

STUDI PEMERIKSAAN CEPAT PENERAPAN SNI DALAM RANGKA PENINGKATAN MANAJEMEN PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG DI MANADO

Jantje Bernhard Mangare, Mochtar Sibi, Grace Y. Malingkas
Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado
email: mangarejantje01@gmail.com

ABSTRAK

Di dalam rangka memajukan bidang teknik sipil di kota Manado maka dengan kemampuan melakukan pendeteksian awal terhadap hasil akhir dari perencanaan struktur gedung di daerah ini maka diharapkan “tindakan pencegahan awal” untuk meminimalisir permasalahan-permasalahan yang dapat terjadi di kemudian hari. Hal-hal yang menyangkut kondisi geografis kota Manado yang rawan gempa, hasil akhir perencanaan struktur kebanyakan berbeda dengan hasil akhir pembangunannya, juga masih memungkinkannya kebelumjelasan SNI, masih minimnya sosialisasi SNI, dan masih sering terjadi kesalahan penerapan SNI, serta apakah dibutuhkan fungsi pengawasan untuk perencanaan struktur bangunan gedung berskala kecil, merupakan landasan untuk mendapatkan suatu solusi yang tepat sasaran untuk mengatasi permasalahan-permasalahan ini, atau setidaknya meminimalkan timbulnya permasalahan-permasalahan ini.

Sistem rangka struktur adalah bagian dari bangunan yang merupakan struktur utama pendukung berat bangunan dan beban luar yang diaplikasikan. Rangka struktur ini terdiri dari kolom dan balok yang merupakan rangkaian yang dijadikan satu kesatuan yang kuat. Di dalam perencanaan rangka struktur ini maka SNI yang sering digunakan yakni, SNI 1726-2012, SNI 1727-2013, dan SNI 2847-2013.

Untuk pelaksanaan penelitian ini maka hal-hal yang telah dipelajari, diselidiki dan didalami dari keseluruhan SNI yang akan dipakai terkait penelitian ini. Selanjutnya sesuai dengan keahlian dan pengalaman yang dimiliki oleh peneliti, akan disusun suatu daftar untuk pemeriksaan cepat perencanaan struktur bangunan gedung, sesuai dengan sudut pandang dan engineering judgments dari peneliti. Hal-hal yang dimaksud yakni mengenai prarencana awal suatu struktur, penerapan pembebanan yang sesuai dengan fungsi bangunan yang akan dibangun, hasil-hasil respons dari suatu rangka struktur yang menjadi batasan tingkat keamanan struktur, serta hasil desain akhir. Keseluruhan hal-hal ini selanjutnya akan dicari korelasi dan korespondensinya sesuai dengan isi dari keseluruhan SNI yang akan ditinjau.

Kata Kunci: Perencanaan, Struktur, Manajemen, Konstruksi, Gedung, SNI

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur penunjang, dalam hal ini gedung, masih terus giat dilaksanakan dalam rangka menopang tujuan umum pemerintah pusat untuk kemajuan bangsa dan negara. Namun hal ini perlu diperhatikan secara serius mengingat kondisi geografis kota Manado terletak pada wilayah rawan gempa terbesar kedua di Indonesia. Perlu adanya tinjauan terhadap suatu struktur bangunan akibat pengaruh yang ditimbulkan oleh kondisi geografis ini. Meskipun tinjauan akibat pengaruh yang muncul dari kondisi geografis Manado perlu dilakukan, tetapi sekarang ini masih

terdapat satu kendala yang sering muncul juga yang tidak boleh disepelekan.

Kenyataan yang sering muncul saat ini yakni bahwa hasil akhir perencanaan suatu struktur bangunan gedung justru kebanyakan berbeda dengan hasil akhir pekerjaan konstruksinya, sehingga dengan mengfokuskan pada hasil akhir perencanaan, “tindakan pencegahan” dapat sedini mungkin dan keseringan perbedaan ini muncul hampir selalu ada hubungannya dengan Standar Nasional Indonesia.

Penerapan SNI untuk perencanaan struktur bangunan gedung yang berskala besar telah merupakan aturan baku yang dikeluarkan oleh pemerintah. Akan tetapi untuk penerapan struktur bangunan gedung yang berskala kecil

masih sangat simpang siur. Diperlukan pengawasan untuk perencanaan struktur bangunan gedung yang berskala kecil masih merupakan tanda tanya besar, mengingat banyaknya aturan-aturan lama yang harus dilanggar jika hal ini akan dilakukan. Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan diatas, yakni kondisi geografis kota Manado yang rawan gempa, hasil akhir perencanaan struktur kebanyakan berbeda dengan hasil akhir pembangunnya juga masih memungkinkannya kebelum jelasan SNI, masih minimnya sosialisasi SNI, dan masih sering terjadi kesalahan penerapan SNI, serta diperlukan fungsi pengawasan untuk perencanaan struktur bangunan gedung berskala kecil, maka diperlukan suatu solusi yang tepat sasaran untuk mengatasi permasalahan-permasalahan ini, atau setidaknya meminimalkan timbulnya permasalahan-permasalahan ini.

Rumusan Masalah

Perlu diadakannya studi mendalam serta menyeluruh terhadap Standar Nasional yang terkait dengan perencanaan suatu struktur bangunan gedung, dalam hal ini di kota Manado, sehingga dapat dibuat suatu daftar pemeriksaan cepat yang jelas sebagai sarana evaluasi pada hasil akhir perencanaan struktur bangunan gedung.

Di samping itu juga, sebagai tambahan, dapat dibuat suatu metode urutan pemeriksaan efektif, terutama menyangkut kriteria-kriteria dari bangunan gedung yang strukturnya telah selesai direncanakan.

