

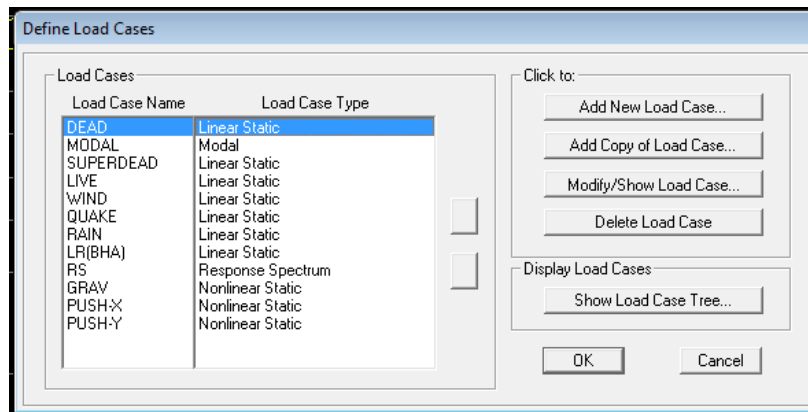
## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis *Pushover*

Tahapan analisis *Pushover* menggunakan program SAP2000 sebagai berikut:

- a. Membuat *Load Case* yaitu GRAV, PUSH X dan PUSH Y



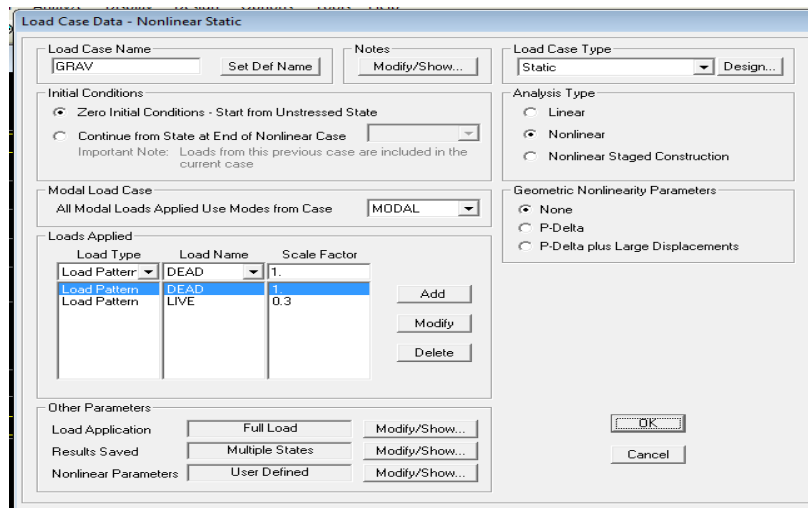
**Gambar 4.1** *Load Case Analysis*

- b. Masukkan *Load Case Data* pada GRAV

Input Pembebanan

Dead = faktor pengali = 1

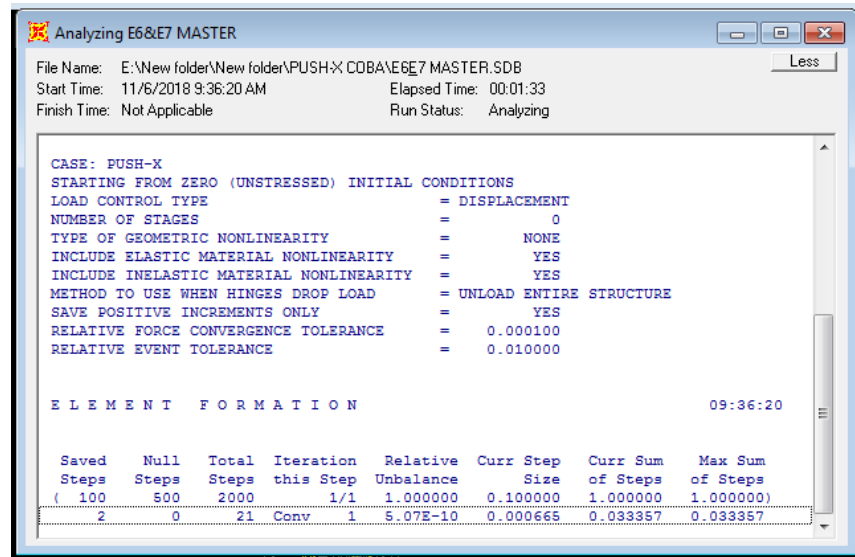
Live = faktor pengali = 0,3



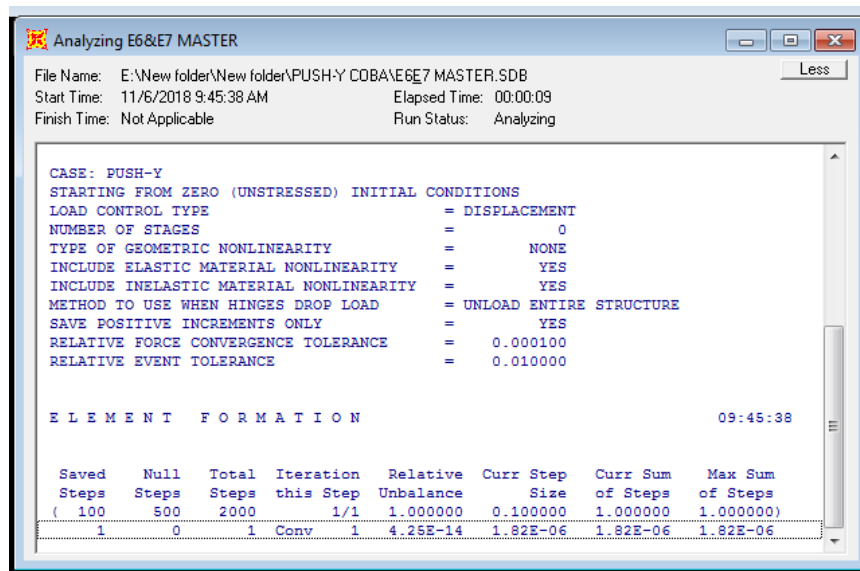
**Gambar 4.2** *Load Case Data pada GRAV*

c. *Running* pemodelan

