

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Disain Kapasitas

Berdasarkan SNI beton yang berlaku (SNI 03-2847-06), struktur beton bertulang tahan gempa pada umumnya direncanakan dengan mengaplikasikan konsep daktilitas. Dengan konsep ini, gaya gempa elastik dapat direduksi dengan suatu faktor modifikasi response struktur (faktor R), yang merupakan representasi tingkat daktilitas yang dimiliki struktur. Dengan penerapan konsep ini, pada saat gempa kuat terjadi, hanya elemen – elemen struktur bangunan tertentu saja yang diperbolehkan mengalami plastifikasi sebagai sarana untuk pendisipasian energi gempa yang diterima struktur. Elemen - elemen tertentu tersebut pada umumnya adalah elemen-elemen struktur yang keruntuhannya bersifat daktil. Elemen-elemen struktur lain yang tidak diharapkan mengalami plastifikasi haruslah tetap berperilaku elastis selama gempa kuat terjadi. Selain itu, hirarki atau urutan keruntuhan yang terjadi haruslah sesuai dengan yang direncanakan. Salah satu cara untuk menjamin agar hirarki keruntuhan yang diinginkan dapat terjadi adalah dengan menggunakan konsep desain kapasitas.

Pada konsep disain kapasitas, tidak semua elemen struktur dibuat sama kuat terhadap gaya dalam yang direncanakan, tetapi ada elemen-elemen struktur atau titik pada struktur yang dibuat lebih lemah dibandingkan dengan yang lain. Hal ini dibuat demikian agar di elemen atau titik tersebutlah kegagalan struktur akan terjadi di saat beban maksimum bekerja pada struktur.

2.2 Beton

Beton adalah salah satu material pembentuk struktur bangunan yang nilai kuat tekan relatif lebih tinggi daripada kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9 % - 15 % saja dari kuat tekannya. Pada penggunaan struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik. Dengan demikian tersusun pembagian tugas, dimana batang tulangan baja

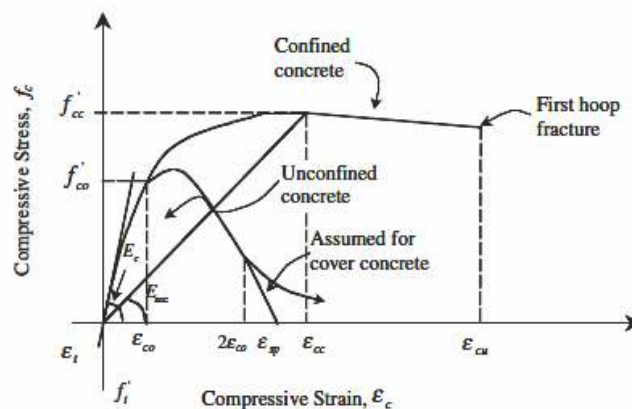
bertugas memperkuat dan menahan gaya tarik, sedangkan beton hanya di perhitungkan untuk menahan gaya tekan. Komponen struktur beton dengan kerjasama seperti itu disebut beton bertulang baja atau lazim disebut beton bertulang.

Kerjasama antara bahan beton dan baja tulangan hanya dapat terwujud hanya dapat terwujud dengan didasarkan pada keadaan – keadaan sebagai berikut:

- Lekatan sempurna antara batang tulangan baja dengan beton keras yang membungkusnya sehingga tidak terjadi penggelinciran diantara keduanya.
- Beton yang mengelilingi batang tulangan baja bersifat kedap sehingga mampu melindungi dan mencegah karat baja.
- Angka muai kedua bahan hampir sama, dimana setiap kenaikan suhu satu derajat Celcius angka muai beton 0,00001 sampai 0,000013 sedangkan baja 0,000012, sehingga tegangan yang timbul karena perbedaan nilai dapat diabaikan.

Sebagai konsekuensi dari lekatan yang sempurna antara kedua bahan, didaerah tarik komponen struktur akan terjadi retak – retak beton di dekat baja tulangan. Retak halus yang demikian dapat diabaikan sejauh tidak mempengaruhi penampilan struktural komponen yang bersangkutan.

Selain pemberian tulangan untuk tarik beton juga di berikan pengekanan untuk menahan geser dan meningkatkan kinerja struktur beton. Tegangan akan menjadi besar ketika beton diberikan pengekanan, dan itu dapat di lihat pada gambar 2 yaitu hubungan tegangan regangan beton dengan pengekanan dan tidak.