Berdasarkan ini maka dapat dirumuskan hal-hal sebagai berikut:

1. Bagaimanakah menyusun suatu daftar pemeriksaan cepat berdasarkan SNI-1726-2012 terhadap hasil perencanaan struktur tahan gempa ?
2. Bagaimanakah menyusun suatu daftar pemeriksaan cepat berdasarkan SNI-2847-2013 terhadap hasil perencanaan struktur terutama menyangkut penampang dan *detailingnya* ?
3. Bagaimanakah menyusun suatu daftar pemeriksaan cepat berdasarkan SNI-1727-2013 terhadap hasil perencanaan struktur terutama menyangkut pembebanan minimumnya ?
4. Bagaimanakah membuat metode urutan pemeriksaan yang efektif berdasarkan SNI yang digunakan yang menyangkut kriteria-

kriteria dari bangunan gedung yang strukturnya telah selesai direncanakan ?

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yakni sebagai berikut:

1. Penelitian ini tidak melibatkan pengaruh elemen-elemen non-struktural.
2. Rangka struktur yang akan diperiksa yakni struktur beton bertulang
3. Daftar pemeriksaan cepat yang dihasilkan hanya akan diterapkan terhadap hasil akhir dari perencanaan suatu struktur bangunan yang akan dibangun dan bukan terhadap bangunan yang telah dibangun.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini berupa metode atau produk, untuk menetapkan kesesuaian suatu hasil perencanaan struktur bangunan gedung terhadap Standar Nasional Indonesia yang berlaku saat ini, dengan ruang lingkup perencanaan yang telah selesai dibuat.

Manfaat Penelitian

Berdasarkan pengalaman peneliti, belum ada suatu standar pemeriksaan yang berupa suatu daftar yang sesuai dengan SNI untuk perencanaan suatu struktur bangunan gedung dalam rangka mencapai kesesuaian dengan ilmu teknik sipil yang diterapkan didalam perencanaan. Dengan dihasilkannya sistem manajemen pemeriksaan cepat berdasarkan Standar Nasional Indonesia yang berlaku, diharapkan, ketidaksesuaian hasil perencanaan struktur bangunan gedung dalam korelasinya dengan SNI yang berlaku, dapat dengan mudah dideteksi sehingga kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi pada saat pelaksanaan pekerjaan konstruksi semakin berkurang di masa-masa yang akan datang.

LANDASAN TEORI

Sistem Rangka Struktur

Sistem rangka struktur adalah bagian dari bangunan yang merupakan struktur utama pendukung berat bangunan dan beban luar yang diaplikasikan. Umumnya sistem rangka struktur berupa portal terbuka (Open Frame Structure). Rangka struktur ini terdiri dari kolom dan balok yang merupakan rangkaian yang dijadikan satu kesatuan yang kuat. Pada sistem rangka ini, dinding penyekat tidak diperhitungkan ikut mendukung beban atau

dengan kata lain hanya berfungsi sebagai pembatas ruang saja sehingga ukurannya harus dibuat sekecil mungkin agar beratnya semakin ringan, yang pada akhirnya akan mempengaruhi ukuran sistem struktur.

Balok portal merangkai kolom-kolom menjadi satu kesatuan. Balok menerima seluruh beban dari plat lantai ke kolom-kolom pendukung. Hubungan balok dan kolom adalah jepit-jepit, yaitu suatu sistem dukungan yang dapat menahan Momen, Gaya vertikal dan Gaya horisontal. Untuk menambah kekakuan balok, di bagian pangkal pada pertemuan dengan kolom, boleh ditambah tebalnya.

Di dalam perencanaan sistem rangka portal maka kekuatannya diperhitungkan harus dapat memikul beban-beban luar. Jenis-jenis beban luar antara lain yakni beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa atau beban khusus lainnya. Rangka portal ini harus dirancang dengan menggunakan kombinasi yang mungkin dari beban-beban di atas.

Semua rangka bangunan bertingkat harus direncanakan dan diperhitungkan mampu meredam gaya gempa yang melandanya. Mengingat bahwa gaya gempa ini sulit diukur kepastian besarnya, maka biasanya untuk perencanaan diberi batasan-batasan sebagai berikut:

1. Pada gempa kecil, struktur tidak boleh mengalami kerusakan sekecil apapun.
2. Pada gempa sedang, bagian yang non struktural boleh rusak, artinya bagian ini boleh dikorbankan agar struktur utamanya tetap utuh.
3. Pada gempa besar, sebagian struktur boleh rusak tapi tidak mengakibatkan keruntuhan seluruh bangunan.

Berdasarkan angka keamanan untuk gempa dapat ditentukan berdasarkan hal-hal berikut ini:

1. Zone daerah gempa, pada daerah yang sering dilanda gempa harus diberikan angka keamanan yang cukup besar
2. Fungsi gempa, misal untuk bangunan rumah sakit atau sekolah mempunyai angka keamanan lebih besar dari pada bangunan perkantoran.
3. Luas dan tinggi gedung, untuk gedung yang makin besar dan kompleks harus diberikan angka keamanan yang makin besar pula.

Di samping itu, jenis bahan konstruksi yang dipakai dan tipe atau bentuk bangunan, juga akan menuntut suatu angka keamanan tertentu, dan nilainya ditetapkan berdasarkan standar peraturan yang berlaku.

Standar Nasional Indonesia 1726 - 2013

SNI 1726 – 2012 berisi tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Di samping SNI ini memberikan persyaratan minimum perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, juga merupakan revisi dari SNI 1726 – 2002 di mana perubahan mendasar dalam standar ini adalah ruang lingkup yang diatur standar ini diperluas dan penggunaan peta-peta gempa yang baru dan format penulisan ditulis sesuai dengan Pedoman Standarisasi Nasional (PSN) 08:2007. Standar ini telah dibahas dan disetujui pada rapat consensus tanggal 21 Januari 2011 di Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementrian Pekerjaan Umum di Bandung dengan melibatkan wakil dari pemerintah, produsen, konsumen pakar/praktisi serta instansi teknis terkait lainnya.