Perhitungan secara otomatis dilakukan oleh program SAP2000. *Running* analisis *pushover*.



Gambar 4.3 *Running pushover* pada arah-X



Gambar 4.4 *Running pushover* pada arah-Y

4.2 Hasil Analisis *Pushover*

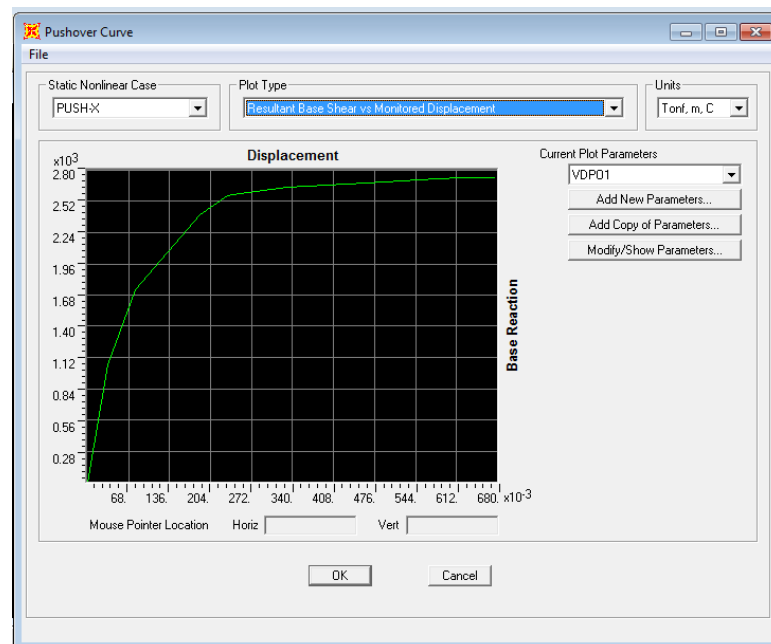
a. Kurva Kapasitas (*capacity curve*)

Kurva ini yang merupakan hubungan antara perpindahan titik acuan pada atap/ *displacement* (D) dengan gaya geser dasar/ *base shear* (V).

Untuk arah-X pada kurva kapasitas, diperoleh analisis pushover berhenti pada steps ke-15, yaitu target displacement maksimum sebesar 0,676993 m dan gaya geser dasar sebesar 26807,871 kN.

