

EVALUASI KINERJA STRUKTUR MENGGUNAKAN PUSHOVER ANALYS SESUAI DENGAN ATURAN ATC-40

Muhamad abdaul ikhwan¹⁾, Titin sundari .²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Hasyim Asyari Tebuireng, Jombang,61411, Indonesia

abdaulikh@gmail.com , tari1273@yahoo.co.id

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang berada di jalur gempapasifik dan jalur gempa asia. Sehingga untuk tingkat resiko terjadinya bencana gempa bumi sangatlah tinggi. Dengan tingkat risiko gempa yang cukup tinggi maka di situ pula dampak yang ditimbulkan akan sangat berpengaruh. Khususnya pada kerusakan yang terjadi pada bangunan-bangunan dengan kategori bangunan dengan resiko IV atau dengan resiko gempa tinggi. Sesuai dengan perhitungan yang dilakukan peneliti mendapatkan MAN 1 JOMBANG merupakan bangunan dengan kategori Resiko IV. Maka dari itu peneliti mengambil suatu analisa perhitungan struktur dengan menggunakan Metode Pushover Analys yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar bangunan MAN 1 JOMBANG terhadap gempa yang terjadi. Peneliti mengambil metode pushover anayse guna mendapatkan hasil elemen strutur dalam menahan suatu gempa khususnya pada kolom dan balok sesuai dengan peraturan Strong Column Weak Beem. Ekisting dari pembangunan MAN 1 JOMBANG memakai standarisasi SNI 1726:2002 dan 2847 2002 Untuk mendapatkan suatu hasil pushover peneliti harus merencanakan bangunan tersebut sesuai dengan standarisasi SNI 1726:2019 dan 2847 2019. Hasil dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa elemen struktur khususnya kolom dan balok ada perbedaan dalam jumlah tulangan yang digunakan. Untuk elemen struktur lain seperti hallnya pelat perbedaan hanya terjadi pada jarak sengkang. Dan untuk pushover analyse tersendiri didapatkan hasil bahwa level kinerja bangunan MAN 1 JOMBANG dikategorikan bangunan dengan kondiusi DAMAGE CONTROL. hal tersebut di tandai dengan hasil dari rasio drift yang telah dihitung sesuai dengan mempertimbangkan kurva kapasitas, kurva kapasitas spektrum.

Kata kunci: SNI 2847:2019, SNI 1726:2019, Pushover Analysis Kurva kapasitas spektrum, Level Kinerja (ATC 40), Strong Column Wekk Beem.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng tektonik Hindia-Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Eurasia (Sudarman et al., 2014). Pertemuan ketiga lempeng ini menyebabkan negara Indonesia aktif secara kegempaan, sehingga tingkat risiko terjadinya gempa bumi sangat lah tinggi. Dengan risiko terjadinya gempa yang sangat tinggi diwilayah Indonesia, maka sangat tinggi pula risiko bangunan yang mengalami kerusakan struktur baik akibat perencanaan maupun pelaksanaan yang kurang baik atau bahkan sama sekali belum dirancang ketahanan gempanya. Penelitian terhadap struktur utama bertujuan untuk mengetahui kekuatan struktur terhadap bangunan yang dibangun. Selain itu perlu dilakukan pula perhitungan suatu gempa dalam merespon beban gempa statik maupun beban gempa dinamik dikarnakan wilah Indonesia merupakan wilayah dengan keaktifan gempa yang cukup tinggi (Masbudi et al., 2015).