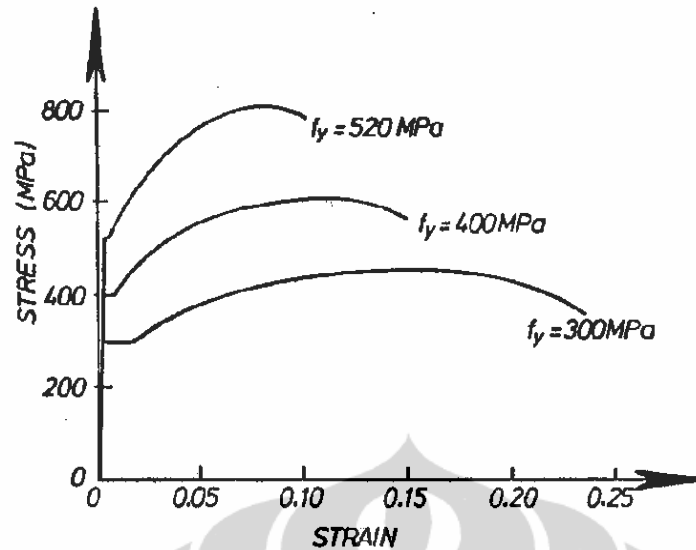
Gambar 2. Hubungan Beton Terkekang dan Tidak Terkekang

2.3 Baja Tulangan

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak – retak. Untuk itu agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang akan timbul dalam suatu sistem. Untuk keperluan penulangan tersebut digunakan bahan baja yang memiliki sifat teknis menguntungkan, dan baja tulangan yang digunakan dapat berupa batang baja lonjoran ataupun kawat rangkai las (wire mesh) yang berupa batang kawat baja yang di rangkai / di anyam dengan teknik pengelasan. Yang terakhir tersebut terutama dipakai untuk plat dan cangkang tipis atau struktur lain yang tidak mempunyai tempat cukup bebas untuk pemasangan tulangan, jarak spasi, dan selimut beton sesuai dengan persyaratan pada umumnya.

Pemberian baja tulangan pada kolom, dinding geser ataupun balok agar dapat berlangsung lekatan erat antara baja tulangan dengan beton selain batang polos berpenampang bulat (BJTP) juga digunakan batang deformasian (BJTD), yaitu batang tulangan baja yang permukaannya dikasarkan secara khusus, di beri sirip teratur dengan pola tertentu, atau batang tulangan baja yang di pilin pada proses produksinya. Baja tulangan polos (BJTP) hanya di gunakan untuk tulangan pengikat sengkang atau spiral, umumnya di beri kait pada ujungnya.

Sifat fisik batang tulangan baja yang paling penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang adalah tegangan leleh (f_y) dan modulus elastisitas (E_s). Hubungan tegangan regangan tipikal untuk batang baja tulangan dapat di lihat pada gambar 3. Tegangan leleh baja di tentukan melalui prosedur pengujian standar SNI dengan ketentuan bahwa tegangan leleh adalah tegangan baja pada saat dimana meningkatnya tegangan tidak di sertai lagi dengan peningkatan regangannya. Didalam perencanaan atau analisis beton bertulang umumnya nilai tegangan leleh baja tulangan diketahui atau di tentukan pada awal perhitungan. Modulus Elastisitas baja tulangan di tentukan adalah 200.000 Mpa



Gambar 3. Hubungan Tegangan – Regangan Baja Tulangan

2.4 Elastisitas Linear dan Non Linear

Teori kekuatan bahan diketahui bahwa tegangan tarik dapat di tentukan dengan membagi beban dengan luas penampang dinyatakan dengan rumus

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

σ = Tegangan normal.