Tabel 4.1 *Displacement dan Base Shear steps 0-16 arah-X*

Step	Displacement (m)	BaseForce (kN)
0	0	0
1	3,37E-03	1,295
2	0,0325	10313,629
3	0,0791	16940,295
4	0,186	23589,079
5	0,232	25221,307
6	0,240	25361,439
7	0,33	25930,864
8	0,461	26350,560
9	0,58	26672,610
10	0,622	26775,305
11	0,652	26810,322
12	0,659	26814,620
13	0,667	26815,057
14	0,674	26811,376
15	0,677	26807,871

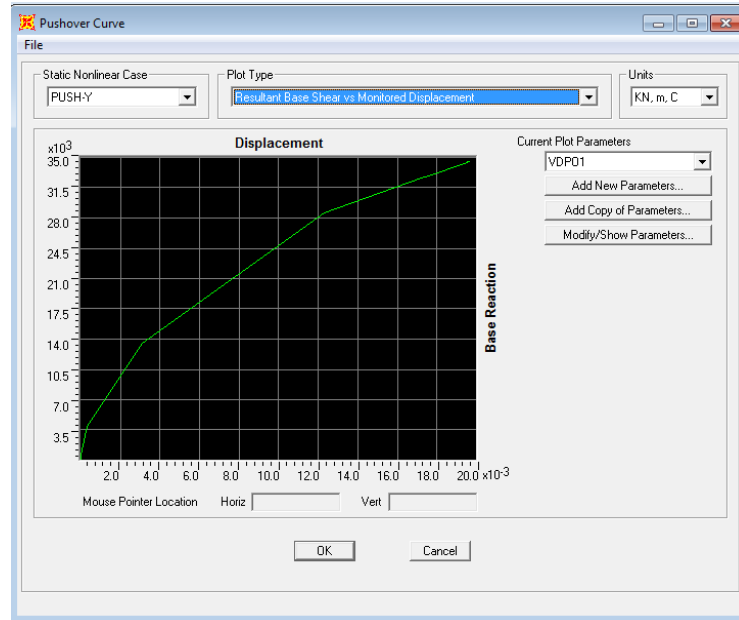


Gambar 4.5 Kurva Kapasitas arah-X

Sedangkan pada arah-Y, analisis berhenti pada *steps* ke-24, yaitu target *displacement* maksimum sebesar 0,0197 m dan gaya geser dasar sebesar 34612,614 ton.

Tabel 4.2 *Displacement* dan *Base Shear steps* 0-24 arah-Y

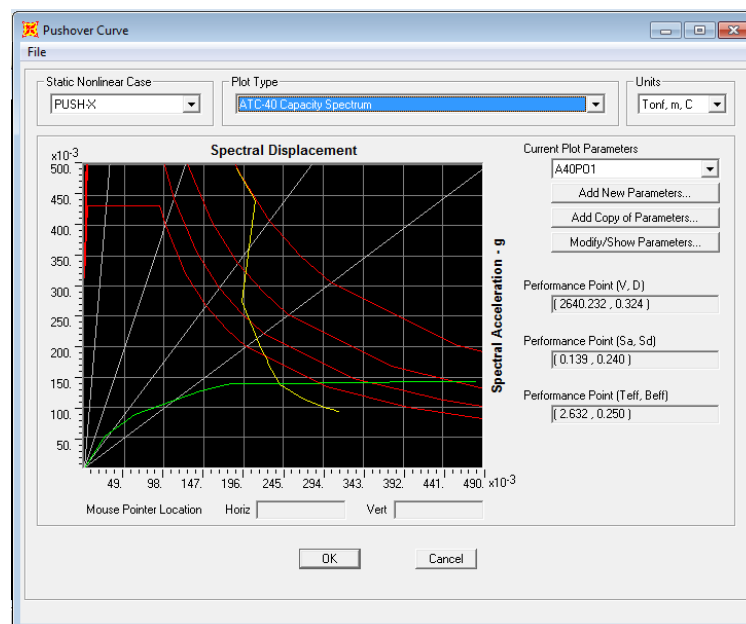
<b>Step</b>	<b>Displacement</b> (m)	<b>BaseForce</b> (kN)
0	0	0
1	6,218E-08	2,094
2	0,000019	628,697
3	0,0003	3866,296
4	0,0031	13487,806
5	0,0123	28635,386
6	0,0173	32742,127
7	0,0174	32776,302
8	0,0174	32794,151
9	0,0175	32874,083
10	0,0175	32880,597
11	0,0175	32903,535
12	0,0193	34344,048
13	0,0193	34344,062
14	0,0193	34344,211
15	0,0193	34345,768
16	0,0195	34456,156
17	0,0195	34463,18
18	0,0195	34474,428
19	0,0195	34485,925
20	0,0195	34500,648
21	0,0195	34513,31
22	0,0196	34534,474
23	0,0196	34553,469
24	0,0197	34612,614