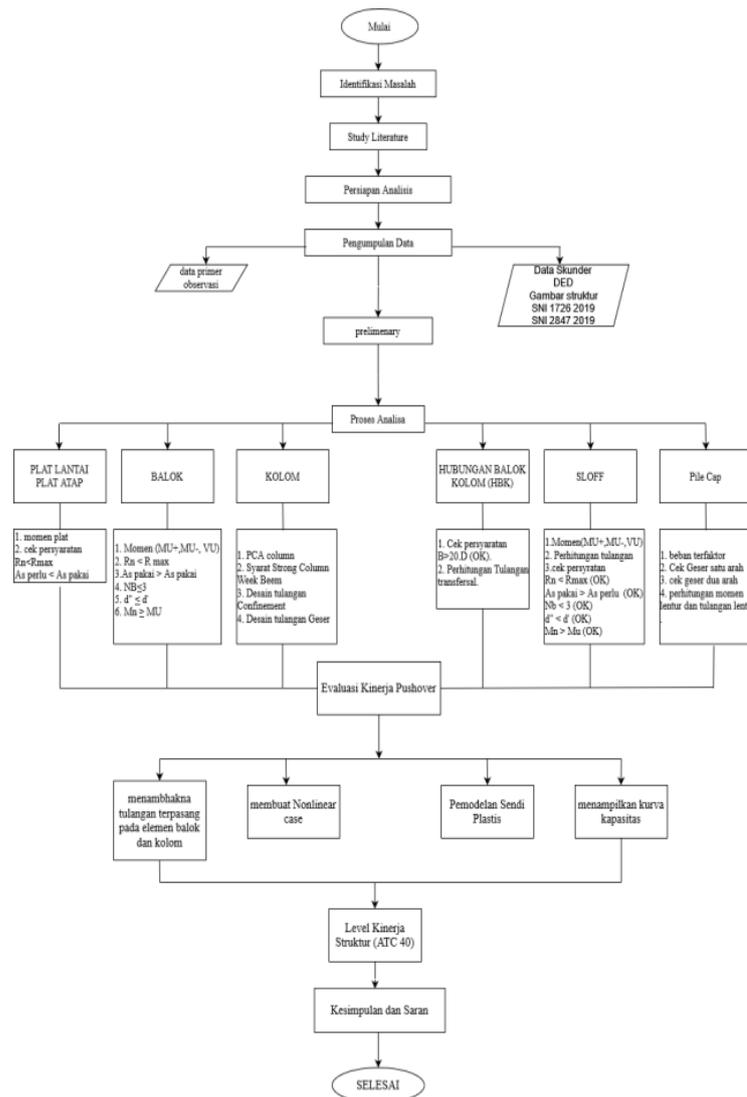
Pada pembangunan MAN 1 Jombang analisa struktur dilakukan dengan menggunakan SNI 2847 2002. seiring dengan berkembangnya teknologi dan daya pikir manusia yang semakin tinggi standarisasi pun mengalami pembaharuan setiap periodenya. Dalam hal ini peneliti menggunakan SNI 2847: 2019 yang menjelaskan tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung sebagai acuan guna mendapatkan hasil dari suatu perhitungan yang dilakukan. Selain itu juga pula

terdapat Standar perencanaan bangunan gempa, yang mana dalam hal standarisasinya juga mengalami perubahan selama era waktu yang berjalan. SNI 1726-2012 di revisi pada tahun 2019 menjadi SNI 1726-2019. Untuk gempa tersendiri, ada beberapa metode yang dilakukan guna mendapatkan hasil perhitungan struktur yang di lakukan khususnya terhadap beban terhadap gempa. salah satu metode yang digunakan dalam menganalisis suatu gempa yakni dengan pushover analyse. Dimana dalam metode tersebut balok dan kolom merupakan elemen struktur utama dalam menopang suatu beban guna mendapatkan sendi plastis. Disini sendi plastis berfungsi sebagai acuan apakah dalam bangunan MAN 1 Jombang tersebut plastis nya sesuai dengan ketentuan *strong column weak beam* yang artinya bahwa elemen struktur kolom kuat dan balok lemah. Sesuai dengan persyaratan tersebut maka suatu bangunan masih dalam kategori wajar apabila terjadi suatu gempa. kemudian untuk mendapatkan sendi mendapatkan suatu hasil dari level kinerja struktur maka harus terlebih dahulu mendapatkan kurva kapasitas, kurva kapasitas spektrum dan respon spektrum. Dimana dalam kurva tersebut terdapat titik titik dimana level kinerja (sesuai dengan ATC 40) dapat diketahui sesuai dengan rasio drift.

Tujuan penelitian ini yakni mengetahui perhitungan Struktur MAN 1 JOMBANG sesuai dengan SNI 2847: 2019 dan SNI 1726: 2019 dan mengetahui level kinerja struktur MAN 1 Jombang sesuai dengan pushover Analyse (ATC 40). Dengan premajaan standarisasi dari ekisting 2002 ke 2019 maka dapat diketahui kualis bangunan MAN 1 JOMBANG sesuai dengan peraturan atau ketentuan yang telah ditetapkan. Hal tersubut juga sebagai acuan dan saran apabila bangunan tersebut akan di redesain kembali dengan perencanaan SNI terbaru. Selain itu dengan adanya evaluasi terhadap gaya gempa dengan pushover analys dapat dikatahui pula level kinerja struktur bangunan tersebut sesuai dengan ATC 40. Adapula manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui tentang struktur, kususny pada beton dengan menggunakan ketentuan-ketentuan yang mengacu pada standarisasi yang setiap saat mengalami kemajuan, refrensi kedepan apabila suatu saat nanti dalam pembelajaran akan dgunakan perhitungan strukur kususny dalam bidang gempa atau sesuai dengan bidang yang diteliti.