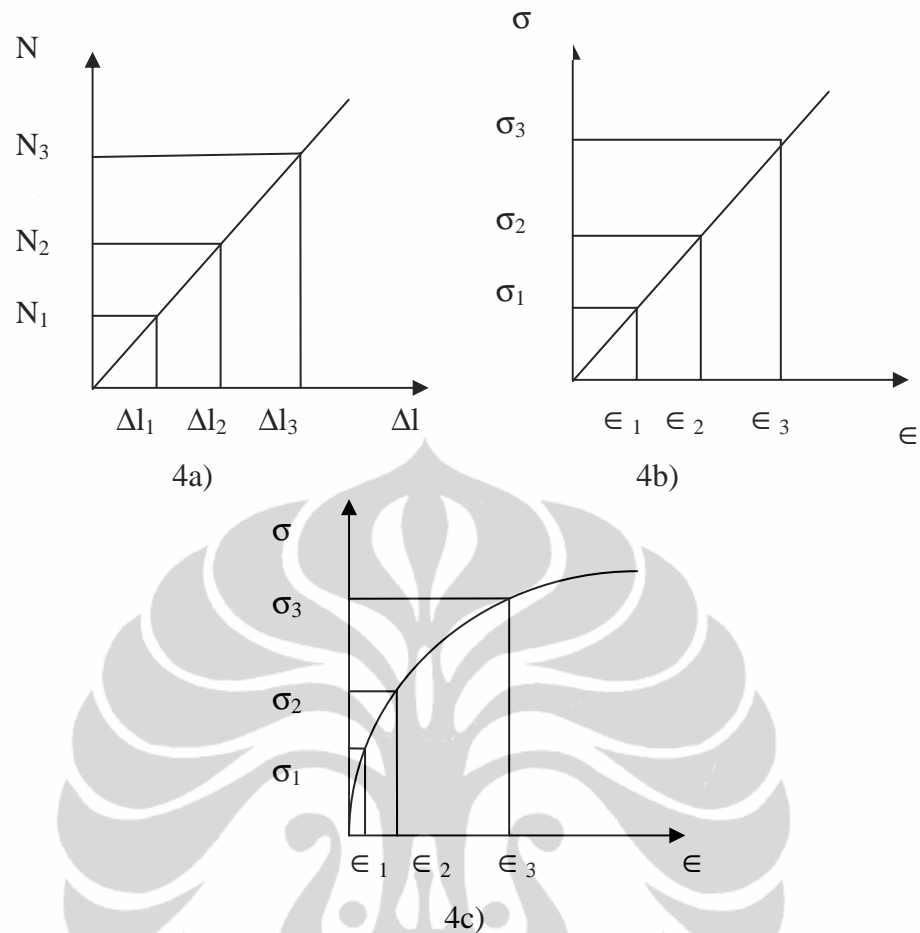
N = Gaya longitudinal (aksial)

A = Luas penampang

Beban yang bekerja akan mengakibatkan pertambahan panjang yang besarnya tergantung pada elastisitas materialnya. Penambahan beban yang mengakibatkan perpanjangan yang konstan dan satu garis lurus dapat dikatakan material tersebut elastis linear (gambar 4a). sedangkan pada gambar 4b hubungan berdasarkan tegangan dan regangan. Yang definisi regangan sebagai perbandingan perpanjangan dibagi dengan panjang awal.

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

Jika material yang mengalami tekan dan terjadi perpendekan dan regangan yang timbul disebut regangan tekan.



Gambar 4a. Hubungan linear antara beban dan perpanjangan

4b. Hubungan tegangan dan regangan untuk bahan elastis linear.

4c. Hubungan non linear antara tegangan dan regangan

Dari gambar 4b regangan berbanding lurus dengan tegangan total dinyatakan dengan rumus $\sigma = E \epsilon$ yang dikenal hukum hooke, E adalah modulus elastisitas .

Tegangan tidak selalu berbanding lurus dengan ϵ dapat kita lihat pada gambar 4c tidak terdapat kesebandingan antara tegangan dan regangan , bahan tersebut disebut elastis non linear .

2.5 Unsur struktur

Spesifikasi dari unsur struktur ini perlu dipertimbangkan hubungan dengan 3 tingkatan ketahanan struktur terhadap gempa di jelaskan sebagai berikut:

a. Kekakuan

Jika simpangan akibat gaya lateral lebih menentukan dan di beri batasan , maka perancang struktur harus memperkirakan kekakuannya. besaran dari

kekakuannya berhubungan dengan beban atau gaya terhadap simpangan struktur yang terjadi. Biasanya nilai kekakuan didasarkan kepada modulus elastisitas material. Jika kriteria batas layan lebih meyakinkan dengan alasan nilai kepercayaan, jumlah tingkat dan pengaruh crack pada struktur dan penyebaran gaya tarik harus di batasi, biasanya di lakukan modifikasi dengan penampang elemen, dimensi dan property material.

b. Kekuatan

Jika struktur beton di cegah kerusakannya terhadap gaya gempa pada saat simpangan in elastic ini dapat dilakukan selama dinamik respons dapat di tahan oleh struktur. Ini artinya bahwa struktur harus memiliki kekuatan untuk menahan gaya dalam yang tersebar selama struktur mengalami elastic dinamik respons.

c. Daktalitas

Untuk mengurangi kerusakan besar dan memastikan struktur dapat bertahan terhadap gempa kuat, struktur harus mampu menahan gempa kuat yang mengakibatkan simpangan besar. Simpangan ini mungkin melebihi batas elastik, kemampuan struktur tersebut dapat dikatakan sebagai daktalitas. Faktor – faktor yang mempengaruhi daktalitas adalah pembesian, konfigurasi, pengankuran, jarak pembesian dalam kata lain adalah detail pembesian harus di sesuaikan dengan perilaku struktur.