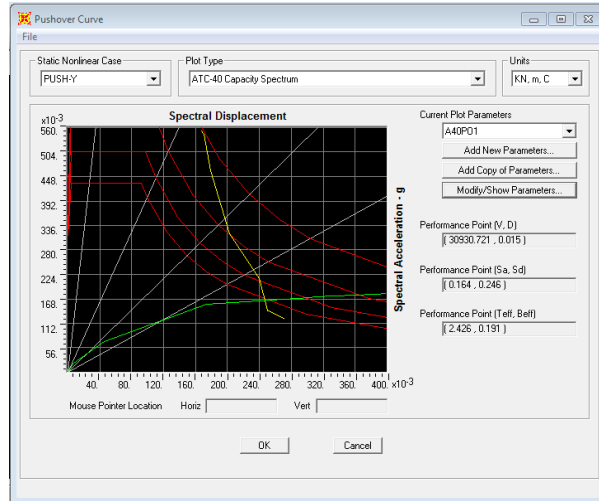
**Gambar 4.6** Kurva Kapasitas arah-Y

b. Target Perpindahan dengan Metode Spektrum Kapasitas (ATC 40)

Kaedah ini adalah persimpangan antara spektrum spektrum kapasitas dan spektrum permintaan dalam format ADRS. Kurva ini menunjukkan bagaimana kekuatan struktur dalam memenuhi suatu beban yang diberikan berdasarkan tabel 8-3 ATC- 40 pada SAP2000 dengan memasukkan nilai  $C_a = 0,313$  dan  $C_v = 0,611$  dari respon spektrum.



**Gambar 4.7** Kurva kapasitas arah-X dalam format ADRS



**Gambar 4.8** Kurva kapasitas arah-Y dalam format ADRS

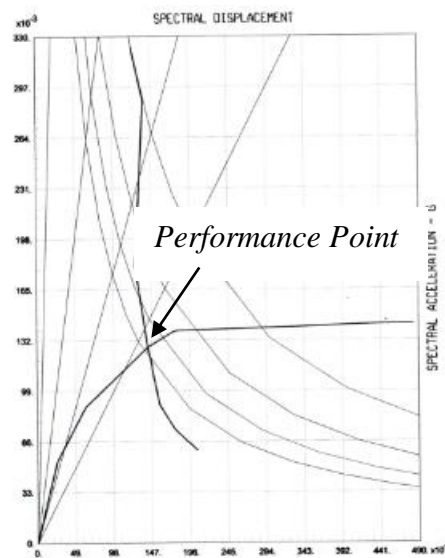
Keterangan :   
— : Capacity Curve   
— : Family of Demand Spectra   
— : Single Demand Spectrum (ADRS)

Dari Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 didapatkan nilai target perpindahan dan gaya geser dasar pada titik kontrol tinjauan *performance point* pada pemodelan yaitu:

