

**ANALISA PUSHOVER PADA BANGUNAN GEDUNG TELKOMSEL
PEMATANG SIANTAR BERDASARKAN PERENCANAAN DENGAN
SNI 1726 : 2019
(STUDI KASUS)**

Rico Pratama¹ , Ir. Ellyza Chairina,M.Si²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan

²Dosen Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan Jl. H.M
Joni No.70c Kec. Medan Kota

ricopratama1102@gmail.com

Abstrak

Berkurangnya lahan pembangunan yang tersedia di Indonesia meenyebabkan meningkatnya jumlah pembangunan gedung bertingkat. Semakin tinggi suatu struktur, semakin rawan struktur tersebut terhadap gempa bumi. Perencanaan bangunan tahan gempa perlu dilakukan untuk meminimalisir pengaruh gaya gempa bumi, salah satu contoh dengan analisa pengaruh pushover pada struktur bangunan dengan menggunakan perencanaan berbasis kinerja (*performance based design*) yang salah satunya untuk menentukan kapasitas suatu struktur linier maupun non linier dengan menggunakan program Komputer. Analisis yang dilakukan menggunakan analisis Respon Spectrum dan analisis Nonlinier. Analisis Respon Spectrum menggunakan SNI 1726-2019. Analisis Non-linear pushover menggunakan metode ASCE 41-13 NSP untuk mencari nilai perpindahan dari struktur. Dari hasil analisa yang di lakukan pada gedung telkomsel, didapatkan nilai dari gaya gempa dasar 4.233,38168 kgf untuk arah x dan 4.233,38168 kgf untuk arah y. Untuk nilai simpangan yang terjadi adalah 54,8012 mm untuk arah x dan 69,036 mm untuk simpangan arah y. Nilai keruntuhan akibat beban dorongdalam analisis pengaruh *pushover* yang terjadi adalah 30,751 mm untuk arah x dan 258,751 mm pada arah y.

Kata Kunci : Gempa bumi, Metode pushover, ASCE 41-13 NS, analisa pengaruh Pushover

Abstract

The reduced development land available in Indonesia has led to an increase in the number of tall building. The higher the structure, the more vulnerable the structure is to earthquakes. Eartquake resistant building planning needs to be done to minimize the influence of earthquake strength, one examole is the analysis og the effect of pushover on building structures using performancebased planning, one of which is to determine the capacity of a linear or nonlinear structures using the computer programs.. Analysis was performed using Spectrum Response analysis and Non-linear analysis. Spectrum Response Analysis using SNI 1726-2019. Non-linear pushover analysis uses the ASCE 41-13 NSP method to find the value of structural displacement.

From the result analysis conducted on the telkomsel, the basic earthquake force value is 4.233,38168 kgf for the x direction and 4.233,38168 kgf for the y direction. For the deviation value that occurs is 54,8012 mm for the x direction and 69,036 mm for the y direction deviation. The collapse value due to the thrust load in the analysis of the pushover effect that occurred was 30,751 mm for the x direction and 258,751 mm in the y direction.

Keywords : Earthquake, Pushover method, ASCE 41-13 NSP, pushover effect analysis

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi didefinisikan sebagai getaran yang bersifat alamiah, yang terjadi pada lokasi tertentu, dan sifatnya tidak berkelanjutan. gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi) secara tiba-tiba (sudden slip). Pergeseran secara tiba-tiba terjadi karena adanya sumber gaya (force) sebagai penyebabnya, baik bersumber dari alam maupun dari bantuan manusia (artificial earthquakes). Selain disebabkan oleh *sudden slip*, getaran pada bumi juga bisa disebabkan oleh gejala lain yang sifatnya lebih halus atau berupa getaran kecil-kecil yang sulit dirasakan manusia. Gempa bumi yang terjadi di Indonesia sering kali memakan korban jiwa. Namun, dapat dipastikan bahwa penyebab adanya korban jiwa bukan diakibatkan secara langsung oleh gempa, tetapi diakibatkan oleh rusaknya bangunan yang menyebabkan keruntuhan pada bangunan tersebut dan berakibat adanya korban jiwa.

Penulisan ini berfokus pada struktur dengan menggunakan Analisa *pushover*. Analisa *pushover* adalah analisa metode non-linear dimana suatu bangunan diberi gaya lateral untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan akibat gaya gempa, dengan memberikan beban gaya secara bertahap sampai bangunan mencapai pola keruntuhan tertentu. Dalam perancangan bangunan digunakan perancangan berbasis kinerja dan *performance based design*. Dalam perencanaan, kinerja bangunan terhadap gempa dan pola keruntuhannya dapat dinyatakan secara jelas dalam bentuk kurva. Untuk mengetahui perilaku keruntuhan pada bangunan maka digunakan analisis *pushover* atau analisis beban dorong statik.