2. Bahan dan Metode

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Jln. Dokter Wahidin Sudirohusodo No. 2, Sengon, Kab. Jombang, Jawa Timur 61418 Jombang Jawa timur. Tepatnya pada proyek pembangunan gedung Sekolah MAN 1 Jombang, yang berfungsi sebagai tempat pendidikan atau fungsi belajar mengajar. Metode yang digunakan yakni Pushover Analyse dengan ketentuan ATC 40. Output dari metode ini yaitu dikatahui level kinerja bangunan terhadap gaya gempa. untuk mendapatkan hasil dari level kinerja maka harus didapatkan hasil adari kurva kapasitas, kurva kapasitas spektrum dan respon spektrum. Dimana dialam kurva tersebut dikatahui titik performnace poin nya. Semua hasil kurva yang keluar tersebut didapatkan dari hasil SAP 2000 yang dimana dalam preliminary nya menggunakan ketentuan sesua dengan SN1 1726:2019. Selain itu juga didapatkan suatu sendi plastis yang terjadi pada kolom dan balok.



Gambar 1. Diagram alir penelitian
 (Sumber: Analisis penulis, 2022)

2.1 Kriteria Struktur Tahan Gempa sesuai dengan ATC-40

ATC-40 merupakan salah satu pedoman yang digunakan dalam penentuan level kerusakan. Level kerusakan yang dihasilkan dapat digunakan sebagai evaluasi keamanan struktur setelah terjadi gempa. Menurut ATC-40, kriteria-kriteria struktur tahan gempa adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Level Kinerja ATC 40

| Batasan simpangan antar lantai | Level Performance | | | | Struktur Stability |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------|--|--------------------|
| | <i>IO</i> (Imidiated Oucupancy) | <i>Damage Control</i> | <i>Life safety (LS)</i> | | |
| Maksimum total drift | 0,01 | 0,01 sd 0,02 | 0,02 | | 0,33 vi/pi |
| Maksimum Inelastik Drift | 0,005 | 0,005 sd 0,015 | No limit | | No limit |

(Sumber: ATC 40)

Dengan persamaan sebagai berikut:

- a) Simpangan Maksimum Total Drift:

$$X-X \frac{Dt}{Ht} \tag{1}$$

$$Y-Y = \frac{Dt}{Ht} \tag{2}$$

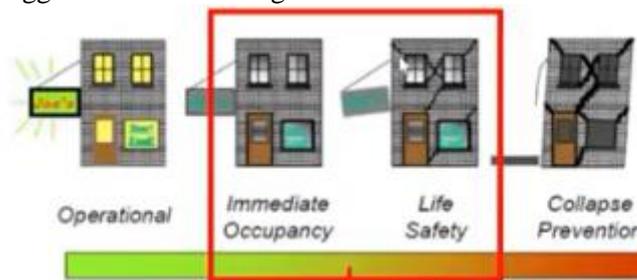
- b) Simpangan Maksimum Inelastik Drift:

$$X- X = \frac{Dt Di}{Htotal}$$

$$Y - Y = \frac{Dt Di}{Htotal}$$

Keterangan:

- Dt : Dispalcement (SAP 2000)
- Di : Tinggi Perlantai Bangunan
- Htotal : tinggi Keseluruhan Bangunan



Gambar 2. Duktilitas level kinerja bangunan
 (Applied Technology Council, Seismic Evaluation and Retrofit Of Concrete Buildings, Report ATC-40, (Redwood City:ATC,1996), Table 8-4, p.8-19)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pembebanan

Sesuai dengan persyaratan pembebanan terdapat tiga beban yang harus dihitung. Ketiga beban tersebut yakni beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup. Pada perhitungan struktur pembebanan, beban mati dan beban yang lain akan dihitung secara otomatis menggunakan SAP.

Beban mati

| | |
|-------------------------------|--------------------------|
| Berat pasir tebal 1 cm | = 0,16 KN/m ² |
| Berat spasi tebal 3 cm | = 0,66 KN/m ² |
| Berat keramik tebal 1 cm | = 0,24 KN/m ² |
| Berat plafond dan penggantung | = 0,2 KN/m ² |
| Berat instalasi | = 0,25 KN/m ² |
| Total beban mati | = 1,51 KN/m ² |

Beban hidup

pada masalah ini bangunan atau gedung yang dianalisis difungsikan sarana pembelajaran atau sekolah.