1) Arah-X

*Displacement* : 0,347 m

*Base Shear* : 26032,184 kN

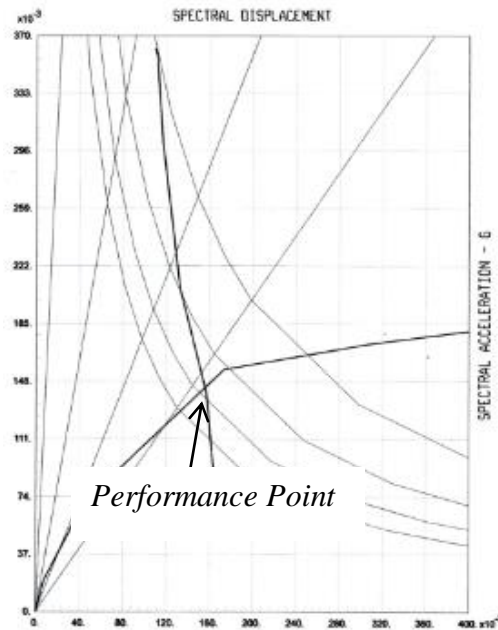


**Gambar 4.9** Kurva Spektrum Kapasitas arah-X

2) Arah-Y

*Displacement* : 0,015 m

*Base Shear* : 30930,721 kN



**Gambar 4.9** Kurva Spektrum Kapasitas arah-Y

Maka berdasarkan metode spektrum kapasitas perilaku struktur arah x dan y pada gempa rencana telah mengalami in-elastis yang disebabkan pelelehan pada sendi plastisnya. Batasan maksimum displacement sebesar  $0,02H$  (0,592 m), target hasil *displacement* dari analisis *pushover* untuk arah-X sebesar  $0,347 \text{ m} < 0,592 \text{ m}$  dan arah-Y sebesar  $0,015 \text{ m} < 0,592 \text{ m}$  sehingga gedung tersebut memenuhi syarat keamanan.

### 4.3 Evaluasi Kinerja Struktur

Level kinerja struktur (*structural performance levels*) ditentukan melalui kriteria *roof drift ratio* yang diperoleh pada saat target perpindahan tercapai dengan rumus:

$$\text{Roof drift ratio} = \frac{\text{Target perpindahan (m)}}{\text{Elevasi gedung (m)}} \times 100\%$$

Tabel 4.3 Perhitungan *drift ratio* berdasarkan perpindahan titik kontrol

Metode Spektrum Kapasitas	Elevasi Gedung (m)	Target Perpindahan (m)	<i>Roof drift ratio</i> (%)	Level Kinerja Gedung
Arah-X	29,6	0,347	1,172	IO
Arah-Y	29,6	0,015	0,050	IO

Berdasarkan hasil tabel diatas, yang disyaratkan pada FEMA 356 (tabel 2.4) dan ATC-40 (tabel 2.5) nilai *roof drift ratio* arah X dan Y sebesar 1,172% dan 0,050 % masuk pada kategori *Immediate Occupancy*. Kinerja gedung *Immediate Occupancy* berarti keadaan kerusakan pasca gempa dimana hanya terjadi kerusakan struktural yang sangat terbatas. Komponen bukan struktur masih ada dan kebanyakan masih berfungsi jika utiliti itu tersedia.

#### 4.4 Mekanisme Pola Sendi Plastis

Sendi plastis yang direncanakan agar sesuai dengan mekanisme yang direncanakan yaitu *beam sway mechanism (strong column weak beam)*. Dimana sendi-sendi plastis untuk struktur direncanakan dapat terjadi pada elemen balok, dan kolom dasar bangunan.

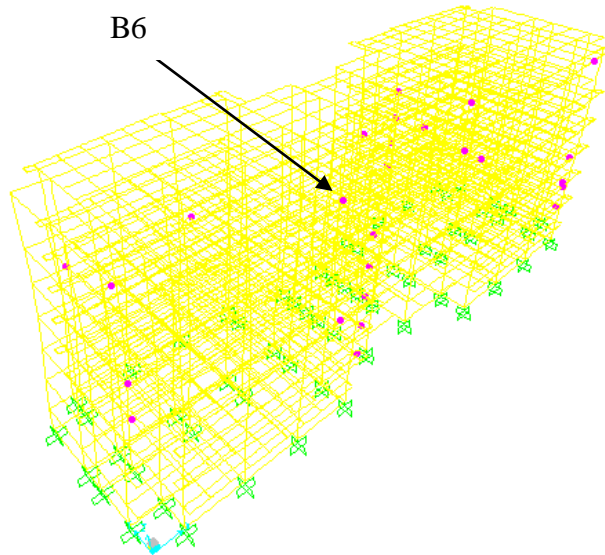
Hasil analisa yang dilakukan diketahui bahwa untuk arah-X letak sendi plastis yang terjadi pada struktur pada *step* 1 sudah terlihat adanya sendi plastis yang terbentuk didaerah balok-balok ujung tiap lantai pada struktur yang ditinjau.

