

JURNAL KONSTRUKSI

ANALISIS STRUKTUR RUMAH SAKIT PERMATA CIREBON

Aries Saputra*, Arief Firmanto**

*) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

***) Staf Pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

ABSTRAK

Rumah Sakit Permata Cirebon merupakan salah satu rumah sakit umum yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan, dan fasilitas bagi masyarakat sekitar. Rumah sakit ini didirikan oleh PT Raudhatussyfa Sehat Bersama, yang merupakan salah satu kelompok organisasi dokter yang berada di wilayah Cirebon. Bangunan seluas 11.399 m² dibangun di lahan seluas 1.6 hektar. Dengan adanya pembangunan Rumah Sakit Permata Cirebon ini diharapkan dapat membantu meningkatkan taraf kesehatan bagi masyarakat Kota Cirebon dan sekitarnya, sekaligus sebagai unit kegiatan usaha (baik pemerintah maupun swasta). Inti terpenting dari rumah sakit selain lokasi yang strategis adalah strukturnya memenuhi standar. Rumah Sakit harus memenuhi standar struktur dan gedung ini harus memenuhi kriteria keselamatan dan layanan yang prima untuk itu harus ada desain yang meyakinkan.

Atas dasar kriteria keselamatan dan layanan prima maka proses perencanaan pembebanan harus sesuai dengan SNI 1727 - 2013 serta perencanaan struktur gedung ini harus mengacu dengan SNI - 2847- 2013 beton bertulang, yang merupakan peraturan terbaru yang disesuaikan dengan perkembangan teknologi material terkini dengan mengacu pada AISC, selain itu dalam perhitungan rekayasa gempa juga harus mengacu pada SNI 1726 - 2012.

Analisis struktur digunakan software ETABS, material beton digunakan untuk balok dan kolom portal serta pelat lantai. Hasil yang didapat berupa analisis dan gambar desain struktur Rumah Sakit Permata Cirebon.

Kata Kunci : Analisis Struktur, Rekayasa Gempa, Beton, Kolom, Plat, dan Balok.

ABSTRACT

Permata Hospital Cirebon is one of the general hospital which was built to meet the needs, and facilities for the surrounding communities. The hospital was founded by PT Raudhatussyfa Sehat Bersama, which is one group of doctors organizations in the area of Cirebon. The building area of 11.399 m² built on a land area of 1,6 hectares. With the construction of the Permata Hospital Cirebon is expected to help improve the health of the community Cirebon city and its surroundings, as well as business units (both public and private). The very essence of the hospital in addition to a strategic location is its structure to meet the standards. Hospitals must meet the standards and the building structure must meet the safety and service excellence for that there must be a convincing design.

On the basis of the criteria of safety and service excellence then loading the planning process should be in accordance with ISO 1727 - 2013 as well as the structural design of the building should refer to the SNI - 2847- 2013 of reinforced concrete, which is the latest regulation adapted to the development of advanced material technology with reference to the AISC, other than that in the calculation of earthquake engineering should also refer to ISO 1726-2012.

Analysis of the structure used software ETABS, concrete material used for beams and columns and floor slabs portal. Results obtained in the form of analysis and structural design drawings Permata Hospital Cirebon.

Keywords : Structural Analysis, Earthquake Engineering, Concrete, Column, Plates, and Beams.

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang Masalah

Saat ini Indonesia sedang giat - giatnya melaksanakan pembangunan di segala bidang guna meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan rakyat menu masyarakat yang adil dan makmur. Sejalan dengan pesatnya pertumbuhan penduduk dan perekonomian di Indonesia, maka sangat dibutuhkan sarana dan prasarana guna mendukung aktivitas kehidupan masyarakat. Rumah sakit merupakan salah satu elemen terpenting dalam masyarakat terutama kesehatan, karena kesehatan bisa menjadi satu tolak ukur terpenting dalam menilai taraf hidup dalam suatu masyarakat.

Rumah sakit merupakan salah satu sarana pelayanan kesehatan yang penting keberadaannya bagi masyarakat. Dalam setiap rumah sakit dibutuhkan beberapa fasilitas dan peralatan medis yang lengkap dan memadai. Fasilitas tersebut berperan sebagai tingkat kesejahteraan masyarakat. Semakin tinggi taraf kehidupan masyarakat semakin tinggi pula tuntutananya terhadap penyediaan fasilitas kesehatan. Penyediaan fasilitas dalam pelayanan kesehatan di masyarakat merupakan tanggung jawab pemerintah karena menyangkut kesehatan hidup masyarakat. Fasilitas kesehatan tersebut meliputi unsur pelayanan dan juga unsur sarana. Unsur pelayanan berupa jenis-jenis pelayanan yang ada dalam rumah sakit tersebut dan unsur sarana meliputi perlengkapan dan peralatan-peralatan yang digunakan di rumah sakit tersebut. Sistem pelayanan yang baik harus sebanding dengan unsur sarana yang ada di dalamnya. Pembangunan pelayanan kesehatan berhasil dengan baik maka akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Rumah Sakit Permata Cirebon merupakan salah satu rumah sakit umum yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan, dan fasilitas bagi masyarakat sekitar. Rumah sakit ini didirikan oleh PT Raudhatussyfa Sehat Bersama, yang merupakan salah satu kelompok organisasi dokter yang berada di wilayah Cirebon. Bangunan seluas 11.399 m² dibangun di lahan seluas 1.6

hektar. Dengan adanya pembangunan Rumah Sakit Permata Cirebon ini diharapkan dapat membantu meningkatkan taraf kesehatan bagi masyarakat Kota Cirebon dan sekitarnya, sekaligus sebagai unit kegiatan usaha (baik pemerintah maupun swasta). Inti terpenting dari rumah sakit selain lokasi yang strategis adalah strukturnya memenuhi standar. Rumah Sakit harus memenuhi standar struktur dan gedung ini harus memenuhi kriteria keselamatan dan layanan yang prima untuk itu harus ada desain yang meyakinkan.

Atas dasar kriteria keselamatan dan layanan prima maka proses perencanaan pembebanan harus sesuai dengan SNI 1727 - 2013 serta perencanaan struktur gedung ini harus mengacu dengan SNI - 2847- 2013 beton bertulang, yang merupakan peraturan terbaru yang disesuaikan dengan perkembangan teknologi material terkini dengan mengacu pada AISC, selain itu dalam perhitungan rekayasa gempa juga harus mengacu pada SNI 1726 - 2012.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana kelayakan struktur Rumah Sakit Permata Cirebon?
2. Bagaimana analisis Gempa Rumah Sakit Permata Cirebon?
3. Bagaimana analisis dimensi maupun penulangan plat, balok dan kolom?
4. Bagaimana analisis pondasi pada Rumah Sakit Permata Cirebon?

B. LANDASAN TEORI

1. Bangunan

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia No. 44 tahun 2009 tentang Rumah Sakit. Rumah Sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat adalah. Peraturan tentang bangunan Rumah Sakit terdapat pada pasal 7 ayat

1, pasal 9 dan pasal 10 ayat 1, yang berbunyi:

- Pasal 7
 - 1) Rumah Sakit harus memenuhi persyaratan lokasi, bangunan, prasarana, sumber daya manusia, kefarmasian, dan peralatan.
- Pasal 9
Persyaratan bangunan sebagaimana dimaksud dalam pasal 7 ayat (1) harus memenuhi:
 - a. persyaratan administratif dan persyaratan teknis bangunan gedung pada umumnya, sesuai dengan ketentuan peraturan perundangan-undangan; dan
 - b. persyaratan teknis bangunan Rumah Sakit, sesuai dengan fungsi, kenyamanan dan kemudahan dalam pemberian pelayanan serta perlindungan dan keselamatan bagi semua orang termasuk penyandang cacat, anak-anak, dan orang usia lanjut.
- Pasal 10
Bangunan Rumah Sakit sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 harus dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan Analisis adalah aktivitas yang memuat sejumlah kegiatan seperti mengurai, membedakan, memilah sesuatu untuk digolongkan dan dikelompokkan kembali menurut kriteria tertentu kemudian dicari kaitannya dan ditafsirkan maknanya. Dalam pengertian yang lain, *analisis* adalah sikap atau perhatian terhadap sesuatu (benda, fakta, fenomena) sampai mampu menguraikan menjadi bagian-bagian, serta mengenal kaitan antar bagian tersebut dalam keseluruhan. Analisis dapat juga diartikan sebagai kemampuan memecahkan atau menguraikan suatu materi atau informasi menjadi komponen-komponen yang lebih kecil sehingga lebih mudah dipahami.