Tujuan analisis *pushover* adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta untuk memperoleh informasi bagian mana saja yang kritis. Selanjutnya dapat diidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk pendetailan atau stabilitasnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah, maka dalam penelitian ini pokok

permasalahannya yang ada dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh perencanaan dengan SNI 1726-2019 dan peta gempa 2019 terhadap bangunan gedung di kota Pematang Siantar?
2. Bagaimana hasil output analisis *pushover* pada bangunan gedung Telkomsel Kota Pematang Siantar ?
3. Bagaimana pola keruntuhan gedung setelah dianalisis dengan *Pushover* pada penggunaan aplikasi ETABS v.15 ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui kekuatan bangunan gedung Telkomsel yang berada di Kota Pematang Siantar terhadap gempa berdasarkan SNI 1726:2019.
2. Mengetahui pola keruntuhan bangunan gedung sehingga dapat diketahui joint-joint yang mengalami kerusakan dan mengalami kehancuran.
3. Membandingkan hasil dari simpangan Linear dengan analisis *pushover*

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut ;

1. Jenis pemanfaatan struktur gedung sebagai gedung perkantoran yang terdiri dari 6 lantai dan tinggi 24,5 meter.
2. Struktur yang digunakan adalah struktur beton bertulang, terletak di kota Pematang Siantar dengan kategori rediko gempa 2, tanah sedang.
3. Pembebanan gedung meliputi :
 - a. Beban mati (berupa berat sendiri struktur)
 - b. Beban hidup (berupa beban akibat fungsi bangunan sesuai dengan SNI 1726-2019).
 - c. Beban lateral (berupa beban gempa sesuai dengan SNI 1726:2019 Tata cara perancangan gempa untuk gedung, tanpa memperhitungkan beban angin).
 - d. Peraturan pembebanan berdasarkan peraturan pembebanan Indonesia untuk rumah dan gedung SNI 1727:2019.
4. Peta gempa yang digunakan adalah peta gempa 2019.
5. Analisa perencanaan ketahanan gempa mengacu pada tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan non gedung SNI 1726:2019.
6. Perilaku struktur dianalisis dengan menggunakan metode *pushover* dengan menggunakan software aplikasi ETABS v.15.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ini dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui bagaimana cara merencanakan dan membangun suatu struktur bangunan tahan gempa baik bangunan itu simetris atau tidak simetris.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi dan Deskripsi Gempa Bumi

Gempa bumi dapat didefinisikan sebagai getaran yang bersifat alamiah, yang terjadi pada lokasi tertentu, dan sifatnya tidak berkelanjutan. Gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi) secara tiba-tiba (*sudden slip*). Pergeseran secara tiba-tiba terjadi karena adanya sumber gaya (*force*) sebagai penyebabnya, baik bersumber dari alam maupun dari bantuan manusia (*artificial earthquakes*). Selain disebabkan oleh *sudden slip*, getaran pada bumi juga bisa disebabkan oleh gejala lain yang sifatnya lebih halus atau berupa getaran kecil-kecil yang sulit dirasakan manusia. Contoh getaran kecil adalah getaran yang disebabkan oleh lalu lintas, mobil, kereta api, tiupan angin pada pohon dan lain-lain. Getaran seperti ini dikelompokkan sebagai *mikroseismisilas* (getaran sangat kecil).

Indonesia termasuk negara yang sering tertimpa bencana gempa bumi. Gempa bumi baik yang skala kecil maupun skala besar pernah terjadi di Indonesia. Letak geografis Indonesia yang berada di pertemuan perbatasan 3 lempeng tektonik, yaitu lempeng Australia, lempeng Pasifik dan lempeng Euroasia mengakibatkan Indonesia menjadi daerah yang rawan gempa.

2.2 Proses terjadinya Gempa Bumi

Gempa bumi biasanya terjadi di perbatasan lempengan-lempengan tersebut, gempa bumi yang paling parah biasanya terjadi di perbatasan lempengan kompresional dan translasional. Gempa bumi kemungkinan besar terjadi karena materi lapisan litosfer yang terjepit kedalam mengalami transisi fase pada kedalaman lebih dari 600 km. Beberapa gempa bumi yang lain juga dapat terjadi karena pergerakan magma di dalam gunung berapi, gempa bumi seperti itu dapat menjadi gejala akan terjadinya letusan gunung berapi, jika gunung

tersebut mulai aktif maka akan terjadi getaran di permukaan bumi dan itu termasuk gempa vulkanik.(Sembiring, Wibowo, & Susanti, n.d.)