2.6 Pemancaran Energi dan Tingkat Daktalitas

Tujuan untuk mengendalikan dan mempertahankan perilaku elasto – plastis dalam struktur pada waktu menahan gaya gempa merupakan dasar untuk teknik pencadangan energi yang dipakai dalam perencanaan struktur daktail, dimana perilaku struktur yang memuaskan setelah melampaui batas elastik harus tetap terjamin dengan baik. Dengan sendirinya hal demikian berbeda dengan dasar – dasar yang di gunakan pada respons elastic, dimana seluruh energi potensial yang tersimpan di kembalikan menjadi energi kinetik seluruhnya.

Apabila sistem struktur telah di tentukan, tempat – tempat yang di rencanakan bagi sendi – sendi plastis untuk pemancaran energi harus di tentukan

dan dibuatkan detilnya sedemikian rupa sehingga komponen struktur yang bersangkutan benar – benar berperilaku daktail. Mekanisme terbentuknya sendi plastis di kendalikan dan diarahkan agar timbul di tempat – tempat yang direncanakan dengan cara meningkatkan kuat komponen – komponen struktur yang bersebelahan. Komponen – komponen struktur lain tersebut harus di beri cukup cadangan kekuatan untuk menjamin berlangsungnya mekanisme pemancaran energi selama gempa berlangsung. Sebagai contoh, didalam mekanisme goyangan rangka portal dengan sendi – sendi plastis yang terbentuk dalam balok – balok, jumlah kekuatan kolom – kolom pada muka joint harus lebih besar dari kekuatan baloknya untuk memaksa terjadinya sendi plastis di dalam balok.

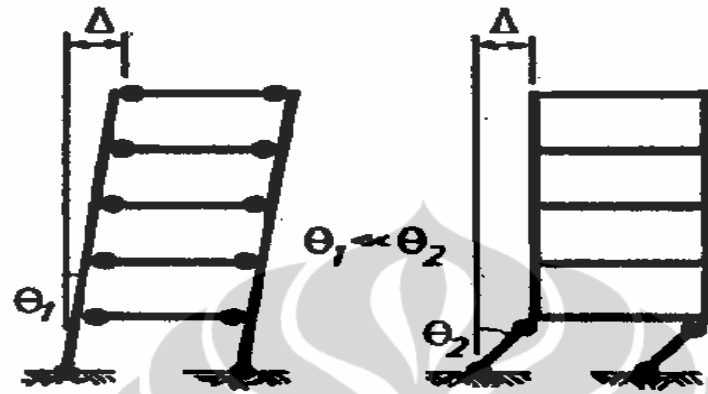
Dengan demikian, mekanisme goyangan portal dengan sendi – sendi plastis terbentuk dalam balok – balok seperti tampak pada gambar 5a hendaknya selalu di usahakan sejauh keadaan memungkinkan, karena akan memberikan keuntungan – keuntungan sebagai berikut :

- a. Pemancaran energi berlangsung tersebar dalam komponen.
- b. Bahaya ketidak stabilan struktur akibat efek $P - \Delta$ hanya kecil.
- c. Sendi – sendi plastis di dalam balok dapat berfungsi dengan baik, yang memungkinkan berlangsungnya rotasi – rotasi plastis besar.
- d. Daktalitas balok yang di tuntutan pada umumnya dengan mudah dapat di penuhi.

Sedangkan di lain pihak, dengan menggunakan balok – balok kuat dan lebih kaku, mekanisme goyangan portal dengan sendi – sendi plastis terbentuk pada kolom – kolom dari 1 tingkat seperti tampak pada gambar 5b yang pada umumnya hanya di izinkan hanya untuk struktur rendah, karena alasan – alasan sebagai berikut :

- a. Pemancaran energi berlangsung terpusat di dalam sejumlah kecil komponen struktur kolom, yang mungkin tidak memiliki cukup daktalitas karena besarnya gaya – gaya aksial yang bekerja bersamaan.
- b. Daktalitas yang di tuntutan pada kolom untuk mencapai tingkat daktalitas tinggi akan sulit di penuhi.

- c. Simpangan besar yang terjadi pada struktur mengakibatkan timbulnya efek $P - \Delta$ yang merupakan kondisi berbahaya bagi stabilitas struktur.



a) sendi plastis pada balok b) sendi plastis pada kolom

Gambar 5. Pola pembentukan Sendi plastis

2.7 Daktalitas Struktur

Disain kapasitas dari struktur terhadap gempa bergantung pada tingkat daktalitas yang berarti ratio antara simpangan maksimum sebelum runtuh dan simpangan leleh awal dari struktur, pada perancangan umumnya struktur tahan gempa pada umumnya di dasarkan pada 3 jenis tingkat daktalitas :

