

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Dasar Metode

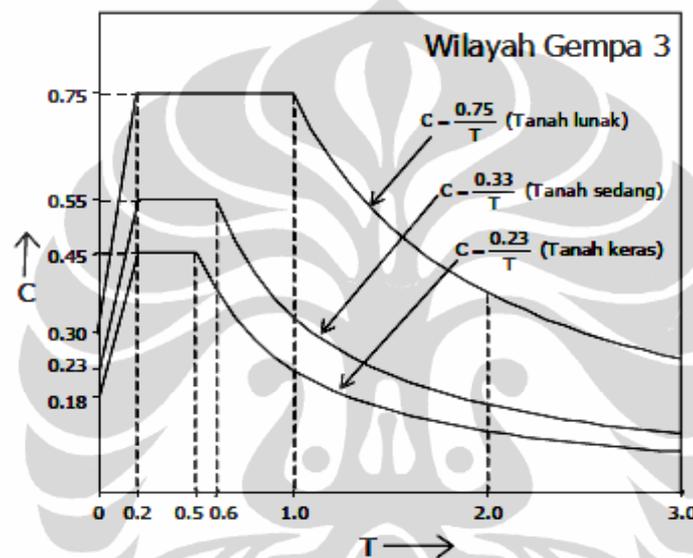
Dalam perancangan struktur bangunan gedung dilakukan analisa 2D mengetahui karakteristik dinamik gedung dan mendapatkan jumlah luas tulangan nominal untuk disain. Pemodelan, analisis dan disain memakai program SAP2000, dengan analisis dinamik respons spektrum SNI 1726 – 2002. Nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat Gempa Rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 80% nilai respons ragam ke 1. Faktor partisipasi massa adalah terjadi translasi sumbu x , translasi sumbu y dan rotasi sumbu z harus memenuhi syarat partisipasi massa ragam efektif minimum 90%.

Efek P-delta diperhitungkan ( $> 10$  lantai ) dan hasil analisa mengenai “strong column weak beam” dengan faktor 6/5 di kaji dengan melakukan analisa nonlinear pushover FEMA356 dan nonlinear riwayat waktu untuk mengetahui target perpindahan pada struktur dan kapasitas kolom dan balok yang terjadi plastisifikasi ( sendi plastis ).

### 3.2 Respons Spektrum

Spektrum Respons adalah suatu diagram yang memberi hubungan antara percepatan respons maksimum suatu sistem Satu Derajat Kebebasan (SDK) akibat suatu gempa masukan tertentu, sebagai fungsi dari faktor redaman dan waktu getar alami sistem SDK tersebut. Spektrum Respons C-T yang ditetapkan dalam pasal ini untuk masing-masing Wilayah Gempa, adalah suatu diagram yang memberi hubungan antara percepatan respons maksimum (= Faktor Respons Gempa) C dan waktu getar alami T sistem SDK akibat Gempa Rencana, di mana sistem SDK tersebut dianggap memiliki fraksi redaman kritis 5%. Kondisi  $T = 0$  mengandung arti, bahwa sistem SDK tersebut adalah sangat kaku dan karenanya mengikuti sepenuhnya gerakan tanah. Dengan demikian, untuk  $T = 0$  percepatan respons maksimum menjadi identik dengan percepatan puncak muka tanah ( $C = A_0$ ). Bentuk spektrum respons yang sesungguhnya menunjukkan suatu fungsi

acak yang untuk  $T$  meningkat menunjukkan nilai yang mula-mula meningkat dulu sampai mencapai suatu nilai maksimum, kemudian turun lagi secara asimtotik mendekati sumbu- $T$ . Didalam pasal ini bentuk tersebut distandarkan (di idealisasikan) sebagai berikut : untuk  $0 < T < 0,2$  detik,  $C$  meningkat secara linier dari  $A_0$  sampai  $A_m$ ; untuk  $0,2$  detik  $< T < T_c$ ,  $C$  bernilai tetap  $C = A_m$ ; untuk  $T > T_c$ ,  $C$  mengikuti fungsi hiperbola  $C = A_r/T$ . Dalam hal ini  $T_c$  disebut waktu getar alami sudut. Idealisasi fungsi hiperbola ini mengandung arti, bahwa untuk  $T > T_c$  kecepatan respons maksimum yang bersangkutan bernilai tetap ( Gambar 12 ).



