digunakan juga pembuatan kubus percobaan untuk umur 7 hari dengan ketentuan hasilnya tidak boleh kurang 65% kekuatan yang diminta pada 28 hari.
   Jika hasil kuat tekan benda-benda uji tidak memberikan angka kekuatan yang diminta, maka harus dilakukan pengujian beton di tempat dengan cara-cara seperti ditetapkan dalam PBI 1971 dengan tidak menambah beban biaya bagi Pemberi Tugas (= beban Kontraktor).
10. Pengadukan beton dalam mixer tidak boleh kurang dari 75 detik terhitung setelah seluruh komponen adukan ke dalam mixer.
11. Penyampaian beton (adukan) dari mixer ke tempat pengecoran harus dilakukan dengan cara yang tidak mengakibatkan terjadinya segrasi komponen-komponen beton.
12. Harus digunakan vibrator untuk pemadatan beton.

01.8. Siar-siar Konstruksi dan Pembongkaran Bekisting

Pembongkaran bekisting dan penempatan siar-siar pelaksanaan, sepanjang tidak ditentukan lain dalam gambar, harus sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03.
Siar-siar tersebut harus dibasahi lebih dahulu dengan air semen tepat sebelum pengecoran lanjutan dimulai. Letak siar-siar tersebut harus disetujui oleh Pengawas Lapangan.

01.9. Penggantian Besi

a. Kontraktor harus mengusahakan supaya besi yang dipasang benar sesuai dengan apa yang tertera dalam gambar.

b. Dalam hal dimana berdasarkan pengalaman Kontraktor atau pendapatnya mengalami kekeliruan, kekurangan atau perlu penyempurnaan pembesian yang ada maka :
   1. Kontraktor dapat menambah ekstra besi dengan tidak mengurangi pembesian yang tertera dalam gambar, secepatnya hal ini diberitahukan kepada Pengawas Lapangan untuk sekedar informasi.
   2. Jika hal tersebut di atas akan dimintakan oleh Kontraktor sebagai kerja tambah, maka penambahan tersebut hanya dapat dilakukan setelah ada persetujuan tertulis dari Perencana dan disetujui Pemberi Tugas.

3. Jika diusulkan perubahan dari jalannya pembesian maka perubahan tersebut hanya dapat dijalankan dengan persetujuan tertulis dari Perencana.
   Mengajukan usul dalam rangka kejadian tersebut di atas adalah merupakan juga kewajiban bagi Kontraktor.

c. Jika Kontraktor tidak berhasil mendapatkan diameter besi yang sesuai dengan yang ditetapkan dalam gambar, maka dapat dilakukan penukaran diameter besi dengan diameter terdekat dengan syarat :

   1. Harus ada persetujuan dari Pengawas Lapangan.
   2. Jumlah luas besi tersebut tidak boleh kurang dari yang tertera dalam gambar.
   3. Penggantian tersebut tidak boleh mengakibatkan keruwetan pembesian di tempat tersebut atau di daerah overlapping yang dapat menyulitkan pembetonan atau penyampaian penggetar.

d. Toleransi Kualitas Besi :

Diameter, ukuran sisi (atau jarak antara dua permukaan yang berlawanan)	Variasi dalam berat yang diperbolehkan	Toleransi diameter
Dibawah 10 mm	± 7 %	± 0,4 mm
10 mm sampai 16 mm (tapi tidak termasuk □ 16 mm)	± 5 %	± 0,4 mm
16 mm sampai 28 mm	± 5 %	± 0,5 mm
29 mm dan 32 mm	± 4 %	-

01.10. Perawatan Beton

a. Beton harus dilindungi dari pengaruh panas, hingga tidak terjadi penguapan cepat.

b. Persiapan perlindungan atas kemungkinan datangnya hujan harus diperhatikan.
c. Beton harus dibasahi terus menerus selama minimal 10 hari sesudah pengecoran.

01.11. Tanggung Jawab Kontraktor

a. Kontraktor bertanggung jawab penuh atas kualitas konstruksi sesuai dengan ketentuan-ketentuan di atas dan sesuai dengan gambar-gambar konstruksi yang diberikan.

b. Adanya atau kehadiran Pengawas Lapangan selaku wakil Bouwher atau Perencana yang sejauh melihat/mengawasi/menegur atau memberi nasehat tidaklah mengurangi tanggung jawab penuh tersebut di atas.

c. Jika Pengawas Lapangan memberi ketentuan-ketentuan tambahan yang menyimpang dari ketentuan yang telah digariskan di atas atau yang telah tertera dalam gambar, maka ketentuan tambahan tersebut menjadi tanggung jawab Pengawas Lapangan, ketentuan tambahan ini harus dibuat secara tertulis.

PASAL 02. PEKERJAAN BAJA STRUKTUR

02.1. Lingkup Pekerjaan

Bagian ini mencakup segala sesuatu yang dibutuhkan untuk pekerjaan konstruksi baja sesuai dengan gambar dan spesifikasi.
Penyediaan semua material, peralatan dan tenaga, fabrikasi baja struktur terutama bagian penunjang seperti yang tercantum dalam gambar dan spesifikasi, pengiriman hasil fabrikasi baja sampai site, erection konstruksi baja dan pemasangan baut serta pengelasan.