- Tingkat 1 yaitu dimana struktur beton di proposisikan sedemikian rupa sehingga dengan memenuhi persyaratan penyelesaian detail struktur yang ringan, struktur akan berespons terhadap gempa kuat secara elastik.
- Tingkat 2 yaitu dimana struktur beton di proposisikan sedemikian rupa, sehingga dengan memenuhi persyaratan penyelesaian detail struktur yang khusus, struktur mampu berespons terhadap gempa kuat secara inelastic tanpa mengalami keruntuhan getas . Tingkat ini disebut juga limited ductility (daktalitas terbatas).
- Tingkat 3 yaitu dimana struktur beton di proposisikan sedemikian rupa, sehingga dengan memenuhi persyaratan

penyelesaian detail struktur yang lebih rinci, struktur mampu berespons terhadap gempa kuat secara inelastic sambil mengembangkan sendi plastis di dalam balok – baloknya dengan kapasitas pemancaran energi yang baik tanpa mengalami keruntuhan. Tingkat ini disebut juga full ductile (daktalitas penuh).

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa semua komponen struktur beton yang dirancang terhadap gempa (kecuali yang di disain secara elastic) harus memperhatikan hal – hal berikut :

- Komponen struktur beton untuk balok dan kolom /dinding, harus didetail untuk mampu mencapai daktalitas yang cukup.
- Pada daerah potensial terjadinya sendi plastis harus dilakukan penyelesaian detail yang rinci agar tercapai daktalitas yang baik , sehingga tidak mengalami keruntuhan saat gempa.
- Daktalitas yang baik pada portal struktur beton memungkinkan terjadinya redistribusi (redistribusi tidak terjadi pada struktur yang getas).

$$1 < \mu = \frac{\delta_m}{\delta_y} < \mu_m \dots (\text{SNI 1726 – 2002})$$

$$R = f_1 \mu$$

δ_m =simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan.

δ_y = simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama.

f_1 = Faktor kuat lebih SNI =1.6.

2.8 Daktalitas Elemen

Sebagaimana diketahui daktalitas adalah merupakan unsur penting dalam peninjauan suatu struktur yang inelastis pada saat gempa kuat.Dengan demikian maka perlu di uraikan lebih rinci mengenai berbagai jenis daktalitas elemen (balok,kolom dan dinding geser)

- Daktalitas regangan (strain ductility), adalah kemampuan bahan mencapai regangan plastis (plastic strain) tanpa adanya penurunan tegangan yang berarti, dan dapat dirumuskan:

$$\mu = \frac{\epsilon}{\epsilon_y} > 1$$

ϵ = regangan total yang terjadi $< \epsilon_m$

ϵ_m = kapasitas regangan maksimum

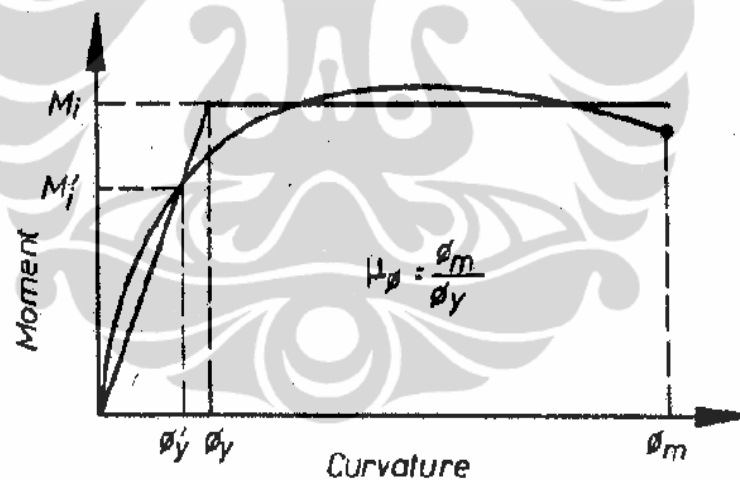
ϵ_y = regangan leleh.

- Daktalitas kurvatur (curvature ductility), adalah rotasi pada daerah potensi sendi plastis, dan dapat dirumuskan:

$$\mu_\phi = \frac{\Phi_m}{\Phi_y} > 1 \text{ (Gambar 6.)}$$

Φ_m = maksimum curvature yang diharapkan

Φ_y = yield curvature



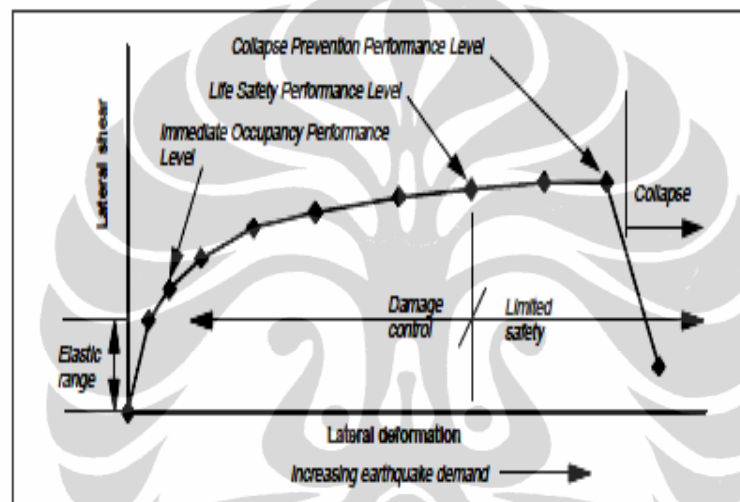
Gambar 6. Daktalitas Kurvatur

Yang mempengaruhi peninjauan daktalitas kurvatur sebagai berikut :

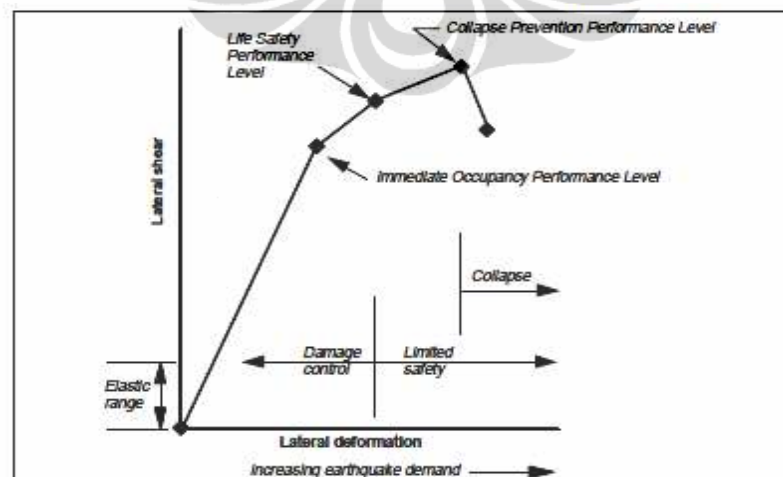
- Ultimate compression strain, ϵ_{cm} .
- Beban aksial tekan, karena makin tinggi beban aksial tekan akan mengurangi/menurunkan kapasitas daktalitas kurvatur penampang. Ini adalah alasan mengapa balok lebih daktail dibandingkan dengan kolom dan pengelupasan selimut beton pada kolom terjadi lebih dahulu dibandingkan dengan

balok. Sebaliknya peningkatan kapasitas daktilitas akan meningkat dengan adanya beban aksial tarik.

- Kuat tekan, karena makin tinggi mutu beton berarti makin tinggi kuat tekannya, dan ini akan meningkatkan kapasitas daktilitas kurvatur penampang.
- Kuat leleh baja, karena tulangan memikul strain yang tinggi, berarti kurvatur lelehnya akan meningkat, tetapi daktilitas kurvturnya ratio akan menurun untuk baja tinggi.



Gambar 7. Performa Struktur Daktil

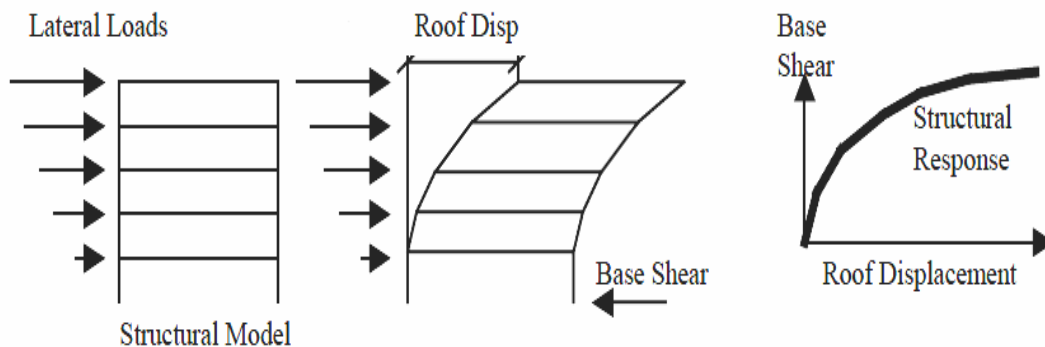


Gambar 8. Performa Struktur Tidak Daktil

2.9 Konsep Pushover

Analisa statik nonlinier merupakan prosedur analisa untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan terhadap gempa, dikenal pula sebagai analisa pushover atau analisa beban dorong statik. Kecuali untuk suatu struktur yang sederhana, maka analisa ini memerlukan komputer program untuk dapat merealisasikannya pada bangunan nyata. Beberapa program komputer komersil yang tersedia adalah SAP2000, ETABS,dll. Analisa dilakukan dengan memberikan suatu pola beban lateral statik pada struktur, yang kemudian secara bertahap ditingkatkan dengan faktor pengali sampai satu target perpindahan lateral dari suatu titik acuan tercapai. Biasanya titik tersebut adalah titik pada atap, atau lebih tepat lagi adalah pusat massa atap.