Gambar 12. Respons Spektrum Zona 3

### 3.3 Waktu Getar Alami Struktur

Pemakaian struktur gedung yang terlalu fleksibel seyogyanya harus dicegah. Dalam hal itu dilakukan dengan membatasi nilai waktu getar fundamentalnya. mengingat struktur gedung dengan waktu getar fundamental yang panjang menyerap beban gempa yang rendah (terlihat dari spektrum respons  $C-T$ ), sehingga gaya internal yang terjadi di dalam unsur-unsur struktur menghasilkan kekuatan terpasang yang rendah.

Nilai batas waktu getar fundamental suatu struktur gedung ditetapkan sebagai perkalian suatu koefisien  $\xi$  dan jumlah tingkat  $n$  yang dimiliki gedung tersebut di tempat struktur gedung berada . Hal ini adalah mengingat semakin rendah kegempaan tersebut, semakin tidak menentukan beban gempa terhadap

beban gravitasi, sehingga pembatasan waktu getar fundamental semakin kurang maknanya. Memberi penalti pada struktur gedung yang sangat fleksibel dengan mensyaratkan suatu nilai  $C$  minimum pada spektrum respons C-T, memang dapat menambah keamanan, tetapi tidak dapat merubah perilakunya.

**Koefisien  $\zeta$  yang membatasi waktu getar alami  
Fundamental struktur gedung**

Wilayah Gempa	$\zeta$
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

#### 3.4 Analisa NonLinear Pushover Fema 356

Analisis statik nonlinear dimana pengaruh Gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban – beban statik yang menangkap pada atap atau pusat massa masing – masing lantai, yang nilainya di tingkatkan secara berangsur – angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan pelelahan ( sendi plastis ) pertama didalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca elastik yang besar sampai kondisi plastis.

Tujuan analisa pushover adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta untuk memperoleh informasi bagian mana yang yang kritis dan memerlukan perhatian khusus untuk pendetailan dan stabilitasnya.

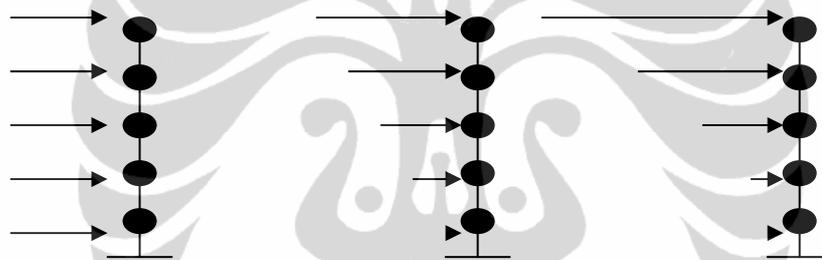
Tahapan Analisa pushover:

1. Menentukan titik Kontrol untuk memonitor besarnya perpindahan struktur, rekaman besarnya perpindahan titik kontrol dan gaya geser dasar di gunakan untuk menyusun kurva pushover.
2. Membuat kurva pushover dari berbagai pola distribusi gaya lateral yang ekivalen dengan gaya inersia, sehingga diharapkan deformasi yang terjadi hampir sama dengan gempa sebenarnya. Karena sifat gempa tidak pasti ,perlu dibuat beberapa pola pembebanan lateral.

3. Estimasi besarnya target perpindahan, titik kontrol di dorong sampai target tersebut, yaitu perpindahan maksimum yang diakibatkan oleh intensitas gempa rencana yang ditentukan.
4. Mengevaluasi level kinerja struktur ketika titik kontrol tepat berada pada target perpindahan merupakan hal utama dari perencanaan berbasis kinerja.