02.2. Syarat-syarat dan Peraturan

Pekerjaan baja harus sesuai dengan standard dibawah ini :
- Peraturan Muatan Indonesia (PMI)
- American Institute of Steel Construction (AISC)
- Japanese Industiral Standard (JIP)
- American Sociaty for Testing Material (ASTM)
- American Welding Sociaty (AWS)
- Steel Structural Panising Council (SSPC)
- Standard Industri Indonesia (SII)
- PUBB 1970 (NI.3)
- Pedoman Perencanaan Baja untuk Gedung SKBI – 1.3.55. 1987 UDC : 693.814

02.3. Material dan Pabrikasi konstruksi baja

a. Semua material baja harus baru dari jenis yang sama kualitasnya dan disetujui oleh Direksi Lapangan. **Baja yang digunakan adalah dari jenis BJ.37 (fy = 240 MPa) dengan tegangan tarik putus baja minimum 3700 kg/cm^2.**
b. Kontraktor harus menyerahkan sertifikat tes dari pabrik dan dari Laboratorium resmi untuk disetujui oleh Direksi Lapangan, sebelum bahan baja dikirim ke lapangan.
c. Semua bagian baja sebelum dan sesudah dipabrikasi harus lurus dan tidak ada tekukan dan ukuran-ukuran harus sesuai dengan gambar. Profil

harus bebas dari karat lubang-lubang, bengkokan, puntiran dan cacat perubahan bentuk lainnya. Batang profil tekan tidak diijinkan bengkok lebih dari 1/400 kali panjang batang.

d. Seluruh pekerjaan baja harus disimpan rapih dan diletakkan di atas alas papan. Seluruh pekerjaan baja setelah dipabrikasi harus dibersihkan dari karat dengan sikat baja dan dicat Zine Chromat dua kali. Direksi Lapangan atau wakilnya berhak meninjau keadaan bengkel dan memeriksa pekerjaan fabrikasi serta peninjauan ke Laboratorium atas biaya Kontraktor.

e. Bila tidak disebutkan lain dalam gambar, **baut-baut atau mur yang digunakan harus baut hitam / HTB – A 325** dengan tegangan buat dan tegangan las minimum 3600 kg/cm^2. Ukuran-ukuran baut yang dipakai harus seperti yang tercantum dalam gambar.

02.4. Gambar kerja

a. Sebelum pabrikasi dimulai, Kontraktor harus membuat gambar kerja yang diperlukan dan harus disetujui Direksi sebelum dimulai pabrikasi.
b. Walaupun semua gambar kerja telah.disetujui Direksi, tidaklah berarti mengurangi tanggung jawab Kontraktor apabila terdapat kesalahan atau perubahan dalam gambar.
c. Tanggung jawab atas ketepatan ukuran selama erection tetap ada pada Kontraktor.
d. Pengukuran dengan skala dalam gambar tidak diperkenankan.

02.5. Tanda-tanda pada Konstruksi Baja

Semua konstruksi baja yang telah selesai dipabrikasi harus dibedakan dan diberi kode yang jelas sesuai bagian masing-masing agar dapat dipasang dengan mudah.

02.6. Pengelasan listrik

a. Pengelasan listrik harus dilaksanakan oleh tukang las yang berpengalaman dalam pelaksanaan konstruksi baja.
b. Kawat las harus dipakai merk kobesteel atau sederajat.
c. Permukaan bagian yang dilas harus dibersihkan dari bekas cat, minyak, karat dan bekas-bekas plotongan api yang kasar.
d. Bekas potongan api harus digurinda dengan rata.
e. Kerak bekas pengelasan harus dikeluarkan dan disikat.
f. Mutu elektroda las yang digunakan adalah E 70 XX.

02.7. Baut pengikat

Lubang lubang baut hars betul-betul tepat dan sesuai dengan diameternya. Kontraktor tidak boleh merubah atau membuat lubang baru di lapangan tanpa seizin Direksi Lapangan.

a. Pembuatan lubang-lubang baut harus memakai bor, untuk konstruksi sampai tebal maksimum 10 mm boleh memakai mesin pons.
b. Membuat lubang baut dengan api sama sekali tidak dibenarkan.

c. Baut-baut penyambung harus berkualitas baik dan baru.
d. Diameter baut, panjang ukir, harus sesuai dengan yang diperlukan.

02.8. Pemotongan baja

Semua bekas pemotongan besi harus rapi dan rata. Pemotongan hanya boleh dilaksanakan dengan brinder atau gergaji besi. Pemotongan dengan mesin las sama sekali tidak diperkenankan.

02.9. Pembersihan dan pengecatan

Semua baja konstruksi harus dibersihkan dari karat dan kotoran lain yang melekat, dengan memakai sikat kawat dan dicat dengan cat Zink Chroomate primer satu kali sebelum dikirim ke lapangan dan satu kali setelah erection selesai.

02.10. Erection

Sebelum erection dimulai, Kontraktor harus memeriksa kembali kedudukan angkur-angkur pada tiang-tiang beton dan memberitahu kepada Direksi Lapangan, metode dan urutan-urutan pelaksanaan erection.
Perhatikan khusus dalam pemasangan angkur pada kolom-kolom dimana jarak-jarak kedudukan angkur harus tepat, untuk mencegah ketidakcocokan dalam erection dan untuk itu harus dijaga agar selama pengecoran kolom/balok, angkur-angkur tersebut tidak bergeser.