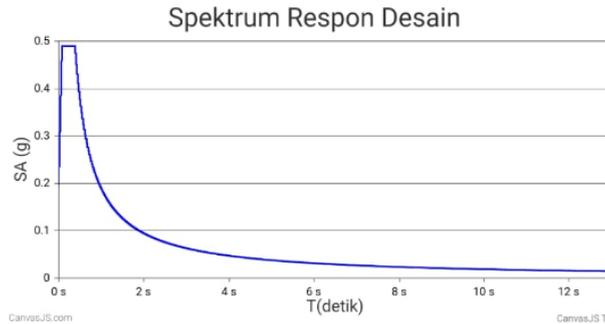
| | |
|---------------------------------|---------------------------|
| Beban hidup pada gedung sekolah | = 250 kg/m ² . |
| Beban hidup pada atap | = 100 kg/m ² . |

Beban gempa

Beban gempa yang digunakan dalam suatu analisa ini menggunakan peraturan SNI 1726:2019 dengan tinjauan lokasi gempa didaerah kota Jombang Jawa Timur sebagai berikut:

| | |
|-----------------------|--|
| Lokasi Gempa | : wilayah 4 |
| Jenis Sistem Struktur | : SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) |
| Pemanfaatan Banguna | : IV |
| Faktor Keutamaan | : 1,50 |
| Jenis Tanah | : SE (Tanah Lunak) |

Parameter percepatan gempa



Gambar 3. Respon spectrum gempa
 (Sumber : <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id>)

- PGA M_{CeG} = 0,36839
- SS M_{CeR} = 0,8151
- S1 M_{CeR} = 0,3654
- TL = 20

Tabel 2. Koefisien Situs Fa (a)

| Kelas Situs | Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum T = 0,2 detik (S _s) | | | | | |
|-------------|---|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | S _s < 0,25 | S _s = 0,5 | S _s < 0,75 | S _s < 1,0 | S _s < 1,25 | S _s > 1,5 |
| SA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| SB | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| SC | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| SD | 1,4 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| SE | 1,7 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,8 |
| SF | SS | | | | | |

(Sumber: Tata Cara Perhitungan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019))

Tabel 3. Koefisien Situs Fa (b)

| Kelas Situs | Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum T = 1 detik (S ₁) | | | | | |
|-------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | S ₁ < 0,1 | S ₁ = 0,2 | S ₁ < 0,3 | S ₁ < 0,4 | S ₁ < 0,5 | S ₁ > 0,6 |
| SA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| SB | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| SC | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,4 |
| SD | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,7 |
| SE | 4,2 | 3,3 | 2,8 | 2,4 | 2,2 | 2 |
| SF | S1 | | | | | |

(Sumber: Tata Cara Perhitungan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019))

- Parameter percepatan struktur
 $S_{MS} = F_a S_s = 1.248 * 0,815 = 1,0172$
 $S_{M1} = F_v S_1 = 2.538 * 0,3654 = 0,9275$
- Parameter percepatan desain spectral
 $S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} 1,0172 = 0.6781$
 $S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} 0,9257 = 0.6184$
- Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Tabel 4. Kategori desain seismik periode pendek (Ss)

| Nilai SDS | KATEGORI RISIKO | | Jadi kategori desain seismik yaitu kategori Risiko IV dengan nilai D |
|----------------------|-----------------|----|--|
| | I, II atau III | IV | |
| $SDS < 0,167$ | A | A | Jadi kategori desain seismik yaitu kategori Risiko IV dengan nilai D |
| $0,178 < SDS < 0,33$ | B | C | |
| $0,33 < SDS < 0,50$ | C | D | |
| $0,50 < SDS$ | D | D | |

(Sumber: Tata Cara Perhitungan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019))

Tabel 5. Kategori desain seismik periode pendek (S1)

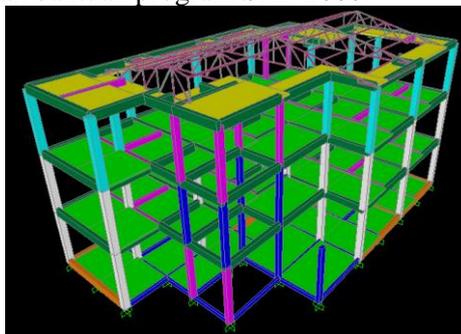
| Nilai SDS | KATEGORI RISIKO | | Jadi kategori desain seismik pada periode 1 detik yaitu kategori Risiko IV dengan nilai A |
|----------------------|-----------------|----|---|
| | I, II atau III | IV | |
| $SDS < 0,167$ | A | A | Jadi kategori desain seismik pada periode 1 detik yaitu kategori Risiko IV dengan nilai A |
| $0,178 < SDS < 0,33$ | B | C | |
| $0,33 < SDS < 0,50$ | C | D | |
| $0,50 < SDS$ | D | D | |