2. Pembebanan

Tujuan utama dari rancang bangun struktur adalah untuk menyediakan ruang agar dapat digunakan untuk berbagai macam

fungsi, aktifitas atau keperluan (SNI-1727-2013). Contoh dari pemanfaatan struktur antara lain adalah:

Struktur bangunan gedung (building) yang digunakan untuk tempat hunian atau beraktifitas.

Struktur jembatan (bridge) atau terowongan (tunnel) yang digunakan untuk menghubungkan suatu tempat dengan tempat lainnya.

Struktur bendungan, yang digunakan untuk penampungan dan pengelolaan/pemanfaatan air, dan masih banyak lagi bentuk struktur.

Struktur terbuat dari bahan yang bermassa, maka struktur akan dipengaruhi oleh beratnya sendiri. Berat sendiri dari struktur dan elemen-elemen struktur disebut sebagai beban mati. Selain beban mati, struktur dipengaruhi juga oleh beban-beban yang terjadi akibat penggunaan ruangan. Beban ini disebut sebagai beban hidup (live load). Selain itu struktur dipengaruhi juga oleh pengaruh-pengaruh dari luar akibat kondisi-kondisi alam seperti pengaruh angin, salju, gempa, atau dipengaruhi oleh perbedaan temperatur, serta kondisi lingkungan yang merusak (misalnya pengaruh bahan kimia, kelembaban, atau pengkaratan).

Dalam meninjau suatu beban, kita tidak boleh hanya menentukan besaran atau intensitas saja, tetapi juga harus meninjau dalam kondisi bagaimana beban tersebut diterapkan pada struktur.

Sehubungan dengan sifat elastisitas dari bahan-bahan struktur, setiap sistem atau elemen struktur akan berdeformasi jika dibebani, dan akan kembali kebentuknya yang semula jika beban yang bekerja dihilangkan. Oleh karena itu struktur mempunyai kecenderungan untuk bergoyang kesamping (slideway), atau melentur kebawah (deflection) jika dibebani.

3. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

Untuk keperluan analisis dan desain struktur bangunan, besarnya beban mati harus ditaksir atau ditentukan terlebih dahulu. Beban mati adalah beban-beban yang bekerja kebawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan, seperti misalnya penutup lantai, alat mekanis, dan partisi. Berat dari elemen-elemen ini pada umumnya dapat ditentukan dengan mudah dengan derajat ketelitian cukup tinggi. Untuk menghitung besarnya beban mati suatu elemen dilakukan dengan meninjau berat satuan material tersebut berdasarkan volume elemen. Berat satuan (*unit weight*) material secara empiris telah ditentukan dan telah banyak dicantumkan tabelnya pada sejumlah standar atau peraturan pembebanan. Volume suatu material biasanya dapat dihitung dengan mudah, tetapi kadangkala akan merupakan pekerjaan yang berulang dan membosankan.

Berat satuan atau berat sendiri dari beberapa material konstruksi dan komponen bangunan gedung dapat ditentukan dari peraturan yang berlaku di Indonesia yaitu Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 atau peraturan tahun 1987. Informasi mengenai berat satuan dari berbagai material konstruksi yang sering digunakan perhitungan beban mati dicantumkan berikut ini :

1) Bahan Bangunan

No	Material	Berat kg/m ²	Ket.
1	Baja	7850	
2	Batu alam	2600	
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung.	1500	Berat tumpuk
4	Batu karang	700	Berat tumpuk
5	Batu pecah	1450	
6	Batu tuang	7250	
7	Beton	2200	
8	Beton bertulang	2400	
9	Kayu	1000	Kelas 1

10	Krikil, koral	1650	Kering udara sampai lembab tanpa diayak
11	Pas. Batu merah	1700	
12	Pas. batu belah, batu bulat, batu gunung.	2200	
13	Pas. batu cetak	2200	
14	Pas. batu karang	1450	
15	Pasir	1650	Kering udara sampai lembab
16	Pasir	1800	Jenuh air
17	Pasir kerikil, koral	1850	Kering udara sampai lembab
18	Tanah, lempung, lanau	1700	Kering udara sampai lembab

Tabel B.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan
 Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung

2) Komponen Gedung

No	Material	Berat Kg/m ²	Ket.
1	Adukan, per cm tebal : • Dari semen • Dari kapur, semen merah/tras	21	
		17	
2	Aspal, per cm tebal :	14	
3	Dinding pasangan batako • Satu batu • Setengah batu	450	
		250	
4	Dinding pasangan batako : • Berlubang : g : Tebal		

	dinding 20 cm (HB 20) Tebal dinding 10 cm (HB 10) • Tanpa lubang : Tebal dinding 15 cm Tebal dinding 10 cm	200 120 300 200	
5	Langit-langit & dinding, terdiri : • Semen asbes (eternit), Tebal maks 4 mm • Kaca, tebal 3-5 mm	11 10	
6	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu	40	
7	Penggantung langit-langit (kayu)	7	Bentang maks 5 m, jarak s.k.s min 0,80 m
8	Penutup atap genteng	50	Bentang maks 5 m, jarak s.k.s min 0,80 m
9	Penutup atap sirap	40	Dengan reng dan usuk/kaso
10	Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10	Tanpa usuk
11	Penutup lantai ubin, 7 cm tebal	24	Ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan
12	Semen asbes gelombang	11	

Tabel B.2 Berat Sendiri Komponen Gedung

Sumber : Pedoman Pembebanan untuk Rumah dan Gedung

4. Beban Hidup

Beban hidup adalah suatu beban yang terjadi akibat penghunian / penggunaan suatu gedung dan kedalamannya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang merupakan bagian gedung yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

Khusus pada atap kedalaman beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekan jatuh (energi kinetik) butiran air. Kedalaman beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa dan beban khusus. Dari penjelasan ini, jelas tidak mungkin untuk meninjau secara terpisah semua kondisi pembebanan yang mungkin terjadi. Oleh karena itu dipakai suatu pendekatan secara statistik untuk menetapkan beban hidup ini, sebagai suatu beban statik terbagi merata yang secara aman akan ekuivalen dengan berat dari pemakaian terpusat maksimum yang diharapkan untuk suatu pemakaian tertentu.

Beban hidup aktual sebenarnya yang bekerja pada struktur pada umumnya lebih kecil dari pada beban hidup yang direncanakan membebani struktur. Akan tetapi, ada kemungkinan beban hidup yang bekerjasama besarnya dengan beban rencana pada struktur. Jelaslah bahwa struktur bangunan yang sudah direncanakan untuk penggunaan tertentu harus diperiksa kembali kekuatannya apabila akan dipakai untuk penggunaan lain. Sebagai contoh, bangunan gedung yang semula direncanakan untuk apartemen tidak akan cukup kuat apabila digunakan untuk gedung atau pasar.