Semua peralatan dan steger yang diperlukan untuk pemasangan konstruksi baja harus disediakan oleh Kontraktor.
Kontraktor harus bertanggung jawab atas keamanan dan keselamatan kerja di lapangan dan untuk itu harus menyediakan ikat pinggang pengaman, savety helmet, sarung tangan dan pemadam kebakaran.
Kontraktor hars menyediakan tenaga ahli dalam bidang konstruksi baja yang senantiasa mengawasi dan bertanggung jawab atas pekerjaan erection.

a. Penempatan konstruksi baja di lapangan harus diatur demikian hingga memudahkan pekerjaan erection. Kontraktor harus membantu Direksi Lapangan sebelum penggunaan konstruksi baja dan menjamin bahwa setelah di lapangan, konstruksi tersebut tetap dalam keadaan baik dan bersih.
b. Bila ternyata dikirim rusak dan bengkok Kontraktor harus menggantikan yang baru.

BAB V

RENCANA ANGGARAN BIAYA

5.1. Perhitungan Volume Pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan struktur tiap lantai masing-masing kota yaitu Pekalongan, Cilacap dan Rembang akan ditampilkan pada tabel di bawah ini :

PERHITUNGAN VOLUME PEKERJAAN SEKOLAH DI PEKALONGAN

Lantai 1

Jenis	Ukuran (cm)		Panjang	Luas	Volume/m	Volume Total	Berat Tulangan	Bekisting
	b	h	(m)	(m^2)	(m^3)	(m^3)	(kg/m^3)	(m^2/m^3)
B1	25	70	116		0.175	20.3	195.75	9.43
B2	25	60	18		0.15	2.7	190.18	9.67
B3	25	40	166.5		0.1	16.65	163.89	10.50
BA1	25	60	12		0.15	1.8	160.21	9.67
BA2	25	40	45		0.1	4.5	163.89	10.50
BA2K	25	40	3		0.1	0.3	208.85	10.50
BB	30	50	4.5		0.15	0.675	121.59	8.67
BD1	35	70	14.5		0.245	3.5525	126.5	7.14
BD2	30	40	12		0.12	1.44	141.71	9.17
BDK	30	50	9		0.15	1.35	215.01	8.67
BT	30	40	4.5		0.12	0.54	160.45	9.17
K1	40	70	144		0.28	40.32	206.51	7.86
K2	40	50	68		0.2	13.6	220.69	9.00
T12	12	100		457.1	0.12	54.852	147.89	8.33
Plat Dak	12	100		27	0.12	3.24	147.89	8.33
TOTAL			**617**		**2.28**	**162.58**	**2423.12**	**136.60**

Lantai 2

Jenis	Ukuran (cm)		Panjang	Luas	Volume/m	Volume Total	Berat Tulangan	Bekisting
	b	h	(m)	(m^2)	(m^3)	(m^3)	(kg/m^3)	(m^2/m^3)
B1	25	70	116		0.175	20.3	195.75	9.43
B2	25	60	18		0.15	2.7	190.18	9.67
B3	25	40	176.25		0.1	17.625	163.89	10.50
B3K	25	40	6		0.1	0.6	231.04	10.50
BA1	25	60	6		0.15	0.9	160.21	9.67
BA2	25	40	47.25		0.1	4.725	163.89	10.50
BA2K	25	40	1.5		0.1	0.15	208.85	10.50
BB	30	50	4.5		0.15	0.675	121.59	8.67
BD1	35	70	14.5		0.245	3.5525	126.5	7.14
BT	30	40	4.5		0.12	0.54	160.45	9.17
K1	40	70	144		0.28	40.32	206.51	7.86
K2	40	50	68		0.2	13.6	220.69	9.00
T12	12	100		457.1	0.12	54.852	147.89	8.33
Plat Dak	12	100		18	0.12	2.16	147.89	8.33
TOTAL			**606.5**		**1.87**	**105.69**	**2149.55**	**112.60**

Lantai 3

Jenis	Ukuran (cm)		Panjang	Luas	Volume/m	Volume Total	Berat Tulangan	Bekisting
	b	h	(m)	(m^2)	(m^3)	(m^3)	(kg/m^3)	(m^2/m^3)
BD1	35	70	14.5		0.245	3.5525	126.5	7.14
BD3	25	40	16.5		0.1	1.65	163.89	10.50
BR1	25	70	65.25		0.175	11.41875	144.37	9.43
BR2	25	60	18		0.15	2.7	160.21	9.67
BR3	25	40	110.25		0.1	11.025	163.89	10.50
BRA1	20	40	12		0.08	0.96	197.16	12.50
BRAIK	20	40	1.5		0.08	0.12	197.16	12.50
BRK	25	50	6		0.125	0.75	140.89	10.00
K2	40	50	181.6		0.2	36.32	220.69	9.00
T10	10	100		18	0.1	1.8	123.25	10.00
T15	15	100		28.5	0.15	4.275	184.87	6.67
TOTAL			**425.6**		**1.255**	**68.50**	**1514.76**	**91.24**

PERHITUNGAN VOLUME PEKERJAAN SEKOLAH DI CILACAP

Lantai 1

Jenis	Ukuran (cm)		Panjang	Luas	Volume/m	Volume Total	Berat Tulangan	Bekisting
	b	h	(m)	(m^2)	(m^3)	(m^3)	(kg/m^3)	(m^2/m^3)
B1	25	70	116		0.175	20.3	195.75	9.43
B2	25	60	18		0.15	2.7	190.18	9.67
B3	25	40	166.5		0.1	16.65	163.89	10.50
BA1	25	60	12		0.15	1.8	160.21	9.67
BA2	25	40	45		0.1	4.5	163.89	10.50
BA2K	25	40	3		0.1	0.3	208.85	10.50
BB	30	50	4.5		0.15	0.675	121.59	8.67
BD1	35	70	14.5		0.245	3.5525	141.6	7.14
BD2	30	40	12		0.12	1.44	141.71	9.17
BDK	30	50	9		0.15	1.35	215.01	8.67
BT	30	40	4.5		0.12	0.54	160.45	9.17
K1	40	80	144		0.32	46.08	219.61	7.50
K2	40	50	68		0.2	13.6	220.69	9.00
T12	12	100		457.1	0.12	54.852	147.89	8.33
Plat Dak	12	100		27	0.12	3.24	147.89	8.33
TOTAL			**617**		**2.08**	**113.49**	**2303.43**	**119.57**