(Sumber: Tata Cara Perhitungan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019))

- Pemilihan sistem struktur Sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus dipakai dalam pembangunan MAN 1 Jombang
 Koefisien modifikasi respon (R) = 8
 Faktor kekuatan lebih sistem (Ω_0) = 3
 Faktor pembesaran defleksi (Cd) = 5½

3.2 PEMODELAN STRUKTUR

Pembuatan pemodelan 3D struktur bangunan gedung MAN 1 Jombang sesuai dengan data, informasi dari shop drawing. Kemudian dari data dan informasi yang sudah didapat dilakukan pemodelan 3D dan analisis kekuatan bangunan terhadap gaya gempa dengan analisis statik non linear (analisis pushover) dengan bantuan program perhitungan struktur. Dalam penelitian ini, proses analisis dilakukan dengan bantuan program SAP 2000.



Gambar 4 Pemodelan struktur

(Sumber: Analisis Software perhitungan struktur SAP 2000)

3.3 Perhitungan Elemen Balok

Tabel 6. Perhitungan Momen Ultimate (MU+, MU-)

| | Balok B1 | | Balok B2 | |
|---|------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|
| | MU+ | MU- | MU + | MU - |
| R max (Faktor tahanan momen maksimum) | 5.4561 | 5.4561 | 5.4561 knm | 5.4561 knm |
| momen nominal (Mn) | 147 kn/m2 | 117.05 | 68.270 knm | 48.691 knm |
| jarak pusat tulangan ke sisi beton (d') | 48 | 48 mm | 48 mm | 48 mm |
| tinggi efektif balok (d) | 452 | 452 mm | 352 | 352 |
| faktor tahanan momen (Rn) | 2.878 | 2.2917 | 2.755 | 1.9649 |
| Rn < R max | 2.878 < 5.4561 OK | 2.2971 < 5.4561 OK | 2.7550 < 5.3561 OK | 1.9649 < 5.4561 OK |
| rasio tulangan perlu (ρ) | 0.0079 | 0.00616 | 0.00753 | 0.00522 |
| rasio tulangan perlu minimum ρ min | 0.0035 | 0.0035 | 0.0035 | 0.0035 |
| Diambil terbesar | 0.0079 | 0.00616 | 0.00753 | 0.00522 |
| luas tulangan perlu (As perlu) | 893 | 696 | 530 mm | 368 mm |
| tulangan perlu | 5 | 4 | 2.673 = 3 | 1.828 = 2 |
| Tulangan terpakai | 1005 | 804 | 603 | 402 mm2 |
| As Pakai > As perlu | 1005 > 893 OK | 696 < 804 OK | 603 > 530 OK | 368 < 402 OK |
| jumlah baris tulangan (NB) | 1 | 0,8 | 0.75 | 0.5 |
| NB < 3 | 1 < 3 OK | 0.80 < 3 OK | 0.75 < 3 OK | 0.50 < 3 OK |
| letak titik berat tulangan (d'') | 38 mm | 38 mm | 38 mm | 38 mm |
| d'' < d' | 38 < 48 mm | 38 < 48 mm | 38 < 48 OK | 38 < 48 mm |
| d | 452 | 452 | 362 mm | 362 mm |
| a | 91.197 mm | 72.928 mm | 63.398 mm | 45.599 mm |
| momen nominal (Mn) | 167.445 | 133.773 knm | 79.090 knm | 54.56 |
| tahanan momen nominal ϕ Mn | 133.965 | 106.938 knm | 63.272 knm | 43.648 |
| ϕ Mn > Mu+ OK | 133.965 > 117.6 OK | 133.773 > 93.640 OK | 63..772 > 54.616 OK | 43.648 > 38.983 OK |
| | 5D 16 | 4D16 | 3 D 16 | 2D16 |

(Sumber: Analisis Data Penulis, 2022)

Tabel 7. Perhitungan VU (VU+, VU-)