Besarnya beban hidup terbagi merata ekuivalen yang harus diperhitungkan pada struktur bangunan gedung, pada umumnya dapat ditentukan berdasarkan standar yang berlaku. Dalam analisis struktur Rumah Sakit Permata Cirebon penerapan Beban hidup di sesuaikan dengan fungsi ruangan yang sudah di

rencanakan, dalam hal ini pembebanan mengacu SNI – 1727-2013 untuk bangunan gedung adalah sebagai berikut :

Hunian atau penggunaan	Merata <i>Psf (KN/m²)</i>	Terpusat <i>lb(KN)</i>
Rumah Sakit :		
• Ruang operasi, Laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
• Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
• Koridor di lantai atas pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	
Atap digunakan untuk taman	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hunian yang dilayani	
Atap yang digunakan untuk tujuan lainnya		
Awning dan kanopi	5(0,24) tidak boleh direduksi	
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka ringan.	5(0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luar tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	200(0,89)
Rangka tumpu layar penutup		
Semua konstruksi lainnya	20(0,96)	2000(8,9)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur		300(1,33) 300(1,33)

utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang dan perbaikan garasi Semua komponen utama struktur lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
---	--	--

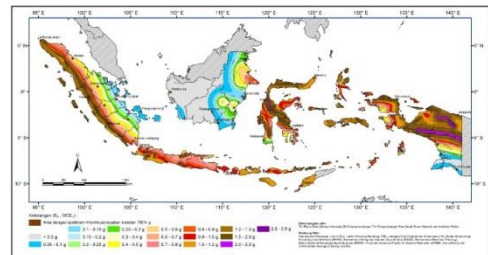
Tabel B.3 Berat Hidup pada Lantai Gedung
Sumber : SNI 1727-2013
Beban minimum bangunan gedung

5. Beban Gempa

Beban gempa adalah fenomena yang diakibatkan oleh benturan atau gesekan lempeng tektonik (*plate tectonic*) bumi yang terjadi di daerah patahan (*fault zone*). Pada saat terjadi benturan antara lempeng-lempeng aktif tektonik bumi, akan terjadi pelepasan energi gempa yang berupa gelombang energi yang merambat ke dalam atau di permukaan bumi (*Himawan Indarto, 2009*).

Besarnya beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan tergantung dari beberapa faktor, yaitu: massa dan kekakuan struktur, waktu getar alami dan pengaruh redaman dari struktur, kondisi tanah dan wilayah kegempaan dimana struktur itu didirikan.

Wilayah Gempa



Gambar B.1 Peta Gerak Tanah Seismik dan Koefisien Resiko
Kategori Gedung

Pada setiap bangunan harus dikenal masuk dalam kategori salah satu dari 4 kategori gedung tersebut pada SNI 03-1726-2012 pasal 4.1 tabel 1 untuk berbagai kategori gedung dan bangunan yang dipakai untuk menghitung beban gempa nominal (V).

Sebagai contoh, untuk gedung yang digunakan sebagai hunian, perniagaan dan perkantoran, factor keutamaan I=1

Seperti di dapat pada tabel B.4 dan tabel B.5 berikut:

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan - Fasilitas sementara - Gedung penyimpanan Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua struktur gedung dan struktur lain, termasuk dalam kategori resiko I, III, IV, termasuk tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen /rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan Industri - Fasilitas manufaktur Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - 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 yang tidak termasuk kedalam resiko IV yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi	III

yang besar dan/ atau gangguan masal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk kedalam resiko IV (termasuk, tapi tidak dibatasi untuk manufaktur, proses penanganan, penyimpanan, penggunaan ata tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahan melebihi nilai batas yang diisyaratkan oleh instansi berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - 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 energy dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara 	IV

<p>pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air, pemadam kebakaran) yang diisyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</p> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang termasuk ke dalam kategori resiko IV</p>	
---	--

Tabel B.4 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa
 Sumber : SNI 1726-2012
 Tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung

Kategori resiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Tabel B.5 Faktor keutamaan gempa
 Sumber : SNI 1726-2012
 Tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung

▪ **Daktilitas Struktur Gedung**

Daktilitas Struktur memakai 2 parameter, yaitu faktor daktilitas simpangan μ dan faktor reduksi gempa R.

Daktilitas simpangan μ menyatakan rasio simpangan di ambang keruntuhan δ_m dan simpangan pada terjadinya pelelehan pertama. R adalah ratio beban, gempa rencana, dan beban gempa nominal. R ini juga merupakan indikator kemampuan daktilitas struktur gedung. Nilai μ dan R tercantum pada SNI 03-1726-2012.

Sebagai Contoh:

Untuk struktur dengan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral pada struktur tersebut dipikul oleh rangka pemikul momen terutama melakukan mekanisme lentur dan sistem tersebut adalah rangka pemikul momen

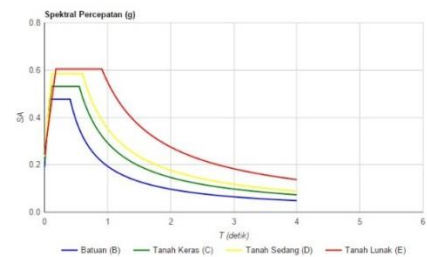
menengah beton (SPRMM), maka faktor reduksi gempa yang digunakan adalah 5.5.

▪ **Faktor Respon Gempa**

Faktor respons gempa (SA) dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spectrum respons gempa rencana.

Faktor respons gempa dituntukan pada gambar B.2 SNI-03-1726-2012. Dalam gambar tersebut SA adalah faktor respons gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi dan T adalah waktu getar alami struktur gedung yang dinyatakan dalam detik.

Untuk T=0 nilai SA tersebut sama dengan A_0 , dimana A_0 merupakan percepatan puncak muka tanah menurut tabel 5. SNI-03-1726-2012.



Gambar B.2 Spektrum respon gempa

6. Kombinasi Pembebanan

Ada beberapa jenis beban yang dapat bekerja pada setiap struktur bangunan. Hal ini penting dalam menentukan beban desain pada struktur adalah dengan pertanyaan, apakah semua beban tersebut bekerja secara simultan atau tidak. Beban mati akibat berat sendiri dari struktur harus selalu diperhitungkan. Sedangkan beban hidup besarnya selalu berubah-ubah tergantung dari penggunaan dan kombinasi beban hidup. Sebagai contoh, adalah tidak wajar merancang struktur bangunan untuk mampu menahan beban maksimum yang diakibatkan oleh gempa dan beban angin maksimum, serta sekaligus memikul beban hidup dalam keadaan penuh. Kemungkinan bekerjanya beban-beban maksimum pada struktur pada saat yang bersamaan adalah sangat kecil. Struktur bangunan dapat dirancang untuk memikul semua beban

maksimum yang bekerja secara simultan. Tetapi struktur yang dirancang demikian akan mempunyai kekuatan yang sangat nyata mungkin terjadi selama umur rencana struktur. Dari sudut pandang rekayasa struktur, desain struktur dengan pembebanan seperti ini adalah tidak realistis dan sangat mahal, berkenaan dengan hal ini, maka banyak peraturan yang merekomendasikan untuk mereduksi beban desain pada kombinasi pembebanan tertentu.

Untuk pembebanan pada bangunan gedung bertingkat banyak, sangat tidak mungkin pada saat yang sama semua lantai memikul beban hidup yang maksimum secara simultan. Oleh karena itu diijinkan untuk mereduksi beban hidup untuk keperluan perencanaan elemen-elemen struktur dengan memperhatikan pengaruh dari kombinasi pembebanan dan penempatan beban hidup.

Untuk kombinasi pembebanan tertentu sering kali diijinkan untuk mereduksi gaya desain total dengan faktor tertentu. Sebagai contoh, bukan kombinasi 1,0 (beban mati + beban hidup + beban gempa atau beban angin) yang digunakan untuk perhitungan, melainkan 0,75 (beban mati + beban hidup + beban gempa atau angin) sebagainya yang disyaratkan oleh banyak peraturan. Yang dimaksudkan dengan ekspresi ini adalah bahwa tidak semua beban yang akan bekerja pada struktur pada harga maksimum secara simultan, mengingat beban gempa atau beban angin adalah beban yang bersifat sementara. Sebaliknya struktur harus direncanakan untuk memikul kombinasi beban mati dan beban hidup penuh yang bekerja secara simultan, atau diekspresikan sebagai 1,0 (beban mati + beban hidup). Untuk perencanaan struktur bangunan, pada umumnya banyak kombinasi pembebanan yang harus ditinjau didalam analisis. Elemen-elemen struktur harus direncanakan untuk memikul kombinasi pembebanan terburuk yang mungkin terjadi.