### 3.5 Pola Beban Dorong

Distribusi gaya inersia yang berpengaruh saat gempa, akan bervariasi secara kompleks sepanjang tinggi bangunan. Oleh karena itu, analisa beban dorong statik memerlukan berbagai kombinasi pola distribusi yang berbeda ( Gambar 13 ) untuk menangkap kondisi yang paling ekstrim untuk perencanaan. Bentuk distribusi yang relatif sederhana disampaikan dalam gambar berikut :



a. Pola merata      b. Pola segi tiga / mode 1      c. Pola ragam tinggi

Gambar 13. Variasi Pola Distribusi pembebanan lateral FEMA 356

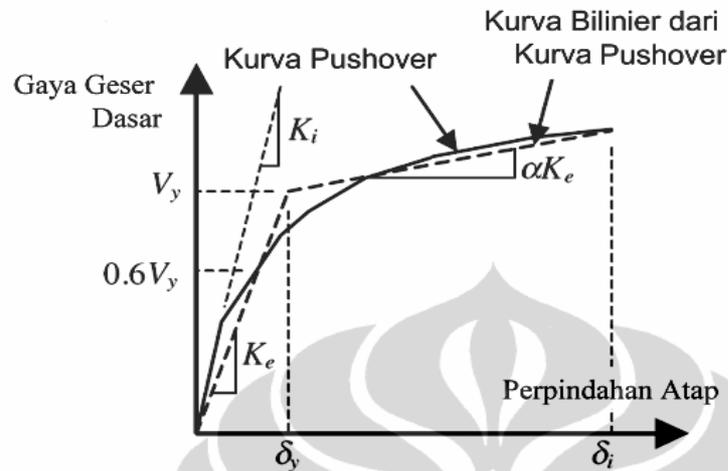
Beban lateral harus diberikan pada model struktur dalam proporsi yang sama dengan distribusi gaya inersia sebidang dengan diaphragma lantai. Untuk keseluruhan analisis sedikitnya dua pola beban lateral harus diberikan yaitu :

- a. Sama dengan pola ragam fundamental pada arah yang ditinjau bilamana sedikitnya 75% massa dapat diantisipasi pada ragam tersebut.
- b. Pola kedua adalah distribusi merata sesuai dengan proporsi total massa pada lantai.

### 3.6 Waktu Getar Alami Efektif

Analisa eigen Value untuk waktu getar alami bangunan penting untuk mengetahui estimasi besarnya gaya gempa pada bangunan tersebut dan

dilaksanakan berdasarkan data – data linear. Untuk mendapatkan waktu getar alami efektif saat inelastik,  $T_e$  diperoleh dari hasil kurva analisa pushover ( gambar 14 ).



Gambar 14. Parameter Waktu Getar Fundamental Efektif dari Kurva Pushover

Untuk itu kurva pushover diubah menjadi kurva bilinear untuk mengestimasi kekakuan lateral bangunan,  $K_e$  dan kuat leleh bangunan

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$

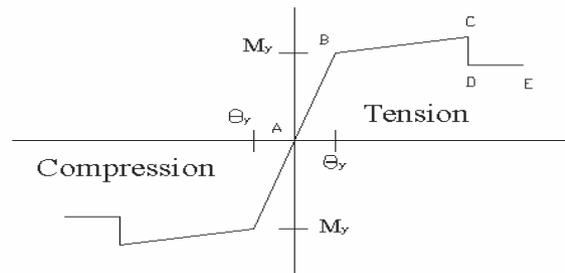
$T_i$  = perioda alami awal elastis ( detik )

$K_i$  = kekakuan awal bangunan pada arah yang di tinjau.

### 3.7 Sendi Plastis

Pemodelan sendi digunakan untuk mendefinisikan perilaku non linear force – displacement dan atau momen rotasi yang didapat ditempatkan pada beberapa tempat berbeda sepanjang bentang balok atau kolom pemodelan sendi adalah rigid dan tidak memiliki efek pada perilaku linear pada member .

Dalam analisa elemen kolom menggunakan tipe sendi default – PMM dengan mempertimbangkan kolom mendapat gaya aksial dan momen, sedangkan balok tipe sendi default M3 dengan mempertimbangkan balok menahan momen pada sumbu kuat ( Gambar 15 ).