| Vu | BALOK 1 | | BALOK B2 | |
|--|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 93,81 knm | -93,81 knm | 34,646 | -34,646 |
| Tinggi Efektif balok | 452 mm | 452 mm | 352 | 352 |
| kuat geser beton (VC) | 87.506 Kn | 87.506 Kn | 54.516 kn | 54.516 kn |
| Kuat geser (ϕ Vs) | 62.629 Kn | 62.629 Kn | 40.887 kn | 40.887 kn |
| Vu > ϕ Vs (perlu tulangan geser) | 93.81 > 62.629 | 93.81 > 62.629 | 34.646 < 40.887 kn | 34.646 < 40.887 kn |
| Tahanan geser sengkang (ϕ Vs sengkang) | 28.180 Kn | 28.180 Kn | - | - |
| kuat geser sengkang (Vs) | 37.57 kn | 37.57 kn | 34.646 | 34.646 |
| luas tulangan geser | 157.08 kn | 157.08 kn | 157.08 mm | 157.08 mm |
| jararak yang diperlukan (S) | 448.89 kn | 448.89 kn | - | - |
| jarak sengkang maksimum (Smax) | 226 mm | 226 mm | 176 mm | 176 mm |
| jarak sengkang minimum (Smin) | 113 mm | 113 mm | 113 mm | 113 mm |
| dipakai jarak sengkang (S) | S= 150 mm | S= 150 mm | 150 | 150 |
| Di gunakan sengkang | 2P10-150 | 2P10-150 | 2P-150 | 2P-150 |

(Sumber: Analisis Data Penulis, 2022)

3.4 Perhitungan Elemen Kolom

Tabel 8. Perhitungan Kolom

| Perhitungan Struktur | KOLOM 1 | KOLOM 2 |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Cek Persyaratan tahan gempa | | |
| aksial > AFGC / 10 (OK) | 381.296 > 332 OK | 381.296 > 332 OK |
| b > 300 (OK) | 400 >300 | 400 > 332 OK |
| b/h 0.4 (OK) | 1 > 0.4 OK | 1 > 0,4 OK |
| Tulangan Longitudinal | | |
| PCA COLUMN | 1,49 % | 1.49% |
| Strong Column Weak Beam | | |
| ($\sum M_{Nc}$) > 6/5 Mnb, ki + Mnb, ka | 345.2 > 230.13 OK | 345.2 > 230.13 OK |
| jarak spasi maksimum | | |
| S0 < 150 > 100 | 150 | 150 |
| | Jadi digunakan Ø10 – 150) | Jadi digunakan Ø10 – 150) |
| desain tulangan geser | | |
| Ve | 257.2 kn | 257.2 |
| tulangan geser minimum (AV) | 136.79 mm | 131.179 mm |

(Sumber: Analisis Data Penulis, 2022)

3.5 Output Analisa Pushover

Metode pushover adalah suatu analisis statik non-linier dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan dianggap sebagai beban-beban statik yang ada pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama didalam struktur bangunan gedung dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang besar sampai mencapai kondisi plastis. Hasil analisis pushover yang dilakukan dengan program SAP2000 non-linier adalah kurva kapasitas (Capacity Curve) skema kelelahan berupa distribusi sendi plastis yang terjadi dan titik kinerja (Performance Point)

3.6 Kurva kapasitas (Capacity Curve)

Kurva kapsitas merupakan kurva yang menunjukkan hubungan antara gaya gempa dan perpindahan yang terjadi hingga struktur mengalami titik tertinggi. Perpindahan yang ditinjau dalam kurva kapsitas ini yakni perpindahan atap dan gaya gesr dasar (*base shear*) Berikut nilai displacement dan base force Push X dan Push Y. Berdasarkan hasil analisa yang telah dihitung maka diperoleh gaya lateral maksimum yang mapu ditahan oleh struktur sebesar 3016.641 Kn yang terjadi pada step 6 dengan displacement sebesar 0,341937 pada push X. dan untuk gaya lateral yang mampu ditahan struktur untuk arah Y sebesar 2905,269 Kn dengan displacemet 0.314248 yang terjadi pada step 6. Berikut tabel yang menunjukan anatar gaya dasar (base shear) dan perpindahan atap (*displacement*).

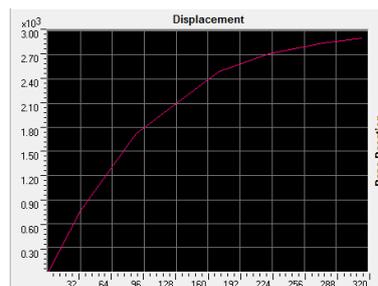


Gambar 4. Kurva Kapasitas X
 (Sumber: Analisis SAP 2000,2022)

Tabel 9. Performance Point X

| Step | Displacement m | BaseForce KN |
|------|-------------------|-----------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0.036369 | 928.329 |
| 2 | 0.061298 | 1458.721 |
| 3 | 0.178448 | 2523.403 |
| 4 | 0.26264 | 2848.49 |
| 5 | 0.332994 | 3005.69 |
| 6 | 0.341937 | 3016.641 |

(Sumber: Analisis SAP 2000,2022)



Gambar 5. Kurva Kapasitas Y

(Sumber: Analisis SAP 2000,2022)