7. Kombinasi Pembebanan Pada Struktur Portal

Di Indonesia, pada umumnya umur rencana dari struktur bangunan rata-rata adalah 50 tahun. Oleh karena itu selama umur rencananya, struktur bangunan harus mampu untuk menerima atau memikul berbagai macam kombinasi pembebanan (load combination) yang mungkin terjadi. Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan, dapat berupa kombinasi dari beberapa kasus beban (load case) yang terjadi secara bersamaan.

Untuk memastikan bahwa suatu struktur bangunan dapat bertahan selama umur rencananya, maka pada proses perancangan dari struktur, perlu ditinjau beberapa kombinasi pembebanan yang mungkin terjadi pada struktur. Kombinasi pembebanan yang harus diperhitungkan pada perancangan struktur bangunan gedung adalah :

Kombinasi Pembebanan Tetap

Pada kombinasi pembebanan tetap ini, beban yang harus diperhitungkan bekerja pada struktur adalah (SNI 1727-2013).

Kombinasi Pembebanan Sementara

Pada kombinasi pembebanan sementara ini, beban yang harus diperhitungkan bekerja pada struktur adalah (SNI 1727-2013).

Dimana :

D= Beban mati

L= Beban hidup

A= Beban atap

R= Beban hujan

W= Beban angin

E= Beban gempa

F= Tekanan fluida

T= Pembebanan penurunan

pondasi,

Pembebanan suhu, rangkai dan susut beton Koefisien 1,0, 1,2, 1,6, 1,4, merupakan faktor pengali dari beban-beban tersebut, yang disebut faktor beban (load factor). Sedangkan faktor 0,5 dan 0,9 merupakan faktor reduksi. Sistem struktur dan elemen struktur harus diperhitungkan terhadap dua kombinasi pembebanan, yaitu pembebanan tetap dan pembebanan sementara, momen lentur (M_u),

momen torsi atau puntir (T_u), gaya geser (V_u), dan gaya normal (P_u) yang terjadi pada elemen-elemen struktur akibat kedua kombinasi pembebanan yang ditinjau, dipilih yang paling besar harganya, untuk selanjutnya digunakan pada proses desain.

Untuk keperluan analisis dan desain dari suatu struktur bangunan gedung, perlu dilakukan perhitungan mekanika rekayasa dari portal beton dengan dua kombinasi pembebanan yaitu pembebanan tetap dan pembebanan sementara. Kombinasi pembebanan untuk perencanaan struktur bangunan gedung yang sering digunakan di Indonesia adalah (SNI 1727-2013).

Pada umumnya, sebagai gaya horisontal yang ditinjau bekerja pada sistem struktur portal adalah beban gempa, karena itu Indonesia mempunyai beban gempa lebih besar dibandingkan dengan beban angin. Beban gempa yang bekerja pada sistem struktur dapat berarah bolak-balik, oleh karena itu pengaruh ini perlu ditinjau didalam perhitungan. Beban mati dan beban hidup selalu berarah kebawah karena merupakan beban gravitasi, sedangkan beban angin atau beban gempa merupakan beban yang berarah horisontal.

8. Sistem Struktur

Sistem struktur suatu komponen gedung ialah sistem yang dibentuk oleh komponen struktur gedung, berupa balok, kolom, pelat, dan dinding geser, yang disusun sedemikian rupa hingga masing-masing sistem mempunyai peran yang berbeda untuk menahan beban-beban. Sistem struktur yang direncanakan akan mempengaruhi perencanaan struktur gedung. Dalam hal ini berkaitan dengan beban gempa rencana yang akan bekerja pada struktur gedung tersebut.

Perencanaan harus dapat memilih sistem yang paling tepat untuk digunakan dalam suatu proyek.

Sistem struktur utama yang tercantum dalam SNI-03-1726-2012 tabel 3 antara lain:

a) Sistem Dinding Penumpu

Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penumpu atau sistem bresing memikul hampir semua beban gravitasi. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing.

b) Sistem Rangka Gedung

Sistem struktur pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing.

c) Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Ada 3 jenis SRPM menurut tabel 9 SNI-03-1726-2012, yaitu:

SRPMB = Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa

SRPMM = Sistem Rangka Pemikul Momen

Menengah

SRPMK = Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

d) Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Sistem Ganda terdiri dari:

1. Rangka ruang lengkap berupa SPRM yang memikul beban gravitasi.
2. Pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral.

Kedua Sistem dinding geser dan SPRM yang harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral memperhatikan instruksi/sistem ganda.

9. Struktur Bawah

Yang dimaksud dengan struktur bawah (*sub structure*) adalah bagian bangunan yang berada dibawah permukaan. Pondasi adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan beban-beban bangunan atas ke tanah yang mampu mendukungnya. Pondasi umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan telapak pondasi berfungsi sebagai

elemen terakhir yang meneruskan beban ketanah, sehingga harus memenuhi persyaratan untuk mampu dengan aman menyebarkan beban-beban yang diteruskan sedemikian rupa sehingga kapasitas atau daya dukung tanah tidak terlampaui. Pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang bor (*bore pile*).

Pondasi *bore pile* adalah pondasi dalam yang berbentuk tabung, yaitu berfungsi meneruskan beban struktur bangunan di atasnya dari permukaan tanah sampai lapisan tanah keras di bawahnya. Pondasi *bore pile* memiliki fungsi yang sama dengan pondasi tiang pancang atau pondasi dalam lainnya. Perbedaan di antara keduanya adalah pada cara pelaksanaan pengerjaannya. Pelaksanaan pondasi *bore pile* diawali dari pembuatan lubang di tanah dengan cara di bor terlebih dahulu kemudian penginstalan besi tulangan ke dalam lubang yang dilanjutkan dengan pengecoran *bore pile* dengan *tremi*.

a. Daya Dukung Pondasi Tiang Bor

Daya dukung aksial tiang terdiri daya dukung ujung dasar tiang dan daya dukung gesekan permukaan keliling tiang, dikurangi berat sendiri tiang dengan rumus :

$$Q_u = Q_d + Q_g - W$$

$$Q_{ijin} = (Q_d + Q_g) / FK - W$$

Dimana :

Q_u : daya dukung batas tiang,
 Q_d : daya dukung batas dasar

tiang,

Q_g : daya dukung batas gesekan tiang,

W : berat sendiri tiang,
 FK : faktor keamanan tiang = 3.

b. Daya Dukung Ujung Tiang

Daya dukung ujung tiang untuk beberapa kondisi adalah sebagai berikut.

Untuk tanah non kohesif
 $Q_d = 40 N_b A_p \dots$ (ton) :
 Menurut *Mayerhoff (1956)*

Untuk dasar pondasi di bawah muka air tanah :

$N_b' = 15 + 0,5 (N - 15)$
 Untuk tanah berpasir $N > 50$

$Q_d < 750 A_p \dots$ (ton) : *Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa*

Keterangan :

N_b : harga N-SPT pada elevasi dasar tiang < 40

A_p : luas penampang dasar tiang (cm²)

c. Daya Dukung Gesekan Tiang

Menurut *Mayerhoff* :

$$Q_g = 0,20 O \sum (N_i \times L_i) \dots$$
 (ton)

: untuk tiang pancang

$$Q_g = 0,10 O \sum (N_i \times L_i) \dots$$
 (ton)

: untuk tiang bor

Menurut *Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa* :

$$Q_g = O \sum (N_i / 2 \times L_i) \dots$$
 (ton)

Keterangan :

$N_i / 2 < 12$ ton/m²

O : keliling penampang tiang

N_i : N-SPT pada segmen i tiang

L_i : panjang segmen i tiang

D (m)	A _p (m ²)	W (ton)	N _b	N _b '	Q _d (ton)	Q _g (ton)	Q _{ijin} (ton)
0.6	0.2826	9.50	40	27.5	310.86	26.38	102.92
0.8	0.5024	16.88	40	27.5	552.64	35.17	179.06
1	0.785	26.38	40	27.5	863.5	43.96	276.11
1.2	1.1304	37.98	40	27.5	1243.44	52.75	394.08

Tabel B.6 Kuat dukung Pondasi *Bore Pile* dengan Berbagai Diameter

Salah satu cara penetapan kelas situs melalui penyelidikan tanah dilakukan dengan mengolah data N-SPT sampai kedalaman 30 m sesuai SNI Gempa 03-1726-2012 Pasal 5.1. Hasil data tanah berdasarkan nilai SPT (*Soil Penetration Test*) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m t_i / N_i}$$

Dimana :

N : nilai hasil test penetrasi standar rata-rata,

t_i : tebal lapisan tanah ke- i ,

N_i : hasil test penetrasi standar lapisan tanah ke- i .