Lantai 2

Jenis	Ukuran (cm)		Panjang	Luas	Volume/m	Volume Total	Berat Tulangan	Bekisting
	b	h	(m)	(m^2)	(m^3)	(m^3)	(kg/m^3)	(m^2/m^3)
B1	25	70	116		0.175	20.3	195.75	9.43
B2	25	60	18		0.15	2.7	190.18	9.67
B3	25	40	176.25		0.1	17.625	163.89	10.50
B3K	25	40	6		0.1	0.6	231.04	10.50
BA1	25	60	6		0.15	0.9	160.21	9.67
BA2	25	40	47.25		0.1	4.725	163.89	10.50
BA2K	25	40	1.5		0.1	0.15	208.85	10.50
BB	30	50	4.5		0.15	0.675	121.59	8.67
BD1	35	70	14.5		0.245	3.5525	141.6	7.14
BT	30	40	4.5		0.12	0.54	160.45	9.17
K1	40	80	144		0.32	46.08	219.61	7.50
K2	40	50	68		0.2	13.6	220.69	9.00
T12	12	100			457.1	0.12	147.89	8.33

Plat Dak	12	100			18	0.12	147.89	8.33
TOTAL			**606.5**		**1.91**	**111.45**	**2177.75**	**112.24**

Lantai 3

Jenis	Ukuran (cm)		Panjang	Luas	Volume/m	Volume Total	Berat Tulangan	Bekisting
	b	h	(m)	(m^2)	(m^3)	(m^3)	(kg/m^3)	(m^2/m^3)
BD1	35	70	14.5		0.245	3.5525	141.6	7.14
BD3	25	40	16.5		0.1	1.65	163.89	10.50
BR1	25	70	65.25		0.175	11.41875	144.37	9.43
BR2	25	60	18		0.15	2.7	160.21	9.67
BR3	30	40	6		0.12	0.72	141.71	9.17
BR4	25	40	104.25		0.1	10.425	163.89	10.50
BRA1	20	40	12		0.08	0.96	197.16	12.50
BRAIK	20	40	1.5		0.08	0.12	197.16	12.50
BRK	25	50	6		0.125	0.75	140.89	10.00
K2	40	50	181.6		0.2	36.32	220.69	9.00
T10	10	100		18	0.1	1.8	123.25	10.00
T15	15	100		28.5	0.15	4.275	184.87	6.67
TOTAL			**425.6**		**1.625**	**74.69**	**1979.69**	**117.07**

PERHITUNGAN VOLUME PEKERJAAN SEKOLAH DI REMBANG

Lantai 1

Jenis	Ukuran (cm)		Panjang	Luas	Volume/m	Volume Total	Berat Tulangan	Bekisting
	b	h	(m)	(m^2)	(m^3)	(m^3)	(kg/m^3)	(m^2/m^3)
B1	25	70	116		0.175	20.3	195.75	9.43
B2	25	60	18		0.15	2.7	190.18	9.67
B3	25	40	166.5		0.1	16.65	186.37	10.50
BA1	25	60	12		0.15	1.8	160.21	9.67
BA2	25	40	45		0.1	4.5	163.89	10.50
BA2K	25	40	3		0.1	0.3	208.85	10.50
BB	35	50	4.5		0.175	0.7875	183.92	7.71
BD1	40	70	14.5		0.28	4.06	161.24	6.43
BD2	30	40	12		0.12	1.44	141.71	9.17
BDK	30	50	9		0.15	1.35	215.01	8.67
BT	35	40	4.5		0.14	0.63	176.48	8.21

K1	40	80	144		0.32	46.08	232.91	7.50
K2	40	60	68		0.24	16.32	282.54	8.33
T12	12	100		457.1	0.12	54.852	147.89	8.33
Plat Dak	12	100		27	0.12	3.24	147.89	8.33
TOTAL			**617**		**2.2**	**116.92**	**2499.06**	**116.29**

Lantai 2

Jenis	Ukuran (cm)		Panjang	Luas	Volume/m	Volume Total	Berat Tulangan	Bekisting
	b	h	(m)	(m^2)	(m^3)	(m^3)	(kg/m^3)	(m^2/m^3)
B1	25	70	116		0.175	20.3	195.75	9.43
B2	25	60	18		0.15	2.7	190.18	9.67
B3	25	40	176.25		0.1	17.625	186.37	10.50
B3K	25	40	6		0.1	0.6	231.04	10.50
BA1	25	60	6		0.15	0.9	160.21	9.67
BA2	25	40	47.25		0.1	4.725	163.89	10.50
BA2K	25	40	1.5		0.1	0.15	208.85	10.50
BB	35	50	4.5		0.175	0.7875	183.92	7.71
BD1	40	70	14.5		0.28	4.06	161.24	6.43
BT	35	40	4.5		0.14	0.63	176.48	8.21
K1	40	80	144		0.32	46.08	232.91	7.50
K2	40	60	68		0.24	16.32	282.54	8.33
T12	12	100			457.1	0.12	147.89	8.33
Plat Dak	12	100			18	0.12	147.89	8.33
TOTAL			**606.5**		**2.03**	**114.88**	**2373.38**	**108.95**