2.3 Teori Lempeng Tektonik

Penyebab utama terjadinya gempa bumi berawal dari adanya gaya pergerakan didalam interior bumi (gaya konveksi material) yang menekan kerak bumi (*outer layer*) yang bersifat rapuh, sehingga ketika kerak bumi tidak lagi kuat dalam merespon gaya gerak dari dalam bumi tersebut maka akan membuat sesar dan menghasilkan gempa bumi. Akibat gaya gerak dari dalam bumi ini maka kerak bumi telah terbagi-bagi menjadi beberapa fragmen yang disebut lempeng (*plate*). Gaya gerak penyebab gempa bumi ini selanjutnya disebut gaya sumber tektonik (*tectonic source*). Bentuk pergerakan pada batas pelat (*plate boundary*) yang satu dengan pelat yang lain secara garis besar dikelompokkan atas tiga pergerakan sebagai berikut:

1. *Divergent plate boundaries* (saling menjauh)
2. *Convergent plate boundaries* (saling mendekat)
3. *Transform plate boundaries* (bergeser)

2.4 Fenomena Gempa Bumi di Indonesia

Selama ada dinamika di lapisan bumi, maka akan tetap terjadi potensi gempa. Menurut Badan Geologi Departemen ESDM, setiap hari kita mencatat ada gempa, cuma skalanya beragam. Lempeng-lempeng yang bergerak menjadikan potensi gempa. Daerah rawan gempa tersebut membentang disepanjang batas lempeng tektonik Australia dengan Asia, lempeng Asia dengan Pasifik dari timur hingga barat Sumatera sampai selatan Jawa, Nusa Tenggara, serta Banda.(Penelitian etal., n.d.)

2.5 Konsep Bangunan Tahan Gempa

Dengan banyaknya hal yang dapat berkaitan tersebut maka diantaranya dapat dikelompokkan menurut kekuatan gempa (berkaitan dengan periode ulang dan tingkat pentingnya bangunan) dan performa bangunan dalam rangka melindungi manusia, tetapi masih memperhitungkan tingkat ekonomisnya pembangunan. Pengelompokkan itu dituangkan didalam desain filosofi (*earthquake design philosophy*) suatu bangunan akibat beban gempa. Desain filosofi yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Pada gempa kecil (*light*, atau *minor earthquake*)
2. Pada gempa menengah (*moderate earthquake*)
3. Pada gempa kuat (*strong earthquake*)

2.6 Tata Cara Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Menurut peta Hazard gempa Indonesia 2010 wilayah Indonesia meliputi peta percepatan puncak (PGA) dan respons spektra percepatan di batuan dasar (SB) untuk periode pendek 0,2 detik (S_s) dan untuk periode 1,0 detik (S_1) dengan redaman 5% mewakili tiga level hazard gempa yaitu 500, 1000 dan 2500 tahun atau memiliki kemungkinan terlampaui 10% dalam 50 tahun dan 10% dalam 100 tahun, dan 2% dalam 50 tahun. Definisi batuan dasar (SB) adalah lapisan batuan dibawah permukaan tanah yang memiliki kecepatan rambat gelombang geser (V_s) mencapai 750 m/detik dan tidak ada lapisan batuan lain dibawahnya yang memiliki nilai kecepatan rambat gelombang geser yang kurang dari itu.

2.7 Analisis Gaya Latera Ekivalen

Berdasarkan SNI 1726;2019, periode struktur fundamental (T) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh dengan menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode struktur fundamental memiliki nilai batas minimum dan batas maksimum. Level kinerja bangunan dibedakan menjadi lima level sebagai berikut :

1. *Immediate Occupancy (IO)*
2. *Damage Control*
3. *Life Safety (LS)*
4. *Limited Safety*
5. *Structural Stability/Collapse Prevention (CP)*

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Pada bab ini berisi tentang tahapan pemodelan struktur dan struktur dianalisis menggunakan bantuan program analisis struktur. Dapat dijelaskan bahwa dalam tugas akhir ini analisis Gedung Telkomsel menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus. Dengan menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum (*Response Spectrum Analysis*) dengan menggunakan *software* ETABS v.15.