10. Tanah

Getaran yang disebabkan oleh gempa cenderung membesar pada tanah lunak dibandingkan pada tanah keras atau batuan. Proses penentuan klasifikasi tanah tersebut berdasarkan data tanah pada kedalaman hingga 30 m, karena menurut penelitian hanya lapisan- lapisan tanah sampai

kedalaman 30 m saja yang menentukan pembesaran gelombang gempa (Wangsadinata, 2006). Data tanah tersebut adalah :

- a. *Shear wave velocity* (kecepatan rambat gelombang geser),
- b. *Standard penetration resistance* (uji penetrasi standar SPT), dan
- c. *Undrained shear strength* (kuat geser undrained).

Dari 3 parameter tersebut minimal harus dipenuhi 2, dimana data yang terbaik adalah V_s (*shear wave velocity*) dan data yang digunakan harus dimulai dari permukaan tanah, bukan dari bawah basement (HATTI, 2006).

Untuk data tanah dikarenakan tidak bisa didapat data asli Rumah Sakit Permata di jalan Tuparev, maka digunakan sampel dari pembangunan Kampus 1 Unswagati di jalan Pemuda. Dari contoh hasil uji sondir menunjukkan bahwa kedalaman 0 – 2,4 m adalah tanah lunak. Dan tanah keras dengan $q_c > 150 \text{ kg/cm}^2$ pada kedalaman - 3,4 m.



Gambar B.3 Uji sondir

11. Permodelan Struktur

Struktur dimodelkan dalam 3 dimensi dengan memasukan elemen struktur yang berupa kolom, balok, dan pelat. Pelat beton dimodelkan sebagai diafragma kaku yang berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya gempa ke elemen-elemen struktur lainnya dan terjepit penuh pada balok.

Kolom-kolom dianggap terjepit penuh pada bagian bawah. Untuk menjamin itu, maka diberikan balok sloof yang menghubungkan kolom-kolom bagian bawah.

Beban-beban gravitasi (beban mati dan hidup) disalurkan dari pelat kebalok, kemudian didistribusikan ke kolom.

Struktur dan komponen struktur direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan peraturan.

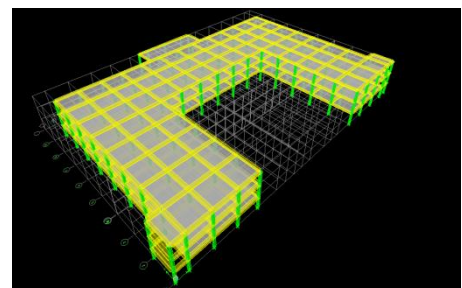
Software yang Digunakan dalam Analisis Struktur

Penulis dalam analisis struktur bangunan ini menggunakan bantuan software *Extended Three Dimension Analysis of Building System ETABS v.9.0.6*. *ETABS* adalah salah satu aplikasi yang sangat populer di dunia teknik sipil. Software buatan *CSI Berkeley* ini memang sangat powerfull dalam melakukan pemodelan struktur, analisis, dan desain. Kebanyakan para perencana high rise building menjadikan *ETABS* sebagai pilihan pertama dan utama dalam melakukan analisis dinamik, karena memang analisis dinamik ini agak-agak butuh waktu dan keringat yang berlebihan jika dicoba dihitung secara manual. Analisis dinamik tidak sesederhana analisis statik yang cukup mengandalkan konsep kesetimbangan gaya saja.

C. ANALISIS

1. Analisis Struktur Rumah Sakit Permata Cirebon

Analisis struktur bangunan Rumah Sakit Permata, Cirebon dilakukan dengan komputer berbasis elemen hingga (*finite element*) untuk berbagai kombinasi pembebanan yang meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa dengan pemodelan struktur 3-D (*space-frame*). Pemodelan struktur dilakukan dengan Program *ETABS v9.6.0 (Extended Three-Dimensional Analysis of Building System)* seperti terlihat pada Gambar.



Gambar C.1 Model Struktur Rumah Sakit Permata Cirebon

Mengingat bentuk struktur yang tidak beraturan, maka analisis terhadap beban gempa selain digunakan cara statik ekuivalen dengan memperhitungkan puntiran akibat eksentrisitas gedung, juga dilakukan analisis dinamik *Response Spectrum Analysis* dan *Time History Analysis*.

Struktur bangunan dirancang mampu menahan gempa rencana sesuai peraturan yang berlaku yaitu SNI 1726-2012 tentang Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung. Dalam peraturan ini gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, sehingga probabilitas terjadinya terbatas pada 10 % selama umur gedung 50 tahun.

Parameter percepatan gempa (S_s , S_1) pada wilayah kota Cirebon dapat diketahui secara detail melalui situs online Dinas PU http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

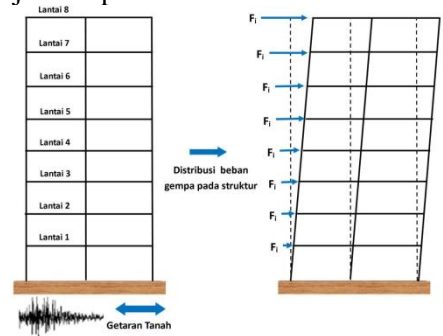
2. Peraturan dan Standar

1. Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SNI 1727-1989-F).
2. Tata Cara Perencanaan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI-1726-2012).
3. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI-1727-2013).
4. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI-2847-2013).

3. Gempa Statik Ekuivalen

Beban gempa statik ekuivalen adalah penyederhanaan dari perhitungan beban gempa yang sebenarnya, dengan asumsi tanah dasar dianggap tetap (tidak bergetar), sehingga beban gempa diekuivalensikan menjadi beban lateral statik yang bekerja pada pusat massa struktur tiap lantai bangunan.

Perhitungan gempa statik ekuivalen dapat dilakukan secara otomatis dengan *Auto Lateral Loads* dan secara manual dengan cara menginput besarnya beban gempa ke pusat massa struktur tiap lantai. Ilustrasi dari perencanaan gempa dengan metode statik ekuivalen ditunjukkan pada Gambar berikut :



Gambar C.2 Ilustrasi dari Analisis Gempa dengan Metode Statik Ekuivalen

Tahap perhitungan gempa statik ekuivalen adalah sebagai berikut :

1. Menghitung Berat Struktur

Berat gedung (W) akibat berat sendiri secara otomatis dapat dihitung dengan ETABS dengan cara menyeleksi luasan masing-masing lantai.

2. Menghitung Koefisien Respon Seismik

Koefisien respons seismic dihitung berdasarkan SNI Gempa 1726- 2012 Pasal 7.8.1.1

$$V = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{SDS}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,585}{\frac{8}{1,5}} = 0,109 \text{ g}$$

Keterangan :

C_s = koefisien respons seismic

W = berat seismic efektif

SDS = parameter percepatan spectrum respon desain dalam rentang periode pendek seperti yang ditentukan dalam SNI Gempa 1726-2012 Pasal 7.8.1.1

R = factor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa seperti yang ditentukan dalam SNI Gempa 1726- 2012 Pasal 4.1.2

Berdasarkan SNI Gempa 1726-2012 Pasal 7.8.1.1 nilai koefisien respon seismic tidak boleh kurang dari :

$$C_{Smin} = 0,044 SDS I_e \geq 0,01$$

$$= 0,044 \times 0,585 \times 1,5 \geq 0,01$$

$$= 0,038 \geq 0,01$$

$$C_{smaks} = \frac{SDI}{T \left(\frac{R}{f_e} \right)}$$

$$C_{smaksX} = \frac{SDI}{T_x \left(\frac{R}{f_e} \right)} = \frac{0,353}{0,5676 \left(\frac{8}{1,5} \right)} = 0,12 \text{ lg}$$

$$C_{smaksY} = \frac{SDI}{T_y \left(\frac{R}{f_e} \right)} = \frac{0,353}{0,5871 \left(\frac{8}{1,5} \right)} = 0,11 \text{ lg}$$