Adapun yang menjadi syarat-syarat perencanaan struktur bangunan gedung dan non gedung tahan gempa yang ditetapkan dalam standar ini tidak berlaku untuk bangunan sebagai berikut:

1. Struktur bangunan dengan sistem struktur yang tidak umum atau yang masih memerlukan pembuktian tentang kelayakannya.
2. Struktur jembatan kendaraan lalu lintas (jalan raya dan kereta api), struktur reaktor energi, struktur bangunan keairan dan bendungan, struktur menara transmisi listrik, serta struktur anjungan pelabuhan, anjungan lepas pantai, dan struktur penahan gelombang.

Untuk struktur-struktur bangunan yang disebutkan dalam batasan tersebut diatas, perencanaan harus dilakukan dengan menggunakan standar dan pedoman perencanaan yang terkait, dan melibatkan tenaga-tenaga ahli utama dibidang rekayasa struktur dan geoteknik.

Standar Nasional Indonesia 2847 - 2013

SNI 2847 – 2013 berisi tentang persyaratan beton structural untuk bangunan gedung. Standar ini digunakan dalam perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung, atau struktur bangunan lain yang mempunyai kesamaan karakter dengan struktur bangunan gedung. Standar ini merupakan revisi dari SNI 2847 – 1992: Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung yang mengacu pada ACI 318M – 11 *Building Code Requirements for Structural Concrete*. Modifikasi yang dilakukan berupa penambahan

daftar definisi pada pasal 2.2. Standar ini telah dibahas dan disetujui oleh anggota SPT pada Rapat Konsensus tanggal 18 Juni 2012 di Bandung.

Standar ini memberikan persyaratan minimum untuk desain dan konstruksi komponen struktur beton semua struktur yang dibangun menurut persyaratan peraturan bangunan gedung secara umum yang diadopsi secara legal dimana standar ini merupakan bagaiannya. Di daerah tanpa peraturan bangunan gedung yang diadopsi secara legal, standar ini menentukan standar minimum yang dapat diterima untuk bahan desain, dan pratek konstruksi. Standar ini juga memuat evaluasi kekuatan struktur beton yang sudah dibangun.

Standar ini melengkapi peraturan bangunan gedung secara umum dan harus mengatur dalam semua hal yang berkaitan dengan desain dan konstruksi beton struktur, kecuali bilamana standar ini bertentangan dengan persyaratan dalam standar bangunan gedung secara umum yang diadopsi secara legal. Standar ini juga harus mengatur dalam semua hal yang berkaitan dengan desain konstruksi, dan property bahan bilamana standar ini bertentangan dengan persyaratan yang terkandung dalam standar lainnya yang dirujuk dalam standar ini.

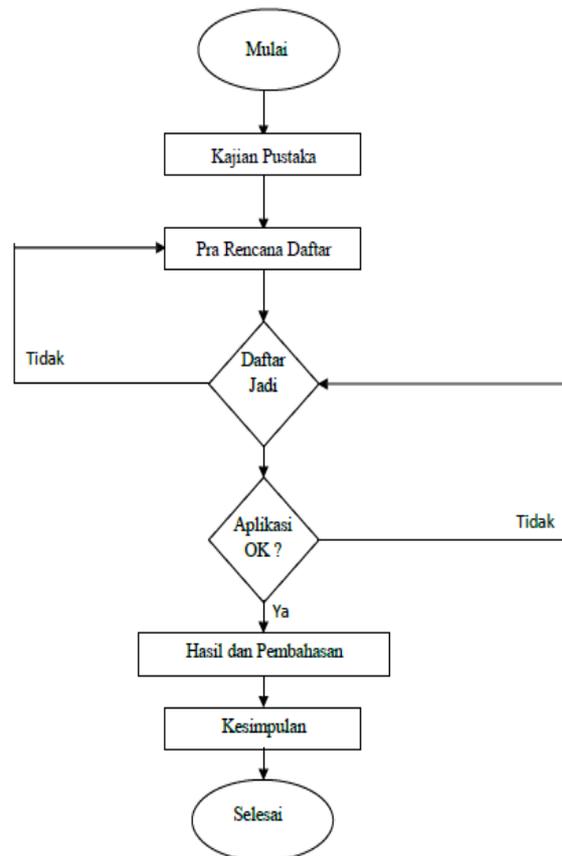
Standar Nasional Indonesia 1727 - 2013

SNI 1727 – 2013 berisi tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Standar ini merupakan revisi dari SNI 1727 yang mengadopsi dari SEI/ASCE 7 – 10, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, dengan mengadopsi isi pasal yang sesuai dengan yang diperlukan untuk kondisi pembebanan bangunan gedung dan struktur lain di Indonesia. Pasal- pasal di dalam SEI/ASCE 7 – 10 yang berkaitan dengan beban salju dan beban es dalam standar ini sama dengan nol, sedangkan pasal mengenai beban gempa juga tidak dicakup dalam standar ini karena telah diterbitkan dalam SNI 1726 – 2013, Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk rumah dan gedung. Standar ini dikategorikan sebagai standar dengan tingkat keselarasan sebagai modifikasi adopsi.

Seperti yang telah disebutkan di atas bahwa standar ini memuat ketentuan beban minimum untuk merancang bangunan gedung dan struktur lain. Beban dan kombinasi pembebanan yang sesuai, telah dikembangkan dan harus digunakan bersama, baik untuk perancangan dengan metode kekuatan ataupun perancangan

dengan menggunakan metode tegangan ijin. Untuk kuat rancang dan batas tegangan ijin, spesifikasi perancangan bahan bangunan konvensional yang digunakan pada bangunan gedung dan modifikasinya yang dimuat dalam standar ini harus diikuti.