Analisa pushover menghasilkan kurva pushover yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar versus perpindahan titik acuan pada atap (Gambar 9). Pada proses pushover, struktur didorong sampai mengalami leleh disatu atau lebih lokasi di struktur tersebut. Kurva kapasitas akan memperlihatkan suatu kondisi linier sebelum mencapai kondisi leleh dan selanjutnya berperilaku non-linier. Kurva pushover dipengaruhi oleh pola distribusi gaya lateral yang digunakan sebagai beban. Selanjutnya dilakukan analisis pushover pada model gedung berdasarkan jumlah luas tulangan nominal yang diperoleh dari analisis dinamik. Dari analisis pushover diperoleh hasil berupa kurva kapasitas (capacity curve) dan skema kelelehan berupa distribusi sendi plastis yang terjadi. Sendi plastis akibat momen lentur terjadi pada struktur jika beban yang bekerja melebihi kapasitas momen lentur yang ditinjau.



Gambar 9. Analisa PushOver

Tujuan analisa 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. Cukup banyak studi menunjukkan bahwa analisa statik pushover dapat memberikan hasil mencukupi (ketika dibandingkan dengan hasil analisa dinamik nonlinier) untuk bangunan regular dan tidak.

Analisa pushover dapat digunakan sebagai alat bantu untuk perencanaan tahan gempa , asalkan menyesuaikan dengan keterbatasan yang ada , yaitu :

- Hasil analisa pushover masih berupa suatu pendekatan, karena bagaimanapun perilaku gempa yang sebenarnya adalah bersifat bolak-balik melalui suatu siklus tertentu, sedangkan sifat pembebanan pada analisa pushover adalah statik monotonik.
- Pemilihan pola beban lateral yang digunakan dalam analisa adalah sangat penting.
- Untuk membuat model analisa nonlinier akan lebih rumit dibanding model analisa linier. Model tersebut harus memperhitungkan karakteristik inelastik beban-deformasi dari elemen-elemen yang penting dan efek P- Δ .

2.10 Kinerja Batas Ultimate Menurut SNI-1726-2002

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar-tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana dalam kondisi struktur gedung di ambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar-gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (delatasi). Sesuai Pasal 4.3.3 SNI-1726-2002 simpangan dan simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali ξ sebagai berikut :

- untuk struktur gedung beraturan : $\xi = 0.7 R$

- untuk struktur gedung tidak beraturan : $\xi = \frac{0.7R}{faktorskala}$

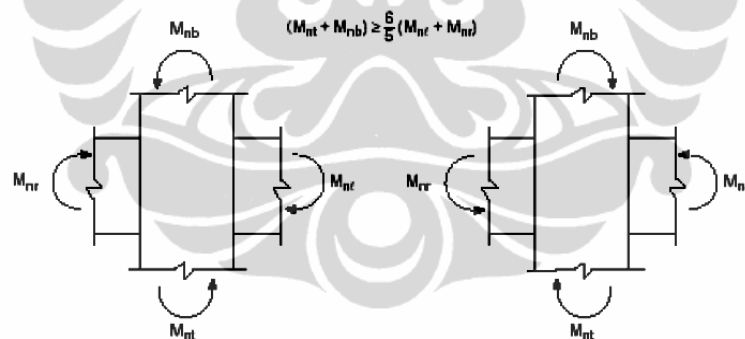
di mana R adalah faktor reduksi gempa struktur gedung tersebut dan Faktor Skala adalah seperti yang ditetapkan dalam Pasal 7.2.3 SNI-1726-2002. Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung menurut rumusan diatas tidak boleh melampaui 0.02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

2.11 Syarat Batas Hubungan Balok Kolom SNI-2847-2002

Peninjauan hubungan balok – kolom pada saat terjadi tingkat pelelehan pada SNI 03-2847-2002 pasal 23.4 (2(2)) menyatakan :

$$\Sigma M_c \geq (6/5) \Sigma M_g .(gambar 10)$$

ΣM_c adalah momen pada muka joint, yang berhubungan dengan kuat lentur nominal *kolom* yang merangka pada hubungan balok – kolom tersebut. ΣM_g adalah momen pada muka joint, yang berhubungan dengan kuat lentur nominal *balok* yang merangka pada hubungan balok – kolom tersebut.