3. Menghitung Gaya Geser Dasar
Perhitungan nilai gaya geser dalam arah yang ditetapkan dihitung berdasarkan SNI Gempa 1726 – 2012 Pasal 7.8.1 sebagai berikut :

$$V_x = C_{sx} \times W = 0,12 \times 91.054,124 = 10.926,49 \text{ kN.}$$

$$V_y = C_{sy} \times W = 0,11 \times 91.054,124 = 10.015,95 \text{ kN.}$$

4. Menghitung Distribusi Beban Gempa

Distribusi beban gempa yang bekerja pada struktur ditunjukkan pada Tabel:

Tingkat Lantai	Beban Total (kN)	Z (m)	W x Z (kNm)	F _x (kN)	F _y (kN)
Lantai 1	32779,51	4.14	135707,16	1861,35	1799,21
Lantai 2	32770,23	8.28	271337,50	3721,64	3597,40
Lantai 3	25504,39	12.42	316764,47	4344,72	4199,67
Σ Wt = 106144,60		Σ W x Z =	723809,14	9927,71	9596,28

Tabel C.1 Perhitungan Gaya Gempa Tiap Lantai

Simulasi arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung harus ditinjau dalam arah utama **dianggap penuh (100%) dan 30% untuk arah tegak lurusnya.**

Beban gempa yang diinput pada 2 arah tersebut sebagai antisipasi datangnya gempa dari arah yang tidak terduga, misalnya dari arah 15°, 30°, 45°, dll. Besarnya beban gempa yang diinput ke pusat massa ditunjukkan pada Tabel berikut :

Tingkat Lantai	Perhitungan gempa 100% arah yang ditinjau dan 30% arah tegak lurus			
	F _x (kN)	30% F _x (kN)	F _y (kN)	30% F _y (kN)
Lantai 1	1861,35	558,40	1799,21	539,76
Lantai 2	3721,64	1116,49	3597,40	1079,22
Lantai 3	4344,72	1303,41	4199,67	1259,90
			9596,28	2878,88

Tabel C.2 Perhitungan Gaya Gempa Arah X dan Y

5. Menentukan Eksentrisitas Rencana(ed)

Berdasarkan SNI Gempa 1726-2012 pasal 5.4.3 disebutkan bahwa : Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana ed. Apabila ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa dinyatakan dengan ‘b’, maka eksentrisitas rencana ed harus ditentukan sebagai berikut : untuk $0 < e \leq 0,3 b$, maka $ed = 1,5 e + 0,05$ atau $ed = e - 0,05 b$

Nilai dari keduanya dipilih yang pengaruhnya paling menentukan untuk unsur atau sub sistem struktur gedung yang ditinjau, dimana eksentrisitas (e) adalah pengurangan antara pusat massa dengan pusat rotasi.

Story	Pusat Massa		Pusat Rotasi		ed = 1,5e + 0,05b		Koordinat pusat massa	
	X	Y	X	Y	X	Y		
1	45,897	33,228	45,899	33,065	0,57	0,93	45,92	32,842
2	45,9	33,302	45,899	33,493	0,6	0,31	45,90	33,584
3	45,9	33,926	45,9	33,78	0,6	0,82	45,90	33,534

Tabel C.3 Perhitungan Eksentrisitas Rencana (ed) Tiap Lantai dan Koordinat Pusat Massa

Hasil perhitungan eksentrisitas rencana (ed), digunakan nilai ed yang paling berpengaruh = $1,5 e + 0,05 b$. Besarnya eksentrisitas tersebut dapat diinput ke ETABS.

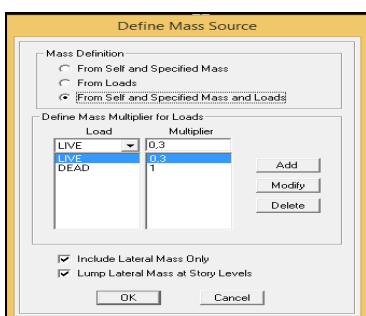
4. Gempa Dinamik Respon Spektrum

Analisis beban gempa dinamik respons spektrum ditentukan oleh percepatan gempa rencana dan massa total struktur. Dalam analisis struktur terhadap beban gempa dinamik, massa bangunan sangat menentukan besarnya gaya inersia akibat gempa. Maka massa tambahan yang diinput pada ETABS meliputi massa akibat beban mati tambahan dan beban hidup yang direduksi dengan faktor reduksi 0,3 (sesuai fungsi gedung Rumah Sakit, lihat Tabel 4, Koefisiensi Reduksi Beban Hidup pada PPURG 1987).

Penggunaan gedung	Koefisien reduksi beban hidup	
	Untuk perencanaan balok induk dan portal	Untuk penurunan gempa
PERUMAHAN/PENGHUNIAN: Rumah tinggal, asrama, hotel, rumah sakit	0,75	0,30

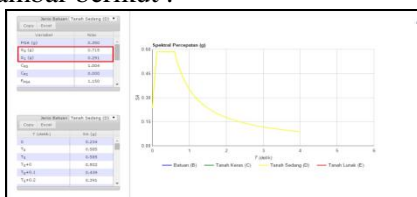
Tabel C.4 Koefisiensi Reduksi Beban Hidup PPURG 1987

Massa akibat berat sendiri (*self weight*) elemen struktur sudah dihitung secara otomatis oleh program. Jadi hanya perlu input massa tambahan (berupa plesteran, dinding, keramik, dll) yang dilakukan dengan cara *Define – Mass Source*.



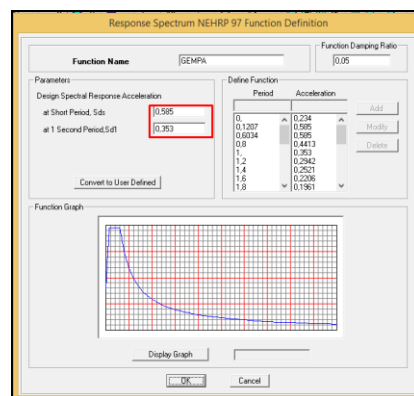
Gambar C.2 Input Beban Mati Tambahan (*Dead*) dan Beban Hidup Tereduksi.

Desain gempa dinamik respons spektrum disusun berdasarkan respons spektrum terhadap percepatan tanah (ground acceleration) hasil rekaman gempa. Desain kurva respons spektrum untuk zona gempa 3 dengan kondisi tanah sedang yang telah diinput ditunjukkan pada Gambar berikut :



Gambar C.3 Desain Kurva Respons Spektrum Gempa Dinamik.

Input data kurva spektrum gempa rencana kedalam ETABS dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu : input manual ke program ETABS dan input otomatis.



Gambar C.4 Desain Kurva Respons Spektrum Gempa Dinamik.

5. Gempa Dinamik *Time History*

Berdasarkan SNI Gempa 1726-2012 Perhitungan respons gedung terhadap pengaruh gempa rencana, dapat dilakukan dengan metode analisis dinamik 3 dimensi berupa analisis respons dinamik linier dan non-linier *time history* (riwayat waktu) dengan suatu akselerogram gempa yang diangkakan sebagai gerakan tanah masukan. Percepatan muka tanah asli dari gempa masukan harus diskalakan ke taraf pembebanan gempa nominal tersebut, sehingga nilai percepatan puncak $A = \frac{A_o \times I}{R}$.

Dimana :

A = Percepatan puncak gempa rencana pada taraf pembebanan nominal sebagai gempa masukan untuk analisis respons dinamik linier riwayat waktu struktur gedung.

Ao = Percepatan puncak muka tanah akibat pengaruh gempa rencana berdasarkan wilayah gempa dan jenis tanah tempat struktur gedung.

I = Faktor keutamaan gedung (I = 1,5 untuk bangunan rumah sakit).

R = Faktor reduksi gempa berdasarkan SNI Gempa (0,8 untuk daktilitas penuh).