3.2. Faktor Respon Gempa (C)

Rencana Berdirinya bangunan dalam pemodelan struktur gedung di Kota Pematang Siantar yang dinilai sebagai daerah rawan gempa di Indonesia dengan data PGA (*Peak Ground Acceleration*) $S_s = 0,6$ g dan $S_1 = 0,3$ g pada klasifikasi tanah sedang.

3.3 Pemodelan Struktur

Adapun data perencanaan struktur yang digunakan pada pemodelan tersebut yaitu :

1. Gedung difungsikan sebagai Perkantoran
2. Gedung terletak di Kota Pematang Siantar
3. Klasifikasi Tanah Sedang (SD)
4. Gedung Dikategorikan Desain Seismik (KDS) D
5. Struktur utama bangunan adalah struktur beton bertulang
6. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
7. Kuat tekan beton (f_c), yaitu:
 - Balok Induk dan Balok Anak : 30 MPa
 - Kolom : 35 MPa
 - Shear Wall : 35 MPa
 - Slab : 30 MPa
8. Mutu baja tulangan yang didapatkan dari penelitian ini, yaitu :
 - Kuat leleh minimum (f_y) : 392 MPa
 - Kuat tarik minimum (f_u) : 559 MPa

3.4 Dimensi Balok dan Kolom

Dimensi balok dan kolom disesuaikan dengan di lapangan. Kombinasi Maximum memiliki tipe kombinasi yang lain dari Kombinasi 1 sampai 18 yaitu kombinasi dengan tipe *linear add*, sementara Kombinasi Maximum adalah kombinasi dengan tipe *envelope*. Tipe kombinasi ini tidak bersifat menjumlahkan beban seperti halnya tipe kombinasi *linear add*, namun tipe ini berfungsi untuk mencari nilai gaya maksimum dan minimum dari beban yang bergerak (dimana pada beban bergerak, beban maksimum dan minimum pada suatu batang maupun *joint* tergantung dari posisi bebannya).

3.5 Pemodelan Struktur Dengan Metode Analisis *Pushover*

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Menentukan titik yang akan ditinjau.

2. Menentukan *Gravity Nonlinier Case*
3. Menentukan nonlinier pushover case arah x-x
4. Menentukan *nonlinier pushover case* arah y-y
5. Memodelkan sendi plastis

6. Mendefinisikan Sendi Plastis Pada Balok
7. Mendefinisikan Sendi Plastis Pada Kolom
8. *Running* program
9. Menampilkan *static nonlinier curve*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum

Pada bab ini akan membahas beberapa nilai perbedaan hasil analisis oleh ETABS (*Extended Analysis Building Software*) Versi 2015 pada bangunan gedung telkomsel di kota Pematang Siantar. Diantaranya adalah nilai simpangan, gaya-gaya dalam struktur gedung, kekakuan gedung dan tahanan gempa. Berdasarkan empat jenis pemodelan struktur, yaitu struktur gedung yang dimodelkan dengan SRPMK. Pada studi kasus ini bangunan yang ditinjau menggunakan rangka beton pemikul momen khusus. Semua bentuk *input* beban, klasifikasi zona gempa dan jumlah tingkat adalah sama.

4.2 Analisis Respons Spectrum Ragam

Pada pemodelan ini struktur bangunan yang ditinjau memakai analisis respon spectrum dengan menggunakan kombinasi jumlah kuadrat lengkap (*Complete Quadratic Combination/CQC*). Sesuai SNI 1726:2019, analisis yang dilakukan untuk menentukan ragam alami struktur. Analisa harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa actual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau. Pada pemodelan ini, kombinasi ragam model partisipasi massa telah mencapai 90 persen ($\sum U_X$ dan $\sum U_Y$) pada *mode* 8, sehingga partisipasi massa telah memenuhi syarat.

4.3 Beban Gempa Yang Bekerja

Kombinasi respon dinamik untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V_1) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya geser dan simpangan antar lantai harus dikalikan dengan factor skala.

4.4 Perpindahan Struktur

Struktur yang dirancang kategori desain seismic D, redundansi (ρ) harus sama dengan 1,3 kecuali jika satu dari dua kondisi berikut dipenuhi, dimana redundansi (ρ) diijinkan diambil 1,0. Salah satu kondisi untuk menentukan yaitu masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35 persen geser dasar dalam arah yang ditinjau, maka redundansi (ρ) diijinkan diambil 1,0. Apabila kondisi tersebut tidak terpenuhi, maka redundansi (ρ) 1,0 harus diganti dengan redundansi (ρ) 1,3.