Gambar 10. Momen Muka Joint Kolom – Balok

2.12 Analisa Non linear Respons Dinamik Riwayat Waktu SNI – 1726 – 2002

Untuk mengkaji perilaku pasca-elastik struktur gedung terhadap pengaruh Gempa. Rencana, harus dilakukan analisis respons dinamik non-linier riwayat waktu, di mana percepatan muka tanah asli dari gempa masukan harus diskalakan, sehingga nilai percepatan puncaknya menjadi sama dengan $A_0 I$, di mana A_0

adalah percepatan puncak muka tanah menurut Tabel 5 dan I adalah Faktor Keutamaan menurut Tabel 1 (SNI – 1726 – 2002).

2.13 Koefisien Perpindahan FEMA 356

Pada metoda koefisien perpindahan FEMA 356 perhitungan dilakukan dengan memodifikasi respons elastik linear sistem struktur SDOF ekuivalen dengan faktor modifikasi C_0, C_1, C_2 dan C_3 sehingga dapat di hitung target peralihannya dengan menetapkan dahulu waktu getar efektif (T_e) untuk memperhitungkan kondisi inelastik struktur gedung.

$$\delta_1 = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 g$$

Dimana :

δ_1 = Target peralihan.

T_e = Waktur getar alami efektif.

C_0 = Faktor modifikasi untuk mengkonversi spectral displacement struktur SDOF ekuivalen menjadi roof displacement struktur sistem MDOF, sesuai FEMA 356 tabel 3 – 2 .(lampiran tabel 19)

C_1 = Faktor modifikasi untuk menghubungkan peralihan inelastic maksimum dengan Peralihan respons elastic linear. Nilai $C_1 = 1$ untuk $T_e \geq T_s$

$$C_1 = \frac{\left[1 + (R-1) \frac{T_s}{T_e} \right]}{R} \quad \text{untuk } T_e < T_s$$

C_2 = Faktor modifikasi untuk memperlihatkan pinched hysteresis shape ,degradasi kekakuan dan penurunan kekuatan pada respons peralihan maksimum FEMA356 Table 3 -3 .(Lampiran tabel 19)

C_3 = Faktor modifikasi untuk memperlihatkan kenaikan peralihan akibat efek P- delta untuk gedung dengan perilaku kekakuan pasca leleh bernilai positif maka $C_3 = 1$. Sedangkan untuk gedung perilaku kekakuan pasca leleh negative

$$C_3 = 1 + \frac{|\alpha|(R-1)^2}{T_e} \quad (\text{gambar 11})$$

R = Strength ratio dihitung dengan persamaan

$$R = \frac{S_a W}{V_y} C_m$$

S_a = Akselerasi spektrum respons pada waktu getar alami fundamental efektif dan ratio redaman pada arah yang di tinjau.

V_y = Gaya geser dasar pada saat leleh.

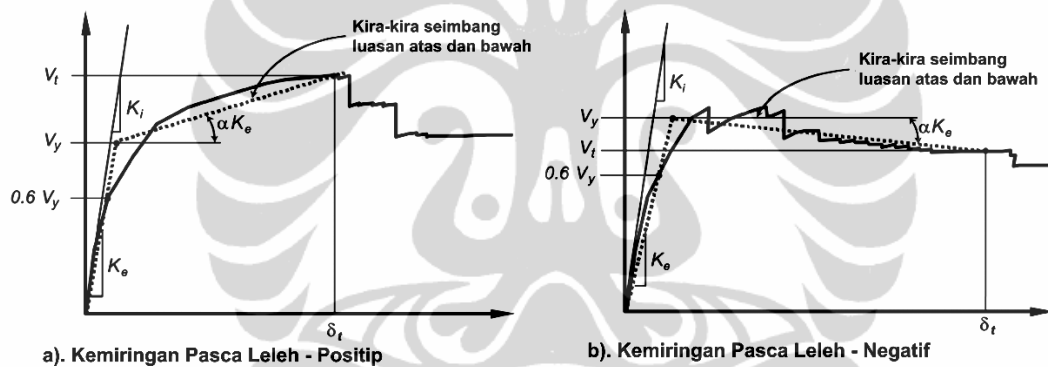
W = Berat efektif seismic

C_m = faktor massa efektif, table 3 -1 FEMA 356 (lampiran tabel 19)

α = ratio kekakuan pasca leleh dimana dengan kekakuan elastik efektif, dimana hubungan gaya peralihan non linear di idealisasikan sebagai kurva bilinear

T_s = waktu getar karakteristik respons spektrum.

g = percepatan gravitasi 9.81 m/det^2



Gambar 11. Perilaku Pasca Leleh Sistem Struktur (FEMA 356).