Lantai 3

Jenis	Ukuran (cm)		Panjang	Luas	Volume/m	Volume Total	Berat Tulangan	Bekisting
	b	h	(m)	(m^2)	(m^3)	(m^3)	(kg/m^3)	(m^2/m^3)
BD1	35	70	14.5		0.245	3.5525	161.24	7.14
BD3	25	40	16.5		0.1	1.65	163.89	10.50
BR1	25	70	65.25		0.175	11.42	144.37	9.43
BR2	25	60	18		0.15	2.7	160.21	9.67
BR3	30	40	110.25		0.12	13.23	141.71	9.17

BRA1	20	40	12		0.08	0.96	197.16	12.50
BRAIK	20	40	1.5		0.08	0.12	197.16	12.50
BRK	25	50	6		0.125	0.75	140.89	10.00
K2	40	60	181.6		0.24	43.584	282.54	8.33
T10	10	100		18	0.1	1.8	123.25	10.00
T15	15	100		28.5	0.15	4.275	184.87	6.67
TOTAL			**425.6**		**1.315**	**77.97**	**1589.17**	**89.24**

NO	URAIAN	PERHITUNGAN

PERHITUNGAN TANGGA

Jumlah tangga	=	4	bh
Volume 1 tangga	=	4.5522	m^3
Volume 4 tangga	=	18.2088	m^3
<u>Pembesian:</u>			
Plat Bordes (Ø12-150) (atas)	=	11.83	kg
Plat Bordes (Ø12-150) (bawah)	=	11.83	kg
Total	=	23.66	kg
Kapasitas tul	=	131.46	kg/m^3
<u>Bekisting :</u>			
Luas/m	=	5.56	m^2/m
Tangga :			
Melintang :			
(Ø12-150) atas & bawah	=	11.83	kg
(Ø12-150)	=	5.92	kg
Memanjang :			
(Ø8-150) atas & bawah	=	5.26	kg
Total	=	23.01	kg
Kapasitas Tulangan	=	127.81	kg
<u>Bekisting :</u>			
Luas/m	=	5.56	m^2/m

Total Volume 1 Tangga	**=**	**4.55**	**m^3**
Total Kapasitas Tangga	**=**	**127.81**	**kg**
Total Kapasitas Bekisting	**=**	**9.63**	**m^2/m**

PERHITUNGAN ATAP

1 Pekerjaan Kuda-kuda baja

a) Tipe KK1 (Kuda-kuda utuh) 15 buah

Profil 2L 60.60.6

Panjang	=	314.76	m
Berat (kg/m)	=	5.42	kg/m
Berat Total	=	3412.00	kg/m

Profil 2L 50.50.5

Panjang	=	240.48	m
Berat (kg/m)	=	3.77	kg/m
Berat Total	=	1813.22	kg/m

Berat Total Kuda-kuda Tipe KK1 = 5225.22 kg

b) Tipe KK2 (1/2 Kuda-kuda) 2 buah

Profil 2L 60.60.6

Panjang	=	13.276	m
Berat (kg/m)	=	5.42	kg/m
Berat Total	=	143.91	kg/m

Profil 2L 50.50.5

Panjang	=	10.158	m
Berat (kg/m)	=	3.77	kg/m
Berat Total	=	76.59	kg/m

Berat Total Kuda-kuda Tipe KK2 = 220.50 kg

c) Tipe JR1 4 buah

Profil 2L 60.60.6

Panjang	=	37.22	m
Berat (kg/m)	=	5.42	kg/m
Berat Total	=	403.46	kg/m

Profil 2L 50.50.5

Panjang	=	20.4	m

		Berat (kg/m)	=	3.77	kg/m	
		Berat Total	=	153.82	kg/m	
		Berat Total Kuda-kuda Tipe JR1		**=**	**557.28**	**kg**
d)	Tipe KP1					
	Profil 2L 60.60.6					
		Panjang	=	117.6	m	
		Berat (kg/m)	=	5.42	kg/m	
		Berat Total	=	1274.78	kg/m	
	Profil 2L 50.50.5					
		Panjang	=	112.14	m	
		Berat (kg/m)	=	3.77	kg/m	
		Berat Total	=	845.54	kg/m	
		Berat Total Kuda-kuda Tipe KP1		**=**	**2120.32**	**kg**
2	Trekstang (ø10 mm)	Panjang	=	203	m	
		Berat	=	**125.09**	**kg**	
3	Ikatan Angin (ø12 mm)	Panjang	=	268.8	m	
		Berat	=	**238.52**	**kg**	
4	Plat Buhul (tebal 8 mm)	1 Plat buhul	=	0.00085	m^2	
		KK1 ada 20 plat buhul	=	0.255	m^2	
		KK2 ada 7 plat buhul	=	0.0119	m^2	
		JR1 ada 9 plat buhul	=	9.18	m^2	
		KP1 ada 7 plat buhul	=	1.1662	m^2	
		Total untuk seluruh atap	=	10.6131	m^2	
		Volume total	=	0.0849048	m^3	
		Berat Total	=	**666.50268**	**kg**	
5	Plat tebal 8 mm	Panjang	=	867	m	
		Berat	=	**6463.24**	**kg**	
6	Plat landas	Volume	=	0.00064	m3	