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Untuk rencana data yang akan digunakan yakni data-data yang telah dikumpulkan sebagai data hasil akhir perencanaan struktur bangunan gedung yang disediakan oleh konsultan - konsultan perencana yang telah mencapai kesepakatan bersama dengan peneliti.

Berikut ini akan diuraikan mengenai dasar pola pikir analisis berdasarkan kepentingan tujuan penelitian. Hal yang pertama-tama dilakukan yakni menentukan komponen-komponen termasuk parameter-parameter yang akan dipakai. Dalam hal ini hal-hal yang telah dipelajari, diselidiki dan di dalam dari keseluruhan SNI yang akan dipakai terkait

penelitian ini. Selanjutnya sesuai dengan keahlian dan pengalaman yang dimiliki oleh peneliti, akan disusun suatu daftar untuk pemeriksaan cepat perencanaan struktur bangunan gedung, sesuai dengan sudut pandang dan *engineering judgments* dari peneliti. Hal-hal yang dimaksud yakni mengenai pra rencana awal suatu struktur, penerapan pembebanan yang sesuai dengan fungsi bangunan yang akan dibangun, hasil-hasil respons dari suatu rangka struktur yang menjadi batasan tingkat keamanan struktur, serta hasil desain akhir. Keseluruhan hal-hal ini selanjutnya akan dicari korelasi dan korespondensinya sesuai dengan isi dari keseluruhan SNI yang akan ditinjau.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti yang telah diuraikan pada latar belakang masalah maka untuk penelitian ini dalam rangka menghasilkan suatu cara pemeriksaan cepat untuk perencanaan suatu struktur bangunan Gedung maka standar yang dipakai yakni SNI 1726-2012, SNI 1727-2013, dan SNI 2847-2013. Setelah dilakukan studi yang mendalam dan proses untuk menganalisis suatu proses perencanaan bangunan Gedung, berdasarkan kriteria keamanan jiwa manusia, maka dihasilkan 4 (empat) bagian besar yang dapat dipakai sebagai suatu standar pemeriksaan cepat pada saat perencanaan suatu bangunan struktur Gedung. Bagian-bagian berikut yakni sebagai berikut:

- Sistem Bangunan
- Sistem Penahan Gaya Lateral
- Hubungan Kolom dan Pondasi
- Hubungan Tiang Pancang dan Poer

Kriteria Pemeriksaan Cepat Perencanaan Gedung

1. Sistem Bangunan

a. Pemilihan Sistem Struktur

Prosedur analisis dan desain yang digunakan dalam struktur perencanaan bangunan gedung harus berdasarkan pasal 7 SNI 1726, dimana sistem penahan gaya lateral dan vertikal harus lengkap.

b. Alur beban

Struktur harus mempunyai sebuah alur beban untuk pengaruh gaya gempa dari segala arah horisontal yang berfungsi untuk menyalurkan gaya inersia dari massa bangunan ke fondasi.

c. Bangunan Bersebelahan

Bangunan bersebelahan tidak boleh berada di dekat bangunan yang dievaluasi dengan jarak kurang dari 4% tinggi bangunan.

d. Messanine

Tingkat messanine interior harus diperkaku (braced) dan bebas dari struktur utama, atau harus diangkur ke komponen struktur utama penahan gaya lateral.

e. Tingkat Lemah

Kekuatan sistem penahan gaya lateral di semua tingkat harus tidak kurang dari 80% kekuatan tingkat yang berdekatan di atas atau dibawahnya.

f. Tingkat Lunak

Kekakuan sistem penahan gaya lateral di semua tingkat harus tidak kurang dari 70% kekakuan di tingkat yang berdekatan di atas atau dibawahnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atas atau dibawahnya.

g. Geometri

Perubahan dimensi horisontal dari sistem penahan gaya lateral tidak boleh ada yang lebih dari 30% di suatu tingkat relatif terhadap tingkat-tingkat yang berdekatan, kecuali untuk griya tawang satu tingkat.

h. Ketidaksinambungan Vertikal

Semua komponen struktur vertikal pada sistem penahan gaya lateral harus menerus ke fondasi.

i. Massa

Perubahan massa efektif harus tidak lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat berikutnya.

j. Puntir

Jarak antara pusat massa tingkat dan pusat kekakuan tingkat harus kurang dari 20% lebar bangunan dalam kedua arah dimensi denah bangunan

2. Sistem Penahan Gaya Lateral

a. Ketidakberaturan Struktur

Ketidakteraturan struktur dalam arah horizontal dan vertikal khusus untuk kategori desain gempa kuat harus memenuhi SNI 1726 : Tabel 10 dan 11.

b. Redundansi

Jumlah lajur rangka momen dalam setiap arah utama harus lebih besar dari atau sama dengan 2.0. Jumlah bentang rangka momen dalam setiap lajur harus lebih besar dari atau sama dengan 2.0.