Tabel 4.4 Kurva *Pushover* arah-X *step* 0-9

<i>Step</i>	<i>Displacement</i> (m)	<i>BaseForce</i> (kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	Total
0	0	0	5520	0	0	0	5520
1	3,37E-03	1,295	5494	26	0	0	5520
2	0,0325	10313,629	4934	586	0	0	5520
3	0,0791	16940,295	4423	1097	0	0	5520
4	0,186	23589,079	3931	1589	0	0	5520
5	0,232	25221,307	3787	1562	171	0	5520
6	0,240	25361,439	3762	1544	214	0	5520
7	0,33	25930,864	3641	1346	533	0	5520
8	0,461	26350,560	3590	879	1029	22	5520
9	0,58	26672,610	3577	603	954	386	5520

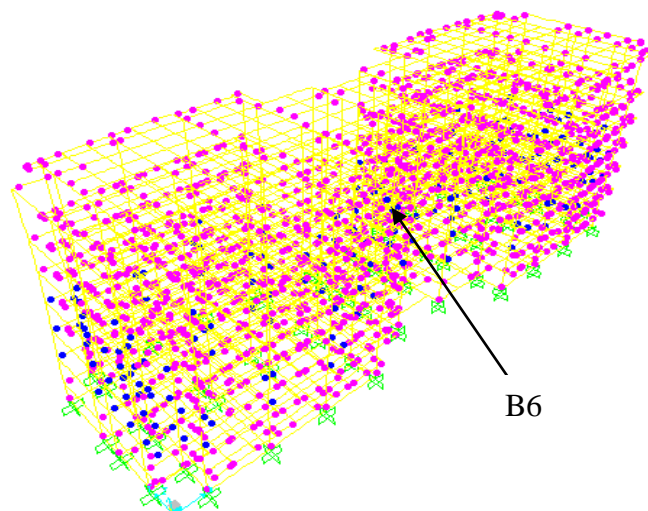


Tabel 4.4 menunjukkan bahwa terjadi distribusi sendi plastis dari level kinerja B ke IO sebanyak 26 elemen dari total 5520 elemen dengan pergeseran sebesar  $3,367 \times 10^{-7}$  m dan dibebani sebesar 0,132 kN. Muncul pertama kali di balok B6 lantai 3.



**Gambar 4.9** Distribusi sendi plastis pada *step-1* pada arah-X

Pada *step 5* mulai terbentuknya daerah balok terbentuk sendi plastis, hal ini menunjukkan bahwa distribusi sendi plastis hasil analisa *pushover* pada model gedung yang ditinjau hanya terjadi pada daerah balok, sehingga tidak terjadi mekanisme kerusakan tingkat.

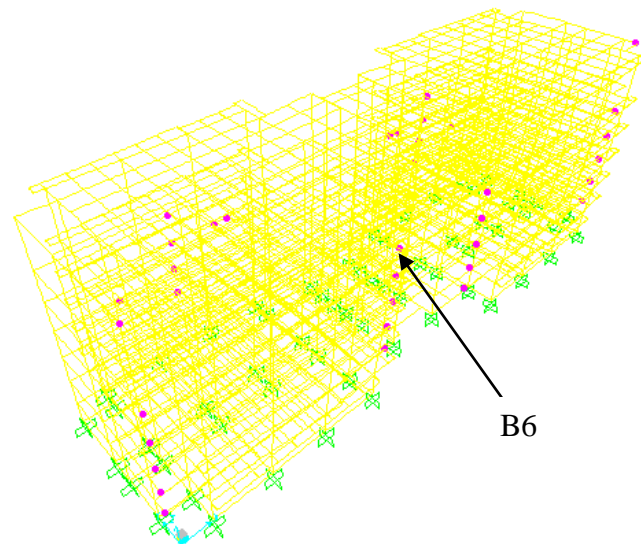


**Gambar 4.10** Distribusi sendi plastis pada *step-8* pada arah-X

Pada *step 5* sudah mulai terjadinya perubahan level kinerja struktur dari level IO ke LS dengan jumlah 171 elemen, level B ke IO sebanyak 1562 elemen dan level A ke B sebanyak 3787 elemen dari 5520 elemen dengan pembebanan sebesar 26835,386 kN dan pergesarannya yaitu 0,0135 m.