Gambar 15. Default Sendi Plastis M3 dan P-MM

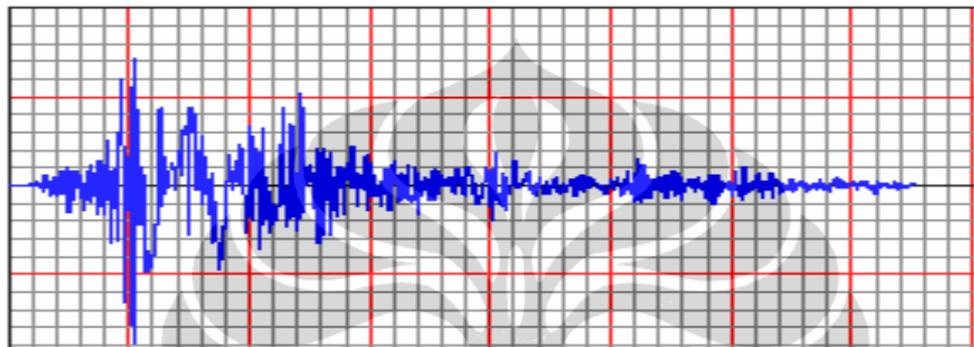
### 3.8 Analisa Non Linear Timehistory

Analisis Inelastik Dinamik Riwayat Waktu adalah suatu cara analisis untuk menentukan riwayat waktu respon dinamik struktur bangunan gedung yang berperilaku nonlinier terhadap gerakan tanah akibat Gempa Rencana sebagai data masukan, di mana respon dinamik dalam setiap interval waktu dihitung dengan metode integrasi bertahap. Beban gempa merupakan fungsi dari waktu, sehingga respon yang terjadi pada struktur gedung juga tergantung dari waktu pembebanan. Akibat beban Gempa Rencana maka struktur akan berperilaku inelastik. Untuk mendapatkan respon struktur tiap waktu dengan memperhitungkan perilaku nonlinier, maka dilakukan analisis riwayat waktu inelastic nonlinier dengan analisis langkah demi langkah (metode integrasi bertahap newmark). Beban gempa yang digunakan adalah rekaman percepatan tanah untuk gempa tertentu, dalam studi kasus ini diambil rekaman gempa El Centro 1940, Italy, Kobe, Parkfield ( Gambar 16 ) . Analisis menggunakan gempa yang telah dimodifikasi/ setara terhadap spektrum SNI dengan program RESMAT ( Gambar 17 ) .

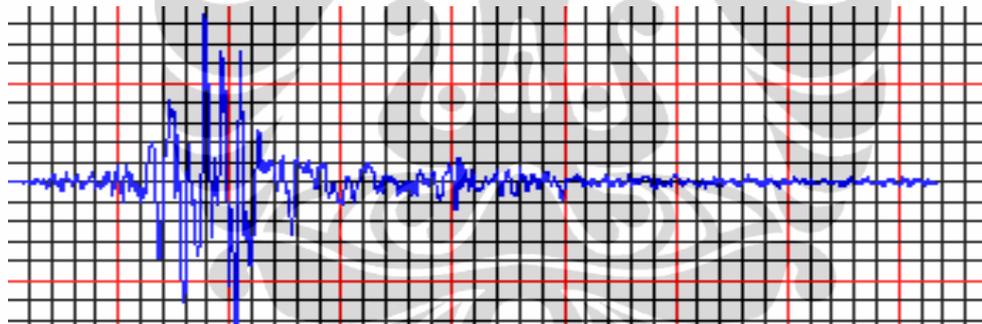
Beban gempa adalah fungsi waktu, sehingga respon pada struktur juga tergantung dari waktu pembebanan. Akibat Gempa Rencana struktur akan berperilaku inelastik. Untuk mendapatkan respon struktur tiap waktu dengan memperhitungkan perilaku nonlinier, maka dilakukan analisis riwayat waktu inelastik.