c. Dinding yang berpengaruh

- Semua dinding pengisi dalam rangka momen harus terpisah dari komponen struktur.
- d. Pemeriksaan Tegangan Geser
Tegangan geser dalam kolom beton diitung dengan prosedur pemeriksaan cepat (FEMA 310, Sect. 3.5.3.2) harus kurang dari 0,69 Mpa atau $0,166.(f_c')^{0,5}$.
 - e. Pemeriksaan Tegangan Aksial
Tegangan aksial akibat beban gravitasi dalam kolom yang dikenai oleh gaya guling harus kurang dari $0,10f_c'$. Sebagai alternatif, tegangan aksial akibat gaya guling saja dihitung dengan prosedur pemeriksaan cepat (FEMA 310, Sect.3.5.3.6) harus kurang dari $0,30f_c'$.
 - f. Rangka Lantai Datar
Dalam wilayah gempa dengan resiko gempa tinggi, sistem penahan gaya lateral harus bukan merupakan rangka yang terdiri dari kolom dan lantai/pelat datar tanpa balok.
 - g. Komponen Struktur Prategang
Rangka penahan gaya lateral harus tidak melibatkan komponen struktur prategang atau pasca tarik.
 - h. Kolom Pendek Terkekang
Rasio tinggi/dalam (h_e/d) kolom di suatu tingkat harus tidak kurang dari 50% rasio tinggi/dalam (h_e/d) nominal kolom tipikal di tingkat tersebut.
 - i. Tidak Ada Kegagalan Geser
Kuat geser komponen struktur rangka harus dapat mengembangkan kuat lebih momen di ujun atas dan bawah kolom, tampak tulangan transversal yang rapat di bagian tersebut.
 - j. Kolom Kuat/Balok Lemah
Jumlah kuat nominal momen kolom yang terkecil harus 20% lebih besar dari jumlah kuat nominal momen balok di muka hubungan balok-kolom rangka.
 - k. Tulangan Balok
Paling sedikit dua batang tulangan atas longitudinal dan dua batang tulangan bawah longitudinal harus menerus sepanjang panjang setiap balok rangka. Paling sedikit 25% batang tulangan longitudinal di muka hubungan balok- kolom baik untuk momen positif ataupun momen negatif harus menerus sepanjang panjang komponen struktur.
 - l. Sambungan Lewatan Tulangan Balok
Semua panjang sambungan lewatan batang tulangan kolom harus lebih besar dari 50db dan harus dilindungi oleh pengikat/sengkang tertutup dengan spasi sama dengan atau kurang dari 8db. Sambungan lewatan tulangan kolom hanya boleh ditempatkan di tengah tinggi kolom.
 - m. Lokasi Sambungan Lewatan Tulangan Balok
Sambungan lewatan untuk penulangan balok longitudinal harus ditempatkan $\geq l_b/4$ dari muka hubungan balok-kolom dan tidak boleh ditempatkan di sekitar lokasi yang berpotensi terjadinya sendi plastis.
 - n. Spasi Sengkang/Pengikat Kolom
Kolom rangka harus mempunyai sengkang berkait gempa (dan pengikat silang seperlunya) dengan spasi sama dengan atau kurang dari $d/4$ sepanjang panjangnya dan sengkang tertutup dengan spasi sama dengan atau kurang dari 6db di semua lokasi yang berpotensi terjadinya sendi plastis.
 - o. Spasi Sengkang Balok
Semua balok harus mempunyai sengkang dengan spasi sama dengan atau kurang dari $d/2$ sepanjang panjangnya. Di lokasi yang berpotensi terjadinya sendi plastis sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka kolom, dan sisanya harus dipasang dengan spasi sama dengan atau kurang dari minimum sebesar 8db atau $d/4$.
 - p. Penulangan Hubungan Balok-Kolom
Hubungan balok-kolom harus mempunyai sengkang/pengikat tertutup dengan spasi sama dengan atau kurang dari 6db.
 - q. Eksentrisitas Hubungan Balok dan Kolom
Eksentrisitas tidak boleh lebih besar dari 20% dimensi penampang kolom yang terkecil antara garis pusat balok dan kolom.
 - r. Sengkang dan Pengikat
Sengkang/pengikat yang dipasang di lokasi sendi plastis balok dan kolom harus berupa sengkang/pengikat tertutup dengan kait gempa. Sengkang balok dan pengikat kolom tersebut harus diangkur ke dalam inti komponen struktur dengan kait sebesar 1350 atau lebih. Pengikat silang yang dipasang berurutan harus ditempatkan secara berselang-seling berdasarkan bentuk kait ujungnya.
 - s. Kompatibilitas Simpangan
Komponen struktur yang bukan merupakan bagian sistem penahan gaya lateral tetap harus mampu menahan beban gravitasi dan daktail terhadap simpangan sistem penahan gaya lateral akibat gempa.
 - t. Mutu Tulangan Memanjang
Mutu tulangan 300 MPa dan 400 MPa boleh digunakan dalam komponen struktur sistem

penahan gaya lateral bila (a) Kuat leleh pengujian pabrik tidak melampaui f_y yang ditetapkan (specified) lebih dari 120 MPa, (b) Rasio kuat tarik aktual terhadap kuat leleh aktual $\geq 1,25$.

3. Hubungan Kolom dan Pondasi

a. Pengankuran Kolom Beton

Semua tulangan kolom beton harus dilengkapi dengan penyaluran (ld) ke dalam fondasi dan ld harus dapat mengembangkan kapasitas tarik kolom.

4. Hubungan Pancang dan Poer

a. Beban Lateral di Poer

Poer harus mempunyai tulangan atas, ujung pancang harus diberi cukup pengekanan, kemudian tulangan pancang harus diangkur ke dalam poer, sehingga mampu mencapai tegangan tarik lelehnya oleh gaya lateral/gempa siklik.