Besarnya nilai percepatan puncak muka tanah akibat pengaruh gempa (Ao) ditunjukkan pada tabel berikut :

Wilayah Gempa	Percepatan puncak batuan dasar (g)	Percepatan Puncak Muka Tanah Ao (g)				Setiap lokasi
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus	
3	0,15	0,38	0,23	0,30		
4	0,20	0,24	0,28	0,34		
5	0,25	0,28	0,32	0,36		
6	0,30	0,33	0,36	0,38		

Tabel C.5 Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah Zona Gempa Indonesia.

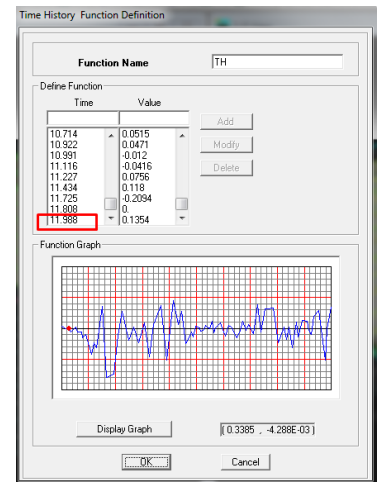
Maka besarnya nilai $A = \frac{A_o \times I}{R} = \frac{0,585 \times 1,5}{8} = 0,109688 \text{ g}$

0.00000	-.01080	-.04200	-.00100	-.09700	-.01590
.16100	-.00010	.22100	-.01890	.26300	-.00010
.29100	-.00590	.33200	-.00120	.37400	-.02000
.42900	-.02370	.47100	-.00760	.58100	-.04250
.62300	-.00940	.66500	-.01380	.72000	-.00880
.72010	-.02560	.78900	-.03870	.78910	-.05680
.87200	-.02320	.87210	-.03430	.94100	-.04020
.94110	-.06090	.99700	-.07890	1.06600	-.06660
1.06610	-.03810	1.09400	-.04290	1.16800	-.08970
1.31500	-.16960	1.38400	-.08280	1.41200	-.08280
1.44000	-.09450	1.48100	-.08850	1.50900	-.10800
1.53700	-.12800	1.62800	-.11440	1.70300	-.23550
1.80000	-.14280	1.85500	-.17770	1.92400	-.26100
2.00700	-.31310	2.21500	-.29520	2.27000	-.26340
2.32000	-.29840	2.39500	-.00540	2.45000	-.28650
2.51900	-.04690	2.57500	-.15160	2.65200	-.20770
2.70800	-.10870	2.76900	-.03250	2.89300	-.10330
2.97600	-.08030	3.06800	-.05200	3.12900	-.15470
3.21200	-.00650	3.25300	-.20600	3.38600	-.19270
3.41900	-.09370	3.53000	-.17080	3.59900	-.03590
3.66800	-.03650	3.73800	-.07360	3.83500	-.03110
3.90400	-.18330	4.01400	-.02270	4.05600	-.04350
4.10600	-.02160	4.22200	-.19720	4.31400	-.17620
4.41600	-.14600	4.47100	-.00470	4.61800	-.25720
4.66500	-.20450	4.75600	-.06080	4.83100	-.27330
4.97000	-.17790	5.03900	-.03010	5.10800	-.21830
5.11900	-.02670	5.23300	-.12520	5.30200	-.12900
5.33000	-.10890	5.34300	-.02390	5.45400	-.17230
5.51000	-.10210	5.60600	-.01410	5.69000	-.19490
5.77300	-.02420	5.80000	-.00500	5.80900	-.02750
5.86900	-.05730	5.88300	-.03270	5.92500	-.02160

Gambar C.5 Mencari Angka Percepatan Puncak Gempa Pada Notepad Rekaman Gempa El Centro.

Agar percepatan akselerogram tersebut sesuai target, maka diperlukan faktor pengali sebagai berikut :
 Faktor skala = $(0,109688/0,3194) \times 9,81 = 3,36894$
 Dengan 30% arah tegak lurusnya = $0,03 \times 3,36894 = 0,101608$

Untuk melihat waktu rekaman total gempa El Centro dapat dilihat dengan memilih convert to user defined kemudian scroll dan pilih angka paling besar di bawah.



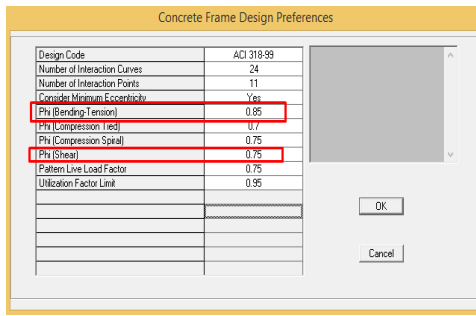
Gambar C.6 Waktu Rekaman Gempa Total El Centro.

Waktu rekaman total gempa El Centro adalah 11,988 detik dengan interval waktu rata-rata (output Time Step Size) 0,05 detik. Maka besarnya Number of Output Time Steps adalah waktu total dibagi interval waktu rata-rata = $11,988/0,05 = 239,76 = 240$

Untuk arah x dan y dengan redaman struktur beton (damping) sebesar 5% sesuai SNI Gempa 1726-2011.

6. Penyesuaian Peraturan yang Digunakan

Sebelum dilakukan analisis struktur, perlu dilakukan penyesuaian parameter perencanaan konstruksi beton menurut American Concrete Institute (ACI 318-99) terhadap "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)" Pasal 9.3.2. Perbedaan yang harus disesuaikan adalah faktor reduksi untuk SNI Beton Indonesia. Perbedaan faktor reduksi tersebut karena masih lemahnya tingkat pengawasan kerja dan mutu proyek dan konstruksi di Indonesia. Penyesuaian dapat dilakukan dengan Option – Preference – Concrete Frame Design. Faktor reduksi kekuatan yang digunakan untuk perencanaan konstruksi beton untuk lentur dan tarik (bending) diambil 0,85 dan untuk geser (shear) diambil 0,75.



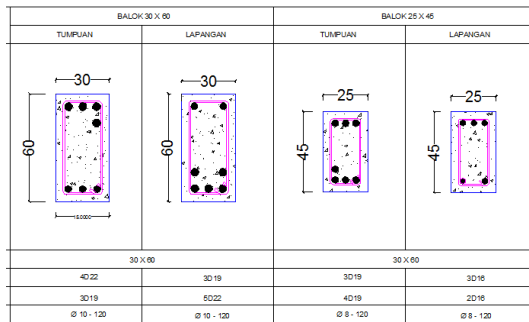
Gambar C.7 Perbedaan Faktor Reduksi SNI Beton.

Pada struktur beton pengaruh keretakan beton harus diperhitungkan terhadap kekakuannya. Maka, momen inersia penampang struktur dapat ditentukan sebesar momen inersia penampang utuh dikalikan dengan presentase efektifitas penampang berdasarkan SNI Beton 2847-2013 Pasal 10.10.4.1 sebagai berikut.

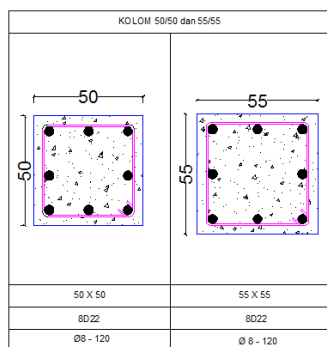
$$\begin{aligned} \text{Balok} &= 0,351 I_g \\ \text{Kolom} &= 0,701 I_g \\ \text{Dinding strktural} &= 0,351 I_g \end{aligned}$$

Nilai persentase efektifitas penampang tersebut diinput ke ETABS.