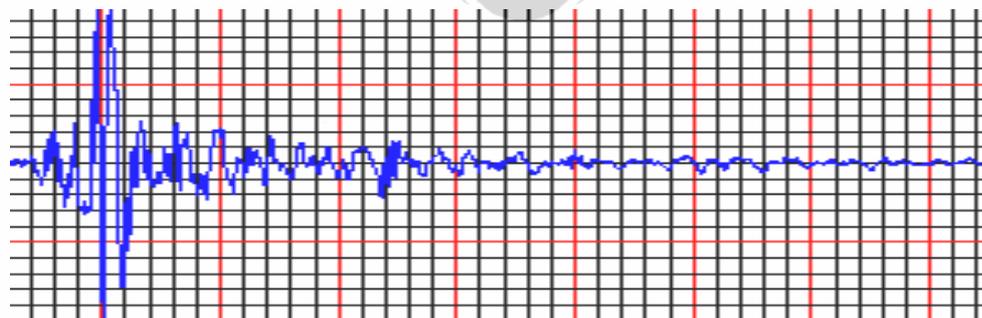
**Elcentro ( PGA = 0.3487g )**



**ITALY ( PGA = 0.357g )**

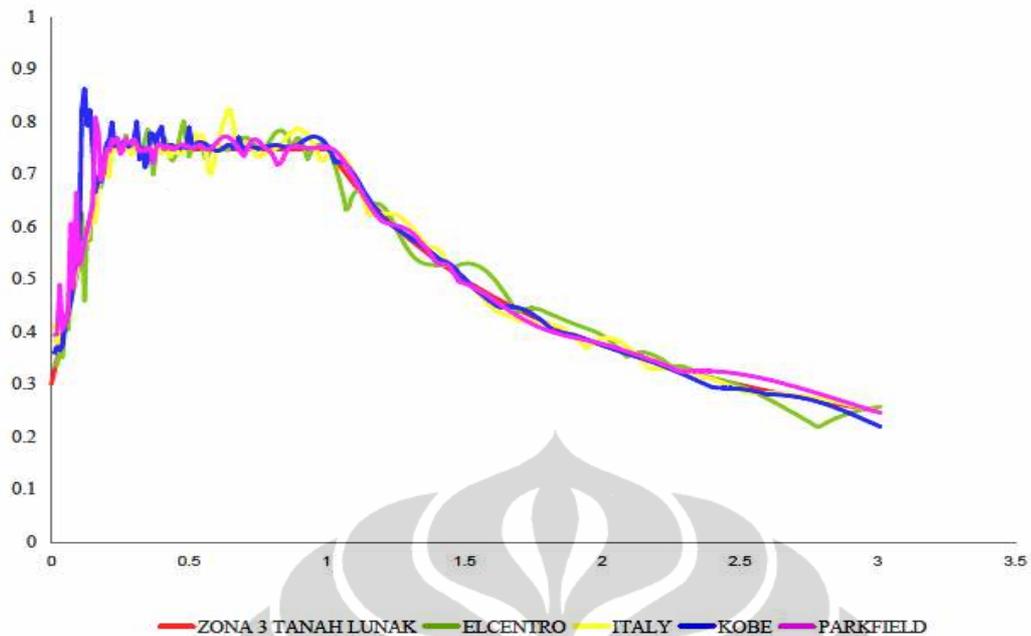


**Kobe ( PGA = 0.693g )**



**Parkfield ( PGA = 0.475g )**

Gambar 16. Percepatan Tanah Riwayat Waktu Asli



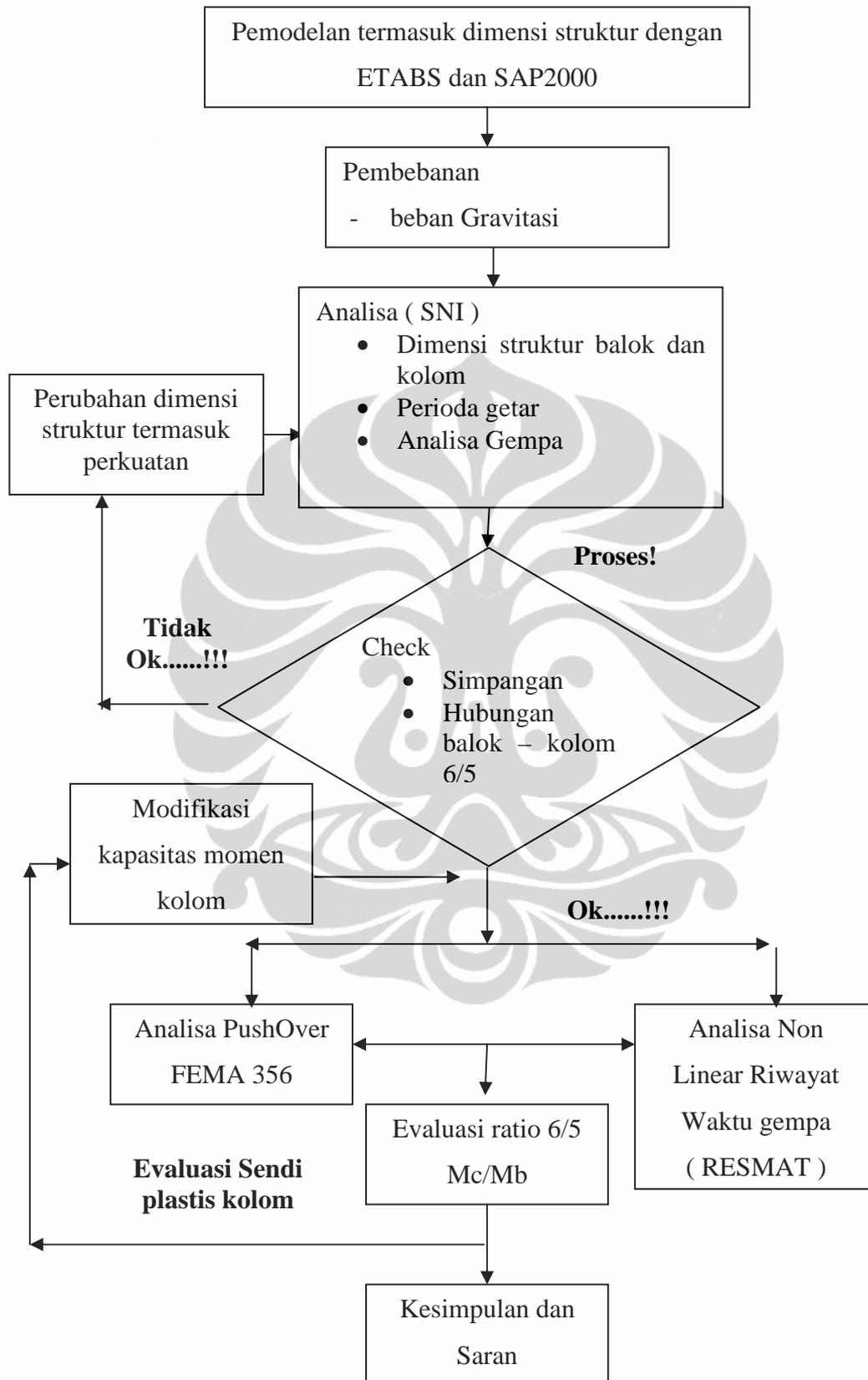
Gambar 17. Penyetaraan Spektrum ( RESMAT )

### 3.9. Re-disain Evaluasi faktor 6/5

Hasil dari nonlinear pushover fema 356 dan non linear riwayat waktu di lakukan evaluasi akan ratio kapasitas kolom – balok yang memenuhi kriteria “ strong column weak beam “. Dan modifikasi dilakukan dengan memperbesar kapasitas momen kolom.

Adapun urutan metode yang akan dilakukan sebagai berikut :

1. Pemodelan struktur.
2. Pembebanan ; gravitasi dan gempa.
3. Analisa dengan SNI ( SNI – 1726 – 2002 ).
4. Proses analisa program SAP2000.
5. check simpangan dan kapasitas ratio kolom-balok.
6. lakukan analisa non linear pushover dengan fema356 dan non linear riwayat waktu .
7. Evaluasi ratio 6/5, posisi sendi plastis.
8. Re-disain modifikasi kapasitas momen kolom.
9. Kembali lakukan urutan 6 s/d 7.
10. Kesimpulan dan Saran



**Diagram Alir Tahapan Penelitian**