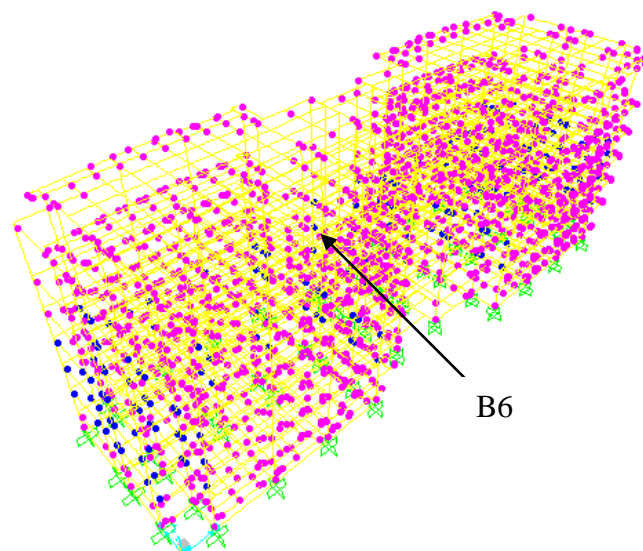
Gambar 4.10 menjelaskan pada *step 8* struktur dibebani sebesar 31518,987 kN terjadi perpindahan 0,0175 m dan mulai berubah level kinerja struktur dari LS ke CP dengan jumlah 22 elemen, level IO ke LS sebanyak 1029 elemen, level B ke IO 879 dan level A ke B 3577 elemen dari total 5520 elemen. Kemunculan pertama kali ada pada balok B6 lantai 3.

Untuk arah-Y letak sendi plastis yang terjadi pada struktur pada *step 1* juga mulai terbentuknya adanya sendi plastis yang terbentuk didaerah balok-balok ujung tiap lantainya. Warna tiap sendi balok dan kolom struktur gedung masih terlihat aman pada kejadian *step-1*. Komponen struktur juga masih dibatas aman. Kemunculan sendi plastis pertama kali terjadi pada lantai 3 balok B6.



**Gambar 4.11** Distribusi sendi plastis pada *step-1* pada arah-Y

Hampir semua daerah balok terbentuk sendi plastis, hal ini menunjukkan bahwa distribusi sendi plastis hasil analisa *pushover* pada model gedung yang ditinjau hanya terjadi pada daerah balok, sehingga tidak terjadi mekanisme kerusakan tingkat pada *step 5* yang ditandai pertama kali perubahan level kinerja pada balok B6 lantai 3.



**Gambar 4.12** Distribusi sendi plastis pada step-5 pada arah-Y

Distribusi sendi plastis yang terjadi pada *step-5* memperlihatkan tidak ada komponen struktur yang melewati batas kinerja *Immediate Occupancy (IO)* sehingga dapat dikatakan kinerja komponen struktur masih dalam keadaan aman pada saat titik kinerja tercapai.

Tabel 4.4 Kurva *Pushover* arah-Y *step 5 –step 9*

<i>Step</i>	<i>Displacement</i> (m)	<i>BaseForce</i> (kN)	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	Total
0	0	0	5520	0	0	0	5520
1	6,218E-08	2,094	5484	36	0	0	5520
2	0,000019	628,697	5440	80	0	0	5520
3	0,00031	3866,296	5220	300	0	0	5520
4	0,003115	13487,806	4476	1044	0	0	5520
5	0,012301	28635,386	3580	1764	176	0	5520
6	0,017341	32742,127	3364	1426	722	6	5520
7	0,01742	32776,302	3364	1413	735	6	5520
8	0,017448	32794,151	3364	1404	744	6	5520

*Step 1* menunjukkan bahwa terjadi distribusi sendi plastis dari level kinerja B ke IO sebanyak 36 elemen dari total 5520 elemen dengan pergeseran sebesar  $6,218 \times 10^{-8}$  m dan dibebani sebesar 2,094 kN.

Pada *step 5* menjelaskan bahwa sudah mulai terjadinya perubahan level kinerja struktur dari level IO ke LS dengan jumlah 176 elemen, level B ke IO sebanyak 1764 elemen dan level A ke B sebanyak 3580 elemen dari

5520 elemen dengan pembebanan sebesar 28635,386 kN dan pergesarannya yaitu 0,0123 m.