Data Bangunan

Struktur Atas (super structure)

1) Rangkap Atap

Tabel 1. Profil Desain Struktur Rangka Atap Bangunan 1 C

NO	POSISI	PROFIL BAJA STRUKTUR ATAP		
		TIPE	UKURAN	TEBAL
1.	Top Chord	Double Angle	2L – 150x150	12 mm
2.	Truss	Angle	L – 150x150	12 mm
3.	Bottom Chord	Double Angle	2L – 150x150	12 mm
4.	Wind Bracings	Angle	L – 150x150	12 mm
5.	Gording	Canal	Cnp – 150x65x20	2.3 mm

Sumber: Hasil Desain Struktur

Tabel 2. Batang Tarik Rangka Atap

Posisi	db (mm)	Jumlah Baut	S(mm)	S1(mm)	L1(mm)	n(mm)	L2(mm)
Top Chord	12.7	5	50	30	200	4.5	230
Trs_Vertical	12.7	2	50	30	50	1.5	80
Trs_Diagonal	12.7	2	50	30	50	1.5	80
Bottom Chord	12.7	5	50	30	200	4.5	230

Sumber: Hasil Desain Struktur

Tabel 3. Batang Tekan Rangka Atap

Posisi	db (mm)	Jumlah Baut	S(mm)	S1(mm)	L1(mm)	n(mm)	L2(mm)
Top Chord	12.7	4	50	30	150	3.5	180
Trs_Vertical	12.7	3	50	30	100	2.5	130
Trs_Diagonal	12.7	2	50	30	50	1.5	80
Bottom Chord	12.7	5	50	30	150	3.5	180

Sumber : Hasil Desain Struktur

2) Balok

Tabel 4. Hasil Desain Struktur Elemen Balok Bangunan I (Bangunan C)

PENULANGAN BALOK	Ukuran (MM)	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tulangan Susut	
		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan		
		Atas	Bawah	Atas	Bawah				
Roof	250x400	6 D16	3 D16	3 D16	5 D16	Ø10-100	Ø10-100	-	
Lt. 1	B-a (Arah - X)	300x350	7 D16	4 D16	3 D16	6 D16	Ø10-100	Ø10-150	2 Ø8
	B-b (Arah - Y)	300x350	5 D16	4 D16	3 D16	5 D16	Ø10-100	Ø10-150	2 Ø8
Lt. 2	B-c (Arah - X)	300x300	7 D16	4 D16	3 D16	6 D16	Ø10-100	Ø10-150	2 Ø8
	B-d (Arah - Y)	300x300	5 D16	3 D16	3 D16	4 D16	Ø10-100	Ø10-150	2 Ø8

Sumber : Hasil Desain Struktur

Tabel 5. Hasil Desain Struktur Elemen Balok Bangunan I (Bangunan C)

PENULANGAN BALOK	Ukuran (MM)	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tulangan Susut	
		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan		
		Atas	Bawah	Atas	Bawah				
Lt. 3	B-e (Arah - X)	300x300	6 D16	4 D16	3 D16	5 D16	Ø10-100	Ø10-150	2 Ø8
	B-f (Arah - Y)	300x300	5 D16	3 D16	3 D16	4 D16	Ø10-100	Ø10-150	2 Ø8
Lt. 4	B-g (Arah - X)	250x400	6 D13	4 D13	3 D13	5 D13	Ø8-100	Ø8-150	-
	B-h (Arah - Y)	250x400	5 D13	4 D13	3 D13	5 D13	Ø8-100	Ø8-150	-

Sumber : Hasil Desain Struktur

3) Kolom

Tabel 6. Hasil Desain Struktur Elemen Kolom Bangunan I (Bangunan C)

PENULANGAN KOLOM	Ukuran (MM)	Tulangan Lentur	Tulangan Geser 1	Tulangan Geser 2	
			Model : Normal	Model : Diamond	
Trt. 1	Ka	500x500	8 D22	Ø12 - 170	Ø12 - 170
	Kb	400x500	8 D22	Ø12 - 170	Ø12 - 170
Trt. 2	Ka	500x500	8 D22	Ø12 - 170	Ø12 - 170
	Kb	400x500	8 D22	Ø12 - 170	Ø12 - 170

Sumber : Hasil Desain Struktur

Tabel 7. Hasil Desain Struktur Elemen Kolom Bangunan I (Bangunan C)

PENULANGAN KOLOM	Ukuran (MM)	Tulangan Lentur	Tulangan Geser 1	Tulangan Geser 2	
			Model : Normal	Model : Diamond	
Trt. 1	Ka	500x500	8 D22	Ø12 - 170	Ø12 - 170
	Kb	400x500	8 D22	Ø12 - 170	Ø12 - 170
Trt. 2	Ka	500x500	8 D22	Ø12 - 170	Ø12 - 170
	Kb	400x500	8 D22	Ø12 - 170	Ø12 - 170

Sumber : Hasil Desain Struktur

Tabel 8. Hasil Desain Struktur Elemen Kolom Bangunan I (Bangunan C) [Lanjutan]

PENULANGAN KOLOM	Ukuran (MM)	Tulangan Lentur	Tulangan Geser 1	Tulangan Geser 2	
			Model : Normal	Model : Diamond	
Trt. 3	Ka	500x500	8 D22	Ø12 - 170	Ø12 - 170
	Kb	400x500	8 D22	Ø12 - 170	Ø12 - 170
Trt. 4	Ka	500x500	8 D22	Ø12 - 170	Ø12 - 170
	Kb	400x500	8 D22	Ø12 - 170	Ø12 - 170

Sumber : Hasil Desain Struktur

4) Pelat

Tabel 9. Hasil Desain Struktur Elemen Pelat Bangunan I (Bangunan C)

PENULANGAN	Ukuran	Top Tulangan		Bottom	
		Tebal Arah Memanjang (MM)	Arah Melintang	Tulangan Arah Memanjang	Tulangan Arah Melintang
Tingkat ke - 1	Sa	130	Ø10-125	Ø10-125	Ø10-125
Tingkat ke - 2	Sb	120	Ø10-125	Ø10-125	Ø10-125
Tingkat ke - 3	Sb	120	Ø10-125	Ø10-125	Ø10-125
Tingkat ke - 4	Sb	120	Ø10-125	Ø10-125	Ø10-125

Sumber : Hasil Desain Struktur

b. Struktur Bawah (Sub Structure)

1. Pondasi Tiang Bor (Bored Pile) [dalam Meter]

Tabel 10. Pondasi Tiang Bor (Bored Pile) [Satuan dalam Meter]