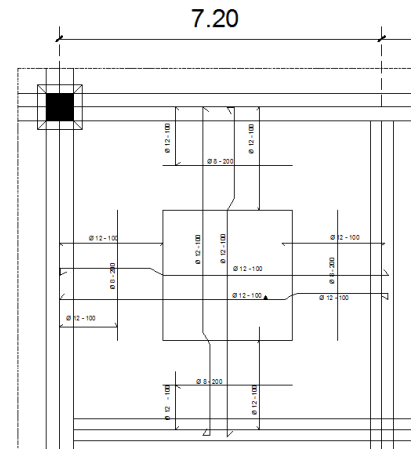
7. Penulangan Kolom, Balok dan Plat



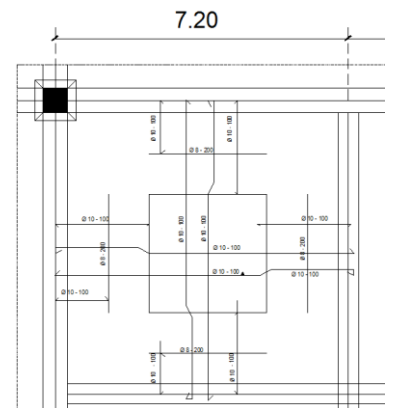
Gambar C.8 Penulangan Balok.



Gambar C.8 Penulangan Kolom.



Gambar C.9 Penulangan Pelat Lantai.



Gambar C.10 Penulangan Pelat Atap.

8. Pondasi

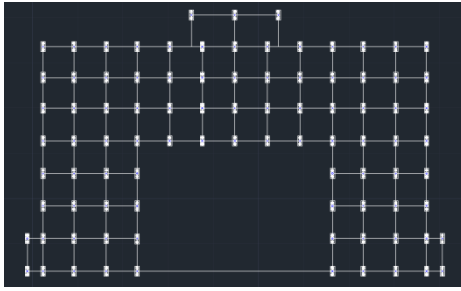
Untuk menentukan titik terberat pondasi dapat dilihat dari tabel untuk nilai FZ mana yang terbesar.

Story	Point	Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY/3	175	COMB1	-8.02	-1.25	112.89	-2.295	8.001	-0.99
STORY/3	175	COMB2	-0.94	-1.21	137.82	-1.690	8.001	-0.89
STORY/3	175	COMB3	-8.00	-1.32	108.81	-2.190	1.328	-483.32
STORY/3	175	COMB4	47.96	13.89	109.84	-1.404	-1.327	482.58
STORY/3	175	COMB5	-13.93	-8.87	109.89	-3.074	8.385	-141.32
STORY/3	175	COMB6	13.99	44.85	108.86	-4.825	-0.384	140.87
STORY/3	175	COMB7 MAX	97.21	51.22	109.86	-4.892	2.232	944.89
STORY/3	175	COMB7 MIN	-97.25	-53.45	109.89	-2.949	-2.231	-946.6
STORY/3	175	COMB8 MAX	97.21	51.22	108.86	-4.850	2.232	944.89
STORY/3	175	COMB8 MIN	-97.25	-53.45	109.89	-2.949	-2.231	-946.6
STORY/3	175	COMB9 MAX	52.40	93.86	109.79	0.287	1.296	510.15
STORY/3	175	COMB9 MIN	-52.52	-96.89	108.95	-3.888	-1.295	-510.7
STORY/3	175	COMB10 MAX	52.40	93.86	109.79	0.287	1.296	510.15
STORY/3	175	COMB10 MIN	-52.52	-96.89	108.95	-3.888	-1.295	-510.7
STORY/3	175	COMB11 MAX	184.04	56.18	108.84	-1.530	5.812	1578.1
STORY/3	175	COMB11 MIN	-186.87	-112.96	109.81	-2.291	-2.948	-2843.3
STORY/3	175	COMB12 MAX	386.02	118.73	108.84	-1.708	2.948	2843.3
STORY/3	175	COMB12 MIN	-387.88	-118.87	109.87	1.708	-2.948	-2843.3

Gambar C.11 Besarnya Beban Titik Pondasi dari Tabel *Support Reaction*.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh beban titik pondasi sekitar 224,61 ton untuk yang terbesar. Berdasarkan jika digunakan pondasi bore pile diameter 80 cm, maka daya dukung pondasi adalah 179,06 ton.

Jumlah tiang pondasi untuk beban 224,61 ton = $224,61/179,06 = 1,25$ Jadi dipakai 2 tiang.



Gambar C.12 Letak Titik-titik Pondasi.

D. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis dan perancangan pada struktur gedung Rumah Sakit Permata Cirebon yang disesuaikan dengan Tata Cara Perencanaan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI-1726-2012), Persyaratan Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI-1727-2013) dan Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI-2847-2013), dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan bangunan tiga lantai Rumah Sakit Permata Cirebon ini dengan menggunakan dimensi kolom 50 x 50 cm, 55 x 55 cm dan balok dengan dimensi 25 x 45 cm, dan 30 x 60, dengan tebal pelat lantai dan atap 13 cm. Dimensi ini sesuai dengan dimensi Kolom dan Balok di Lapangan, sehingga dimensi Kolom dan Balok Rumah Sakit Permata dianggap layak.
2. Dari hasil perhitungan pada pelat lantai memakai tulangan \varnothing 12-100 dan pelat atap \varnothing 10-100 dengan f_y 400 mpa . Untuk balok anak dan balok induk menggunakan tulangan D16, D19, D22 dan untuk tulangan gesernya berjarak, 100mm, 120mm. Pada perhitungan kolom memakai tulangan D 22 dengan tulangan geser berjarak 120 mm dengan f_y 400 mpa. Dimensi tulangan tidak sesuai dengan dimensi tulangan di lapangan, karena di lapangan tulangan untuk kolom

menggunakan besi \varnothing 16 dengan f_y 400 mpa, dan untuk balok menggunakan besi \varnothing 10 dengan f_y 400 mpa. Sehingga dimensi tulangan Kolom dan Balok Rumah Sakit Permata dianggap kurang layak, sedangkan untuk tulangan pelat lantai dan atap sudah layak..

3. Pemilihan pondasi menggunakan 2 pondasi bore pile diameter 80 cm, dengan daya dukung pondasi adalah 179,06 ton.

E. SARAN

1. Sebelum melakukan suatu perencanaan & perancangan struktur alangkah lebih tepat apabila memahami lebih dahulu peraturan yang berlaku.
2. Sebelum perancangan struktur sebaiknya dilakukan estimasi awal pada ukuran elemen struktur, sehingga tidak terjadi penentuan elemen struktur berulang-ulang.
3. Dalam perancangan elemen-elemen struktur seperti penentuan tulangan pelat, balok serta kolom sebaiknya digunakan ukuran yang hampir seragam untuk mempermudah pelaksanaan pekerjaan di lapangan.
4. Dalam melakukan input data pada program ETABS hendaknya dilakukan dengan teliti sesuai dengan asumsi-asumsi yang telah ditetapkan sebelumnya sehingga dapat dihasilkan analisis struktur yang mendekati keadaan sebenarnya.
5. Sebaiknya penggunaan software aplikasi analisis struktur dibarengi dengan hitungan manual sebagai pembanding, karena rentannya salah input atau permodelan pada software aplikasi, dikarenakan kurang telitinya pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyono. 2006. Menghitung Konstruksi Beton. Jakarta: Griya Kreasi.
- Arka Reka Struktur Grup. 2014. Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung dengan ETABS. Jakarta: Arka Reka Struktur Grup.
- Badan Standardisasi Nasional. Beban minimum untuk Perencanaan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727: 2013)

- Badan Standardisasi Nasional. Persyaratan beton Struktural untuk Bangunan gedung (SNI 2847: 2013)
- Badan Standardisasi Nasional. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan non-Gedung (SNI 1726: 2012)
- Departemen Pekerjaan Umum. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (SKBI - 1.3.53.1987)
- Idham, Noor Cholis. Ph.D,IAI, 2014. Prinsip-Prinsip Desain Arsitektur Tahan Gempa, Yogyakarta : Andi Yogyakarta.
- Ilham, M. Noer. 2011. “Analisis Gedung BRI Kanwil dan Kanca Banda Aceh dengan Software ETABS V.9.20” (penelitian) Aceh.
- Peraturan undang – undang No 8 tahun 2002 tentang bangunan gedung
- Rohim, Abdul. 2015. “Analisis Pengembangan Pasar Karangsembung Kabupaten Kecamatan Karangsembung Cirebon” (skripsi) Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon.