	kuda-kuda				
	Tebal 8 mm	Berat	=	**180.864**	**kg**
7	Baut ⌀14 mm dan ⌀17 mm				
		Berat total baut KK1	=	3243.13	kg
		Berat total baut KK2	=	134.82	kg
		Berat total baut JR1	=	194.31	kg
		Berat total baut KP1	=	786.97	kg
		Berat total seluruh baut	=	**4359.22**	**kg**
8	Nok Profil C 150.50.20.2,3				
		Panjang	=	42.72	m
		Berat (kg/m)	=	4.96	kg/m
		Berat Total	=	**211.8912**	**kg**
		Berat Total Kuda2	**=**	**20368.66**	**kg**
9	Kaso baja ringan	Panjang	=	3251.25	m
		Jumlah per 6 m	=	541.875	bh
10	Bubungan	Panjang	=	61.25	m
11	Lisplang	Panjang	=	384	m
12	Genteng	Luas Atap	=	679.473	m^2
		Luas atap tritisan	=	38.4	m^2
		Luas Total Genteng	**=**	**717.873**	**m^2**

5.2. Daftar Harga Satuan Bahan Bangunan

DAFTAR HARGA SATUAN BAHAN BANGUNAN

SUMBER DATA : PASARAN BEBAS
DAERAH : KOTA SEMARANG & SEKITAR
EDISI SEPTEMBER 2014

No.	Jenis Bahan	Satuan	Harga (Rp)		Ket
			Minimum	Maksimum	
1	Kayu kelas III (Terentang)	m3	1,750,000.00	1,900,000.00	
2	Paku Biasa 2" - 5"	kg	12,000.00	17,000.00	
3	Minyak Bekesting	ltr	9,000.00	10,000.00	
4	Besi Beton Ulir	kg	12,500.00	13,000.00	
5	Kawat Beton	kg	15,000.00	16,000.00	
6	Holcim 50 kg	zak	63,000.00	65,000.00	
7	Pasir Beton	m3	210,000.00	220,000.00	
8	Kerikil Beton 1/2	m3	210,000.00	230,000.00	
9	Kayu Klas II Balok	m3	5,000,000.00	5,800,000.00	
10	Plywood 9 mm	Lbr	110,000.00	135,000.00	
11	Dolken diameter 8/4 m	btg	24,000.00	26,000.00	
12	Kerikil (maksimum)	kg	151.85	162.96	
13	Air	ltr	15.00	17.00	
14	Waterproofing dak	m2	50200	55000	
15	Kaso baja ringan Type CT 75 lebar : 7,5cm tebal : 0.75mm	bh	85,000.00		Pj : 6 m

5.3. Daftar Harga Satuan Upah Tenaga Kerja

DAFTAR UPAH PEKERJA

SUMBER DATA : PASARAN BEBAS

DAERAH : KOTA SEMARANG & SEKITAR

EDISI SEPTEMBER 2014

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	HARGA		KET.
			MINIMUM (Rp)	MAKSIMUM (Rp)	
1	Pekerja	Hr	50,000	60,000	
2	Mandor	Hr	65,000	75,000	
3	Tukang listrik	Hr	70,000	80,000	
4	Tukang kayu	Hr	70,000	80,000	
5	Kep. tk. kayu	Hr	80,000	90,000	
6	Tukang batu	Hr	70,000	80,000	
7	Kep. tk. batu	Hr	80,000	85,000	
8	Tukang besi	Hr	70,000	80,000	
9	Kep. tk. besi	Hr	80,000	90,000	
10	Tukang cat	Hr	70,000	80,000	
11	Kep. tk. cat	Hr	80,000	85,000	

5.4. Daftar Analisa Pekerjaan

Daftar analisa pekerjaan akan disajikan dalam lampiran.

5.5. Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) masing-masing kota akan disajikan dalam lampiran.

5.6. Rekapitulasi Akhir untuk Desain Spektra Kajen, Cilacap dan Rembang

a. Rekapitulasi Desain Sekolah di Pekalongan

REKAPITULASI
RENCANA ANGGARAN BIAYA
PEMBANGUNAN GEDUNG SEKOLAH
KOTA PEKALONGAN
TAHUN 2015

RAB GEDUNG SEKOLAH PEKALONGAN

A.	PEKERJAAN STRUKTUR DAN ATAP :			
1	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 1	Rp.	1,167,622,992.93
2	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 2	Rp.	1,146,616,143.71
3	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 3	Rp.	311,607,027.23
4	PEKERJAAN RANGKA ATAP DAN ATAP	Rp.	845,443,840.76
	Jumlah	Rp.	3,471,290,004.63
	Dibulatkan	Rp.	3,471,290,000.00

Terbilang : ***(Tiga milyard empat ratus tujuh puluh satu juta dua ratus semblan puluh ribu rupiah)***

Semarang, April 2015
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Emmi Noviyanti

b. Rekapitulasi Desain Sekolah di Cilacap

REKAPITULASI
RENCANA ANGGARAN BIAYA
PEMBANGUNAN GEDUNG SEKOLAH
KOTA PEKALONGAN
TAHUN 2015

RAB GEDUNG SEKOLAH CILACAP

A.		PEKERJAAN STRUKTUR DAN ATAP :		
	1	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 1	Rp.	1,237,850,124.22
	2	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 2	Rp.	1,216,843,275.00
	3	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 3	Rp.	330,094,795.25
	4	PEKERJAAN RANGKA ATAP DAN ATAP	Rp.	845,443,840.76
		Jumlah	Rp.	3,630,232,035.23
		Dibulatkan	Rp.	3,630,230,000.00

Terbilang : ***(Tiga milyard enam ratus tiga puluh juta dua ratus tiga puluh ribu rupiah)***