Ukuran Telapak PT2 (Pile Cap)	2,10 x 1,30
Tebal Telapak PT2 (Pile Cap)	0,95 m
Selimit Beton Telapak PT2	0,04
Jarak dari muka tanah ke Top PT2	0,75 m
Tulangan Lentur PT2 Arah Memanjang	D25-250mm
Tulangan Lentur PT2 Arah Melintang	D25-250mm
Tulangan Susut PT2 Arah Memanjang	Ø12-250mm
Tulangan Susut PT2 Arah Melintang	Ø12-250mm
Jumlah Tiang	2 Buah
Tipe Penampang Tiang	Lingkaran
Diameter Tiang	0,30
Panjang Tiang	12,00
Spasi antar Tiang Arah Memanjang	1,20
Tebal Selimit Beton Tiang	0,4
Tulangan Lentur	13 D22
Model Tulangan Geser	Spiral
Tulangan Geser	Ø10-160mm

2. Pondasi Tiang Bor (Bored Pile) [dalam Meter]

Tabel 11. Pondasi Tiang Bor (Bored Pile) [Satuan dalam Meter]

Ukuran Telapak PT3 (Pile Cap)	1,90 x 2,10
Tebal Telapak PT3 (Pile Cap)	0,95 m
Selimit Beton Telapak PT3	0,04
Jarak dari muka tanah ke Top PT3	1,00
Tulangan Lentur PT3 Arah Memanjang	D25-250mm
Tulangan Lentur PT3 Arah Melintang	D25-250mm
Tulangan Susut PT3 Arah Memanjang	Ø13-250mm
Tulangan Susut PT3 Arah Melintang	Ø13-250mm
Jumlah Tiang	3 Buah
Tipe Penampang Tiang	Lingkaran
Diameter Tiang	0,40
Panjang Tiang	12,00
Spasi antar Tiang Arah Memanjang	346mm
Spasi antar Tiang Arah Melintang	600mm
Tebal Selimit Beton Tiang	0,4
Tulangan Lentur	18 D19
Model Tulangan Geser	Spiral
Tulangan Geser	Ø10-160mm

3. Dinding Geser (Shear Wall)

Tabel 12. Dinding Geser (Shear Wall)

Tebal Dinding Geser	150,0mm
Tebal Selimit Beton	30mm
Jumlah Lapis Tulangan	2 Layer
Tulangan Arah Vertikal	Ø8-200mm
Tulangan Arah Horizontal	Ø8-200mm

Selanjutnya akan dibuat daftar pemeriksaan cepat yang sangat berguna untuk pedeteksian atau pencegahan awal sehingga pelaksanaan

suatu pembangunan gedung direkomendasikan dapat dilanjutkan ke tahap pelaksanaan atau harus diperbaiki perencanaannya lebih dahulu sampai memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yang ditinjau dalam penelitian ini baru kemudian dapat dilanjutkan pelaksanaan pembuatan gedung yang dimaksud.

Tabel 13. Daftar Kriteria-Kriteria Pemeriksaan Cepat Perencanaan Gedung (checklist)

Unsur Pemeriksaan	Memenuhi (√) Tdk Memenuhi (x)
1. Sistem Bangunan.	
a. Pemeliharaan Sistem Struktur :	
- Penahan Gaya Lateral dan Vertikal (psi 7 SNI 1726-2012)	√ (dapat di lanjutkan)
b. Alur Beban :	
- Penyaluran Gaya Inersia dari masa bangunan ke Pondasi	√ (dapat di lanjutkan)
c. Bangunan Bersebelahan :	
- Tidak boleh berjarak kurang dari 4% dari tinggi bangunan (pasal 8.2.3 SNI 1726)	√ (dapat di lanjutkan)
d. Messanine :	
- Tingkat messanine interior harus ada pengaku (bracing). (pasal 23.9 SNI 2847)	√ (dapat di lanjutkan)
e. Tingkat Lemah :	
- Penahan gaya lateral semua tingkat ≥ 80% terhadap tingkat yang berdekatan	√ (dapat di lanjutkan)
2. Sistem Penahan Gaya Lateral.	
a. Ketidak Beraturan Struktur :	
- Kategori desain gempa kuat (SNI 1726-2012, tabel 10 dan 11)	X (harus di perbaiki)
b. Redundansi :	
- Jumlah bentang rangka momen setiap lajur ≥ 2	√ (dapat di lanjutkan)
c. Dinding Yang Berpengaruh :	
- Semua dinding pengisi rangka momen terpisah dari komponen struktur	√ (dapat di lanjutkan)
d. Pemeriksaan Tegangan Geser :	
- Tegangan aksial akibat beban grafitasi dalam kolom beton < 0,69 Mpa atau 0,166 (fc) ^{0.5} ; FEMA 310	√ (dapat di lanjutkan)
e. Pemeriksaan Tegangan Aksial :	
- Tegangan aksial beban gravitasi dalam kolom oleh gaya guling < 0,10 . fc ; FEMA 310	√ (dapat di lanjutkan)
f. Rangka Lantai Datar :	
- Wilayah Gempa Resiko Tinggi, komponen struktur utama di haruskan ada.	√ (dapat di lanjutkan)
g. Komponen Struktur Prategang :	
- Rangka penahan gaya lateral harus tidak melibatkan komponen struktur prategang atau pascatarik	√ (dapat di lanjutkan)
h. Kolom Pendek Terkekang :	
- Rasio tinggi / dalam kolom di suatu tingkat lebih besar 50% dari rasio tinggi / dalam nominal kolom tipikal di tingkat tersebut	√ (dapat di lanjutkan)
i. Tidak Ada Kegagalan Geser :	
- Tulangan transversal yang rapat di bagian geser tersebut. (SNI 2847 pasal 23)	X (harus di perbaiki)
j. Kolom Kuat / Balok Lemah (gambar 8) :	
- Kuat nominal momen kolom terkecil harus > 20% dari kuat nominal momen balok	X (harus di perbaiki)
k. Tulangan Balok :	
- Minimal dua batang tulangan atas dan bawah longitudinal harus menerus sepanjang komponen struktur	√ (dapat di lanjutkan)
l. Sambungan Lewatan Tulangan Balok :	
- Minimal 50 kali diameter batang tulangan, dilengkapi pengikat / sengkang tertutup dengan spasi < 8 kali diameter batang tulangan	X (harus di perbaiki)
m. Lokasi Sambungan Lewatan Tulangan Balok :	
- Harus di tempatkan ≥ Lb/4 dari muka hubungan balok – kolom dan harus diluar lokasi yang berpotensi terjadinya sendi plastis (SNI 2847 pasal 23)	X (harus di perbaiki)
n. Spasi Sengkang / Pengikat Kolom :	
- Sengkang berkait / Pengikat silang seperlunya dengan spasi d/4 atau sengkang tertutup 6 db pada lokasi berpotensi terjadinya sendi plastis (SNI 2847 pasal 23)	X (harus di perbaiki)
o. Spasi Sengkang Balok :	
- Semua balok harus mempunyai sengkang dengan spasi maksimum d/2, dan tidak lebih dari 50mm dari muka kolom dan sisanya minimum 8 db atau d/4 (SNI 2847 pasal 23)	X (harus di perbaiki)
p. Penulangan Hubungan Balok-Kolom :	
- Mempunyai sengkang / pengikat tertutup dengan spasi sama dengan atau kurang dari 6db (SNI 2847 pasal 23)	X (harus di perbaiki)
q. Eksentrisitas Hubungan Balok dan Kolom :	
- Eksentrisitas harus lebih kecil dari 20% dimensi penampang kolom terkecil	√ (dapat di lanjutkan)