4.5 Pengaruh Efek P-Delta

Berdasarkan SNI 1726:2019 efek P-delta harus diperhitungkan untuk struktur gedung yang memikul beban gempa. Akan tetapi, efek *P-delta* dapat diabaikan jika nilai *stability ratio* lebih kecil dari 0,1.

4.6 Kapasitas Nominal Elemen Struktural

Dari output analisis *pushover* didapatkan kurva kapasitas dari struktur. Selanjutnya dari kurva kapasitas akan dievaluasi berdasarkan ASCE 41-13 NSP. Kurva kapasitas hasil analisa *pushover* untuk masing-masing adalah sebagai berikut:

- a. Kapasitas Sistem Rangka (Arah x-x)
- b. Kapasitas Sistem Rangka (Arah y-y)

4.7 Target Perpindahan (ASCE 41-13 NSP)

Metode Koefisien Perpindahan atau *Displacement Coefficient Method* (ASCE 41-13 NSP) secara default sudah built-in terdapat pada program analisis struktur.

- a. Target Perpindahan Arah x-x
- b. Target Perpindahan Arah y-y

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Sesuai hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dari Model tersebut yaitu struktur rangka beton pemikul momen khusus sehingga dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Kekuatan bangunan gedung berdasarkan SNI 1726:2019 diperoleh gaya geser untuk pemodelan yaitu 4.233,38168 kgf untuk arah x dan 4.233,38168 kgf untuk arah y.
2. Pola keruntuhan yang terjadi pada struktur bangunan terletak pada kolom lantai 1 yang *collapse* yang tindaai sendi plastis yang mencapai level CP yang berwarna merah. Sedangkan pada balok, terjadi pola keruntuhan di balok lantai 1 dan 2 yang ditandai *collapse* nya balok yang mencapai level LS yang berwarna biru.
3. Dari perbandingan hasil simpangan linear dengan analisis *pushover* untuk nilai simpangan yang terjadi adalah 54,8012 mm untuk arah x dan 69,036 mm untuk simpangan arah y. nilai keruntuhan akibat beban dorong dalam analisis pengaruh *pushover* yang terjadi adalah 30,751 mm untuk arah x dan 258,751 mm pada arah y.

5.2. Saran

Pada tugas akhir ini analisis yang digunakan adalah analisis respons spektrum ragam hingga batas elastik linier lalu dilanjutkan dengan batas plastis dengan menggunakan analisis statik non-linier (*pushover*) dengan Metode Koefisien Perpindahan (FEMA 356) saja, maka perlu peninjauan lanjut dengan dinamik non-linier yaitu NLTHA (*non-linier time history analysis*) yang berdasarkan dengan konsep PBSA (*performance based seismic design*) yang dipadukan dengan teknik analisis yang lebih mukhtahir.

1. Perlunya pemahaman lebih lanjut dalam penggunaan aplikasi program Etabs v15 untuk analisis struktur.
2. Perlunya peneliti untuk memahami tentang konsep analisis untuk *performance based design*

DAFTAR PUSTAKA

- Madra, Y. M. (2003). Encircling the real. *Rethinking Marxism*, 15(3), 316–325. <https://doi.org/10.1080/0893569032000131613>
- Manalip, H. (2015). Bertulang Dengan Analisa Pushover. *Jurnal Ilmiah MediaEngineering*, 5(1), 283–293.
- Penelitian, P., Perumahan, P., Penelitian, P. B., Kementerian, P., Umum, P., & Rakyat, P. (n.d.). PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA TAHUN 2019.
- Pustlitbang PUPR. (2019). Buku Peta Gempa 2019.
- Sembiring, A. E., Wibowo, A., & Susanti, L. (n.d.). PENGARUH VARIASI LETAK TULANGAN HORIZONTAL TERHADAP DAKTILITAS DAN KEKAKUAN DINDING GESER DENGAN PEMBEBANAN SIKLIK (QUASI-STATIS).
- Sipil, T. (2005). Analisa Inelastis Portal - Dinding Pengisi dengan. 12(4), 229–240.
- SNI, 1727:2019. (2019). Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 196. Retrieved from www.bsn.go.id
- Sunarjo, Gunawan, M. T., & Pribadi, S. (2012). Gempabumi Edisi Populer.
- Teknik, F., Sipil, J. T., & Ratulangi, U. S. (2014). ANALISIS PUSHOVER PADA BANGUNAN. 2(4), 214–224.
- Tavio, & Wijaya, Usman. (2018). DESAIN REKAYASA GEMPA BERBASIS KINERJA (PERFORMANCE BASED DESIGN)