Semarang, April 2015
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Emmi Noviyanti

c. Rekapitulasi Desain Sekolah di Rembang

REKAPITULASI
RENCANA ANGGARAN BIAYA
PEMBANGUNAN GEDUNG SEKOLAH
KOTA REMBANG
TAHUN 2015

RAB GEDUNG SEKOLAH REMBANG

A.		PEKERJAAN STRUKTUR DAN ATAP :		
	1	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 1	Rp.	1,284,755,509.39
	2	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 2	Rp.	1,263,243,256.66
	3	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 3	Rp.	417,250,116.77
	4	PEKERJAAN RANGKA ATAP DAN ATAP	Rp.	845,443,840.76
		Jumlah	Rp.	3,810,692,723.57
		Dibulatkan	Rp.	3,810,690,000.00

Terbilang : ***(Tiga milyard delapan ratus sepuluh juta enam ratus sembilan puluh ribu rupiah)***

Semarang, April 2015
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Emmi Noviyanti

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan nilai S_{DS} dan S_{D1} untuk lokasi di Pekalongan, Cilacap maupun Rembang maka diperoleh kategori desain seismik (KDS) adalah D. Untuk KDS D maka yang diijinkan adalah Rangka beton bertulang pemikul momen khusus (*sway special*) dengan koefisien modifikasi respons (R) = 8. Nilai faktor keutamaan gempa (I_e) untuk fungsi gedung sekolah dengan kategori resiko IV menurut nilai I_e = 1,50.

2. Besar beban gempa horisontal yang bekerja pada gedung sekolah di Pekalongan sebesar 1013,33 kN dengan T = 0,4559 detik, Cilacap sebesar 1148,9 kN dengan T = 0,447299 detik, sedangkan pada kota Rembang sebesar 1816,343 kN dengan T = 0,447109 detik. Perbedaan beban gempa horisontal ini berdasarkan nilai S_a yang pada masing-masing kota berbeda.

3. Perbandingan desain struktur gedung sekolah pada lokasi Pekalongan, Cilacap dan Rembang berdasarkan Desain Spektra SNI Gempa 2012 disajikan dalam Tabel 6.1. dan Tabel 6.2 sebagai berikut :

Tabel 6.1. Perbandingan Tulangan Balok

PEKALONGAN					CILACAP					REMBANG				
Jenis Balok	Posisi	Tulangan (mm)		Tulangan Peminggang	Jenis Balok	Posisi	Tulangan (mm)		Tulangan Peminggang	Jenis Balok	Posisi	Tulangan (mm)		Tulangan Peminggang
		Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan	
B1-25X70	Atas	5D19	2D19	2D16	B1-25X70	Atas	5D19	2D19	2D16	B1-25X70	Atas	5D19	2D19	2D16
	Bawah	3D19	4D19			Bawah	3D19	4D19			Bawah	3D19	4D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	
B2-25X60	Atas	4D19	2D19	2D16	B2-25X60	Atas	4D19	2D19	2D16	B2-25X60	Atas	4D19	2D19	2D16
	Bawah	2D19	4D19			Bawah	2D19	4D19			Bawah	2D19	4D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	
B3-25X40	Atas	2D19	2D19	-	B3-25X40	Atas	2D19	2D19	-	B3-25X40	Atas	3D19	2D19	-
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	
B3K-25X40	Atas	4D19	4D19	-	B3K-25X40	Atas	4D19	4D19	-	B3K-25X40	Atas	4D19	4D19	-
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19	
	Sengkang	2D10-75	2D10-100			Sengkang	2D10-75	2D10-100			Sengkang	2D10-75	2D10-100	
BA1-25X60	Atas	2D19	2D19	2D16	BA1-25X60	Atas	2D19	2D19	2D16	BA1-25X60	Atas	2D19	2D19	2D16
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	
BA2-25X40	Atas	2D19	2D19	-	BA2-25X40	Atas	2D19	2D19	-	BA2-25X40	Atas	2D19	2D19	-
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	

PEKALONGAN					CILACAP					REMBANG				
Jenis Balok	Posisi	Tulangan (mm)		Tulangan Peminggang	Jenis Balok	Posisi	Tulangan (mm)		Tulangan Peminggang	Jenis Balok	Posisi	Tulangan (mm)		Tulangan Peminggang
		Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan	
BA2K-25X40	Atas	4D19	4D19	-	BA2K-25X40	Atas	4D19	4D19	-	BA2K-25X40	Atas	4D19	4D19	-
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	
BB-30X50	Atas	2D19	2D19	-	BB-30X50	Atas	2D19	2D19	-	BB-35X50	Atas	4D19	4D19	-
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	4D19	4D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-125			Sengkang	2D10-100	2D10-125			Sengkang	2D12-100	2D12-125	
BD1-35X70	Atas	4D19	2D19	2D16	BD1-35X70	Atas	4D19	2D19	2D16	BD1-40X70	Atas	4D19	3D19	2D16
	Bawah	2D19	4D19			Bawah	2D19	4D19			Bawah	3D19	4D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-75	2D10-100			Sengkang	2D12-75	2D12-100	
BD2-30X40	Atas	2D19	2D19	-	BD2-30X40	Atas	2D19	2D19	-	BD2-30X40	Atas	2D19	2D19	-
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	
BD3-25X40	Atas	2D19	2D19	-	BD3-25X40	Atas	2D19	2D19	-	BD3-25X40	Atas	2D19	2D19	-
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	
BDK-30X50	Atas	6D19	6D19	-	BDK-30X50	Atas	6D19	6D19	-	BDK-30X50	Atas	6D19	6D19	-
	Bawah	3D19	3D19			Bawah	3D19	3D19			Bawah	3D19	3D19	
	Sengkang	2D10-75	2D10-100			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-75	2D10-100	