r. Senggang dan Pengikat : - Di lokasi sendi plastis di pasang senggang / pengikat tertutup dengan kait gempa berselang seling (SNI 2847 pasal 23)	√ (dapat dilanjutkan)	di
s. Kompatibilitas Simpangan : - Harus mampu menahan beban gravitasi dan daktil terhadap sistem penahan gaya lateral akibat gempa (SNI 2847 pasal 23)	√ (dapat dilanjutkan)	di
t. Muat Tulangan Memanjang : - Kuat leleh tulangan tidak boleh melampaui fy yang di tetapkan (spesifikasi), dan rasio kuat tarik aktual terhadap kuat leleh aktual $\geq 1,25$	√ (dapat dilanjutkan)	di
3. Hubungan Kolom dan Pondasi - Semua tulangan kolom memiliki penyaluran (ld) kedalam pondasi dan harus dapat mengembangakan kapasitas tarik kolom . (gambar 9)	√ (dapat dilanjutkan)	di
4. Hubungan Pancang dan Poer - Tulangan pancang harus di angkur ke dalam poer, di mana poer harus mempunyai tulangan atas yang mampu menahan gaya lateral / gempa siklik (SNI 2847 pasal 23)	√ (dapat dilanjutkan)	di

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi yang mendalam dan proses hasil perencanaan suatu bangunan Gedung berdasarkan kriteria keamanan jiwa

manusia, maka dapat disimpulkan terdapat 4 (empat) bagian besar yang dapat dipakai sebagai suatu standar pemeriksaan cepat pada saat perencanaan suatu bangunan struktur Gedung yakni: Sistem Bangunan, Sistem Penahan Gaya Lateral, Hubungan Kolom dan Fondasi serta Hubungan Tiang Pancang dan Poer.

Saran

Dalam perencanaan bangunan struktur di Manado maka perlu diperhatikan tentang kondisi geografis kota Manado yang rawan gempa, perlunya kejelasan penerapan SNI sesuai bidang perencanaan termasuk memaksimalkan sosialisasi penerapan SNI tersebut. Juga dibutuhkan fungsi pengawasan untuk perencanaan struktur bangunan gedung berskala kecil yang merupakan landasan untuk mendapatkan suatu solusi yang tepat sasaran dalam mengatasi permasalahan penerapan SNI di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. M., Moon, K., 2007, *Structural Developments in Tall Building: Current Trends and Future Prospects*, University of Sydney
- BSN, 2012, "SNI 1726 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung", Bandung, Indonesia
- BSN, 2013, "SNI 1727 : Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktural Lain", Bandung, Indonesia
- BSN, 2013, "SNI 2847 : Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung", Bandung Indonesia
- Comittee 3 CTBUH, 1995, *Structural Systems for Tall Buildings*, McGraw Hill, Singapore
- FEMA-356, 2000, *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings*, ASCE, Virginia, USA
- FEMA-451, 2008, *Seismic Design of Reinforced Concrete Structures*, FEMA, Washington D.C, USA
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2010, "Peta Hazard Gempa Indonesia 2010", Jakarta, Indonesia
- Maffei, Joe, Noelle Y., 2011, *Seismic Performance and Design Requirements for High-Rise Concrete Buildings*, *Structure Magazine* (2007)
- Purwono, R., 2010, "Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa", Edisi Keempat, ITS Press, Surabaya, Indonesia
- Sev, A., Ozgen, A., 2009, *Space Efficiency in High-rise Office Building*. METU JFA 2009/ (26:2) 69-89
- Smith, B., S., Coull, A., 1991, *Tall Building Structures: Analysis and Design*

TC, 2010, *Modeling and Acceptance Criteria for Seismic Design and Analysis of Tall Buildings*, PEER Report 2010/111

Vanderbilt, M., D., Corley, W., G., 1983, *Frame Analysis of Concrete Buildings*, *Concrete International*, American Concrete Institute, Detroit, Michigan, V. 5, No.12, pp.33-43