Tabel 10. Performance Point Y

| Step | Displacement (m) | BaseForce (KN) |
|------|------------------|----------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0.031846 | 759.858 |
| 2 | 0.087749 | 1720.41 |
| 3 | 0.170193 | 2495.975 |
| 4 | 0.220614 | 2717.439 |
| 5 | 0.274812 | 2849.578 |
| 6 | 0.314248 | 2905.269 |

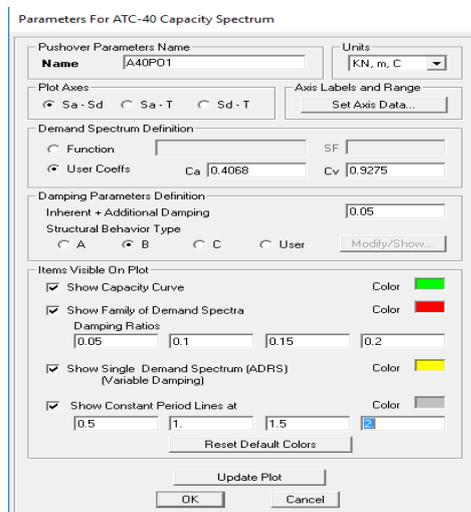
(Sumber: Analisis SAP 2000,2022)

3.7 Titik Kinerja (Performnace Point) berdasarkan ATC 40

Berdasarkan Kurva respon spektrum rencana dari peta gempa 2018 (desain spektre Indonesia) untuk wilayah jombang dengan kondisi tanah lunak untuk nilai $S_s = 0,8151$ dan $S_1 = 0,8$, sebagai input ADRS (Aceleration Displacement Respon Spektrum). Hasil titik dari suatu titik kinerja (performance point) pada nilai $S_a = 0,596$ dan $S_d = 156,975$ untuk push X. sedangkan nilai Push Y didapatkan $S_a = 0,582$ dan $S_d = 165,782$ untuk Push Y. sesuai dengan peraturan ATC 40 untuk mendapatkan nilai dari titik performance point , maka peru di dapatkan dengan persmaan sebagai berikut:

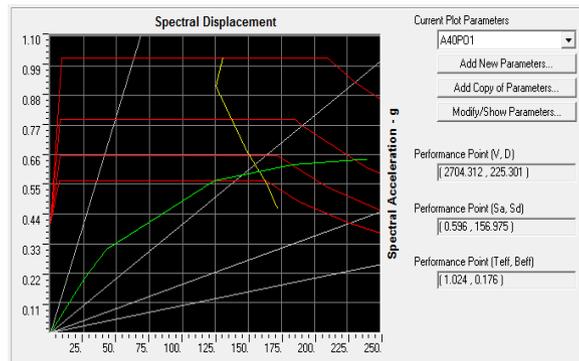
$$C_a = 0,4 \times SMS = 0,4 \times 1,0172 = 0,4068$$

$$C_v = SM1 = 0,9275$$



Gambar 6. Parameter C_a dan C_v ATC 40
 (Sumber: Analisis SAP 2000,2022)

Kemudian Untuk mendapatkan hasil dari kurva kapasitas Spektrum, hasil dari C_a dan C_v dimasukan kedalam ATC 40 dengan kondisi jenis tanah untuk wilayah Jombang tanah lunak. Berikut kurva kapasitas spektrum yang didapat dari perhitungan performance point



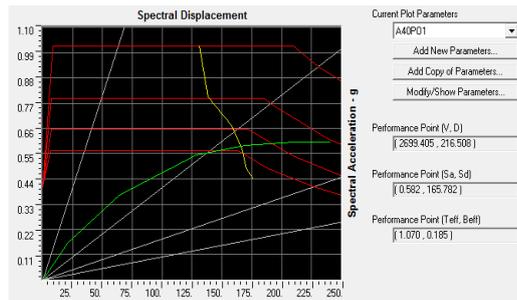
Gambar 7. Kurva Kapasitas Respons Spektrum (Sumber: Analisis SAP 2000,2022)

Tabel 11. Performance Point

Performance point Push Y

| Vt (Kn) | DT | Sa | SD | Beff | Teef |
|----------|---------|-------|---------|-------|-------|
| 2704,312 | 225,301 | 0,596 | 156,975 | 0,176 | 1,024 |

(Sumber: Analisis SAP 2000,2022)



Gambar Kurva Kapasitas Respons Spektrum (Sumber: Analisis SAP 2000,2022)

Tabel 12. Performance point Push Y

| Vt (Kn) | DT | Sa | SD | Beff | Teef |
|----------|---------|-------|---------|-------|-------|
| 2699,405 | 216,508 | 0,582 | 165,782 | 0,185 | 1,070 |