Jenis Balok	Posisi	Tulangan (mm)		Tulangan Peminggang	Jenis Balok	Posisi	Tulangan (mm)		Tulangan Peminggang	Jenis Balok	Posisi	Tulangan (mm)		Tulangan Peminggang
		Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan				Tumpuan	Lapangan	
BR1-25X70	Atas	2D19	2D19	2D16	BR1-25X70	Atas	2D19	2D19	2D16	BR1-25X70	Atas	2D19	2D19	2D16
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	
BR2-25X60	Atas	2D19	2D19	2D16	BR2-25X60	Atas	2D19	2D19	2D16	BR2-25X60	Atas	2D19	2D19	2D16
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	
BR3-25X40	Atas	2D19	2D19	-	BR3-25X40	Atas	2D19	2D19	-	BR3-25X40	Atas	2D19	2D19	-
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	
BRA1-20X40	Atas	2D19	2D19	-	BRA1-20X40	Atas	2D19	2D19	-	BRA1-20X40	Atas	2D19	2D19	-
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	
BRA1K-20X40	Atas	2D19	2D19	-	BRA1K-20X40	Atas	2D19	2D19	-	BRA1K-20X40	Atas	2D19	2D19	-
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	
BRK-25X50	Atas	2D19	2D19	-	BRK-25X50	Atas	2D19	2D19	-	BRK-25X50	Atas	2D19	2D19	-
	Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19			Bawah	2D19	2D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150			Sengkang	2D10-100	2D10-150	
BT-30X40	Atas	3D19	2D19	-	BT-30X40	Atas	3D19	2D19	-	BT-35X40	Atas	4D19	2D19	-
	Bawah	2D19	3D19			Bawah	2D19	3D19			Bawah	2D19	3D19	
	Sengkang	2D10-100	2D10-125			Sengkang	2D10-100	2D10-125			Sengkang	2D10-75	2D10-100	

Tabel 6.2. Perbandingan Tulangan Kolom

PEKALONGAN				CILACAP				REMBANG			
Tipe Kolom	Tulangan Kolom	Tulangan Sengkang		Tipe Kolom	Tulangan Kolom	Tulangan Sengkang		Tipe Kolom	Tulangan Kolom	Tulangan Sengkang	
	Tulangan (mm)	Tumpuan (mm)	Lapangan (mm)		Tulangan (mm)	Tumpuan (mm)	Lapangan (mm)		Tulangan (mm)	Tumpuan (mm)	Lapangan (mm)
K1-40x70	8D22	2D10-100	2D10-150	K1-40x80	10D22	2D10-100	2D10-125	K1-40x80	10D22	2D10-75	2D10-100
K2-40x50	6D22	2D10-100	2D10-150	K2-40x50	6D22	2D10-100	2D10-150	K2-40x60	10D22	2D10-100	2D10-150

4. Pengaruh perbedaan nilai S_a terhadap biaya konstruksi per m^2 disajikan dalam Tabel 6.3 sebagai berikut:

Tabel 6.3. Perbandingan Biaya

NO.	KOTA	S_a (g)	BIAYA TOTAL Rp.	Presentase Biaya (%)	Biaya per m^2 (Rp)
1	PEKALONGAN	0.555	3,471,290,000.00	100%	2,400,000
2	CILACAP	0.612	3,630,230,000.00	104,58%	2,500,000
3	REMBANG	0.931	3,810,690,000.00	109,78%	2,650,000

5. Ditinjau dari perbedaan ukuran dan jumlah penulangan kolom yang digunakan dalam Tabel 6.4 sebagai berikut:

Tabel 6.4. Perbandingan Berat Kolom

NO.	NAMA KOTA	TIPE KOLOM	BERAT (kg/m3)
1	PEKALONGAN	K1-40X70 K2-40X50	206.51 220.69
2	CILACAP	K1-40X80 K2-40X50	219.61 220,69
3	REMBANG	K1-40X80 K2-40X60	232.91 282.54

6.2. Saran

Saran yang dapat diperoleh dari pembahasan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mendesain sebuah gedung perlu memperhatikan lokasi gedung yang akan dibangun karena perbedaan nilai S_a akan mengakibatkan perbedaan dimensi struktur maupun jumlah penulangan yang akan berpengaruh pada biaya konstruksi per m^2.

DAFTAR PUSTAKA

Dewobroto, Wiryanto. 2005. *Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan Visual Basic 6.0.* Jakarta: Elex Media Komputindo.

Dewobroto, Wiryanto. 2013. *Komputer Rekayasa Struktur dengan SAP2000.* Jakarta: Lumina Press.

Kusuma, Gideon dan Vis, W.C. 1993. *Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang berdasarkan SKSNI T15-1991-03*. Jakarta: Erlangga.

Kusuma, Gideon dan Vis, W.C, dan Andriaano, Takim. 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.

Indarto H., Hanggoro, T.C.A., Putra, K.C.A., 2013, Aplikasi SNI Gempa 1726:2012 for Dummies, *http://filebambangdewasa.wordpress.com*, Bambang Dewasa's Files.

BSN. 2012. *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI-03-1726-2012)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

BSN. 2013. *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. (SNI-03-2847-2013)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

BSN. 2013. *Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan Sruktur lain. (SNI-03-1727-2013)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.