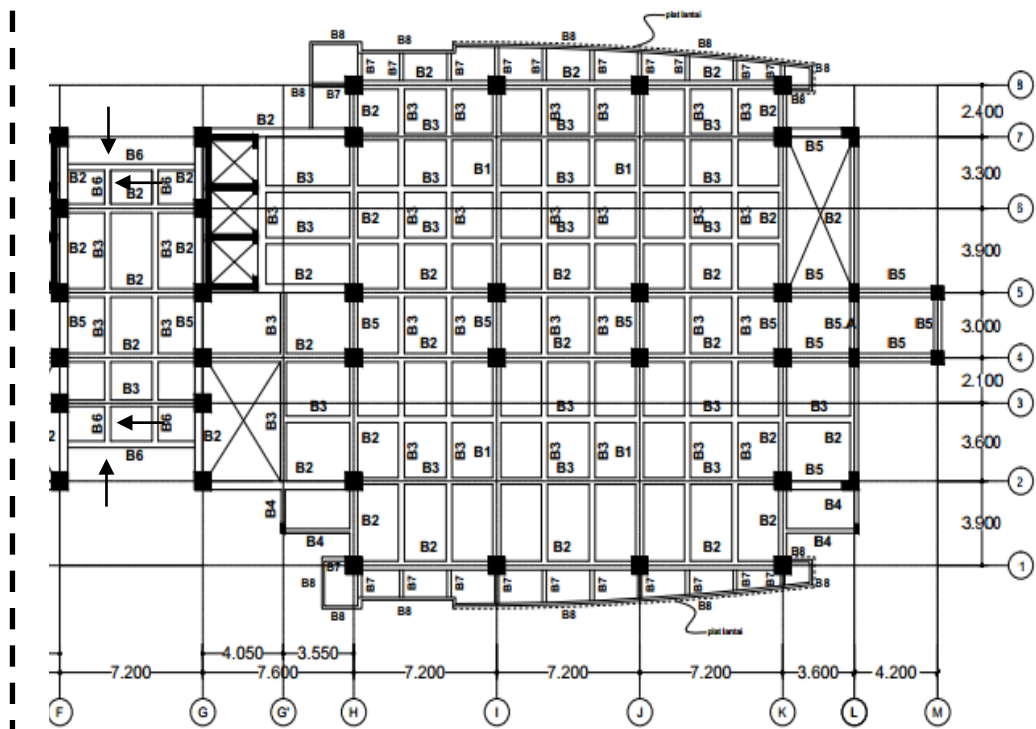
Kemudian pada *step* selanjutnya yaitu *step* 6 struktur dibebani sebesar 32742,127 kN terjadi perpindahan 0,0173 m dan mulai berubah level kinerja struktur dari LS ke CP dengan jumlah 6 elemen, level IO ke LS sebanyak 722 elemen, level B ke IO 1426 dan level A ke B 3364 elemen dari total 5520 elemen.

Untuk Tabel 6 pada *step* 15 ke 16 terjadi perubahan dari level C ke level D sebanyak 4 elemen sampai *step* 20 arah-Y juga tetap pada level CtoD dengan perubahan 4 elemen, level DtoE sebanyak 2 elemen dan level Beyond E sebanyak 2 elemen. Kemudian berhenti pada *step* 24 dengan level AtoB sebanyak 3250 elemen, BtoIO sebanyak 1210 elemen, IOtoLS sebanyak 720 elemen, LStoCP sebanyak 314 elemen, CtoD sebanyak 22 elemen, DtoE sebanyak 2 elemen dan BeyondE sebanyak 2 elemen dari 5520 elemen.

Tabel 4.5 Kurva *Pushover* arah-Y *step* 15, 16, 20 dan 24

<i>Step</i>	Ato B	BtoI O	IOtoL S	LStoC P	CPto C	Cto D	Dto E	Beyond E	Total
15	3255	1253	744	266	0	0	0	0	5520
16	3250	1232	736	294	0	4	2	2	5520
20	3250	1226	730	306	0	4	2	2	5520
24	3250	1210	720	314	0	22	2	2	5520

Kesimpulan dari mekanisme pola sendi pada data tabel *pushover* arah-X dan arah-Y menyatakan bahwa perubahan setiap level muncul pertama kali terjadi di balok B6 pada lantai 3.



**Gambar 4.13** Potongan denah lantai 3 dengan skala 1:250