(Sumber: Analisis SAP 2000,2022)

3.8 Level Kinerja Struktur

Level kinerja Struktur ditentukan berdasarkan Tabel 10 ATC 40 level kinerja struktur secara global dapat ditentukan berdasarkan nilai rasio nilai perpindahan saat performance point dengan tinggi total bangunan. Berikut hasil dari perhitungan nilai rasio drift:

Maksimum total drift

$$\text{Arah X} = \frac{DT}{H_{Total}} = \frac{225,301}{13640} = 0,016 \text{ (Damage Control)}$$

$$\text{Arah Y} = \frac{DT}{H_{Total}} = \frac{216,508}{13640} = 0,015 \text{ (Damage Control)}$$

Maksimum in elastisitas drift

$$\text{Arah X} = \frac{DT-H1}{H_{Total}} = \frac{225,301-40,00}{13,640} = 0,013 \text{ (Damage Control)}$$

$$\text{Arah } Y = \frac{DT-H1}{H \text{ Total}} = \frac{216,508-40,00}{13,640} = 0,012 \text{ (Damage Control)}$$

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut:

- a. Elemen struktur pada bangunan MAN 1 JOMBANG secara keseluruhan hampir sama dengan keadaan ekisting. Akan tetapi Ada beberapa elemen struktur yang mengalami perubahan dari segi kebutuhan penulangan khususnya pada elemen pelat dimana mengalami pelebaran pada jarak sengkang. Kemudian untuk elemen utama yaitu balok dan kolom terdapat beberapa penambahan jumlah tulangan. seperti halnya pada balok B1 dan Balok B2. Dan untuk kolom terdapat penambahan jumlah tulangan.
- b. Pada level kinerja struktur MAN 1 JOMBANG sesuai dengan *pushover analyse* didapatkan bahwa level kinerja gedung terdapat pada level *Damage Control*. Level ini terletak diantara IO to Ls dimana Bila terjadi gempa, hanya terjadi sedikit kerusakan, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa, sistem pemikul gaya vertikal dan lateral pada struktur masih mampu memikul gaya gempa yang terjadi dari segi kerusakan timbul kerusakan yang cukup signifikan tetapi belum mengalami keruntuhan, namun struktur mampu menahan gempa kembali. Komponen-komponen struktur utama tidak runtuh. Bangunan masih dapat digunakan jika dilakukan perbaikan.

Ucapan Terimakasih

Sebagai ucapan penulis saya ucapkan terima kasih banyak kepada seluruh staf dan dosen prodi teknik sipil Universitas Hasyim Asyari, kedua orang tua beserta keluarga yang telah mendukung untuk kegiatan skripsi sehingga demikian saya dapat menyelesaikan jurnal ini.

Daftar Pustaka

- [1] Afandi, N. R. (2010). Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton Dengan Analisis Pushover Menggunakan Program SAP 2000. *Universitas Sebelas Maret*.
- [2] Arifin, Z. (2015). Analisis Struktur Gedung POP Hotel Terhadap Beban Gempa Dengan Metode Pushover Analysis Struktur yang direncanakan diperbolehkan untuk mengalami kerusakan pada elemen strukturalnya ketika menerima beban gempa besar . Namun struktur keseluruhan tidak diper. *Staf Pengajar Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.*, 3(3), 427–439.
- [3] Kurniati, D. (2018). KAJIAN ANALISIS PUSHOVER UNTUK PERFORMANCE BASED DESIGN PADA AWANA CONDOTEL YOGYAKARTA (Study Pushover Analysis for Performance Based Design On Awana Condotel Yogyakarta). *Jurnal Rekayasa Sipil*, 6(1), 85–93.
- [4] Marchianti, A., Nurus Sakinah, E., & Diniyah, N. et al. (2017). Digital Repository Universitas Jember Digital Repository Universitas Jember. *Efektifitas Penyuluhan Gizi Pada Kelompok 1000 HPK Dalam Meningkatkan Pengetahuan Dan Sikap Kesadaran Gizi*, 3(3), 69–70.
- [5] Masbudi, Purwanto, E., & Supriyadi, A. (2015). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Dengan Analisis Pusover (Studi Kasus: Gedung Bedah Sentral Terpadu Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta). *E-Jurnal : Materiks Teknik Sipil*, 40, 1056–1062.
- [6] R. Bambang Kusuma Prihadi, R. H. P., Kurniati, D., & Prihadi, B. K. (2020). Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Menggunakan Pushover Analysis Dengan Metode Atc-40 Dan Fema 356. *Jurnal PenSil*, 9(1), 40–46. <https://doi.org/10.21009/jpensil.v9i1.14021>