

Perkuatan Elemen Struktur Akibat Perubahan Fungsi Bangunan

PRISKILA ULI FRANSISKA SIMARMATA, NUR LAELI HAJATI

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
Email: priskilauli@yahoo.com

ABSTRAK

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi di Indonesia banyak sekali bangunan yang dialihfungsikan sehingga beban yang direncanakan pada awal pembangunan tidak sesuai lagi dengan beban pada bangunan yang sudah diubah fungsinya. Dalam penelitian ini elemen struktur yang mengalami perlemahan diberikan perkuatan dengan memberikan pelat baja setebal 10 mm pada bagian sisi luar elemen struktur. Dari hasil penelitian, struktur yang sudah mengalami perlemahan karena perubahan fungsi bangunan kembali kuat menahan beban yang sudah ditambahkan. Hal ini dibuktikan dengan nilai momen lentur kolom pada saat beban berlebih sebesar 366,749 kNm dan setelah diberi perkuatan berubah menjadi 471,379 kNm lebih kecil dari 1.088,652 kNm. Pada elemen balok momen lentur setelah diberikan beban berlebih 94,956 kNm kurang dari 163,782 kNm sehingga tidak diperlukan perkuatan pada balok. Kondisi Performance Point, struktur berada pada level B sampai dengan Immediate Occupancy (IO) yaitu kondisi dimana ketika terjadi gempa, tidak ada kerusakan struktural maupun non-struktural yang berarti pada struktur.

Kata kunci: perkuatan, pelat baja, pushover

ABSTRACT

Along with the economic growth in Indonesia a lot of buildings are converted so that the planned load at the beginning of the construction is no longer in accordance with the load on the building that has been changed its function. In this study, the structural elements that are weakened are given a reinforcement by providing a 10 mm thick steel plate on the outer side of the structural elements. From the results of the study, the structures that have experienced weakness due to changes in the function of the back building strongly withstand the load that has been added. This is evidenced by the bending moment value of the column at the time of excess load of 366.749 kNm and after being given a reinforcement change to 471.379 kNm less than 1,088.652 kNm. In the beam element of the bending moment after being overloaded 94,956 kNm less than 163.782 kNm so no reinforcement is required on the beam. Performance Point condition, structure is at level B up to Immediate Occupancy (IO) that is condition where when happened earthquake, there is no structural damage or non structural meaning on structure.

Keywords: reinforcement, steel plate, pushover

1. PENDAHULUAN

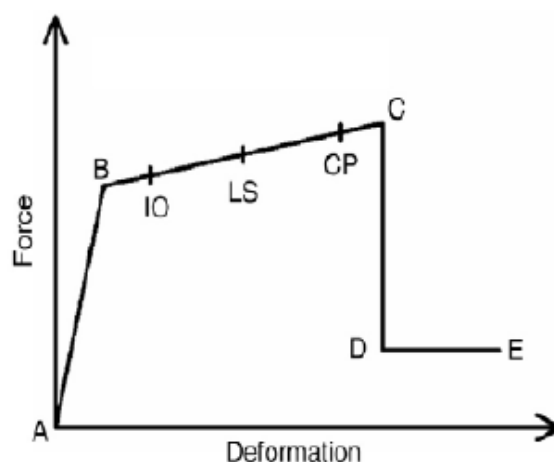
Seiring dengan pertumbuhan ekonomi di Indonesia banyak sekali bangunan yang dialihfungsikan sehingga beban yang direncanakan pada awal pembangunan tidak sesuai lagi dengan beban pada bangunan yang sudah diubah fungsinya. Dengan adanya perubahan fungsi pada bangunan, maka diperlukan analisis untuk mengetahui kemampuan struktur gedung dalam menahan beban-beban.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan kajian mengenai evaluasi kinerja dan perkuatan struktur gedung akibat perubahan fungsi bangunan. Hasil kajian akan menunjukkan kemampuan struktur dan dapat menentukan solusi perkuatan struktur yang diperlukan sehingga menjamin keamanan bagi pengguna bangunan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Daktilitas adalah kemampuan struktur atau komponennya untuk melakukan deformasi inelastis besar secara bolak-balik dan berulang yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan. Faktor daktilitas struktur μ gedung didefinisikan sebagai rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadi pelelehan pertama.

Performance levels (tingkat kinerja) adalah serangkaian level kinerja struktur atap akibat tiap-tiap tingkatan *hazard levels* yang membatasi kondisi struktur berdasarkan kerusakan fisik struktur, keselamatan jiwa didalamnya, kemampuan layan pasca gempa, tingkat kinerja bangunan meliputi elemen struktural dan non struktural.



Gambar 1. Kurva deformasi terhadap gaya pada sendi plastis

Pada **Gambar 1** diilustrasikan tahap-tahap kriteria hubungan deformasi terhadap gaya pada sendi plastis melalui *pushover analysis*. Elemen berada pada kondisi plastis hingga leleh pertama pada titik *B*, kemudian mengalami *strain hardening* sampai titik *C*, selanjutnya pada fase *DE* elemen struktur mengalami penurunan kekuatan dan hanya sanggup menahan beban gravitasi hingga runtuh total pada titik *E*. Secara garis besar terdapat kriteria dalam *Performance Level*, sebagai berikut:

Perkuatan Elemen Struktur Akibat Perubahan Fungsi Bangunan

1. *Operational*,

merupakan suatu tahap dimana dapat diindikasikan tidak ada kerusakan struktural maupun non-struktural yang berarti pada struktur, struktur masih dapat berfungsi dengan baik.

2. *Immediate Occupancy (IO)*,

merupakan suatu tahap dimana dapat diindikasikan tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, kekuatan dan kekakuan struktur kira-kira sama dengan kondisi sebelum terjadi beban gempa. Komponen non-struktural masih berada pada tempatnya dan sebagian besar masih berfungsi jika utilitasnya tersedia. Bangunan tetap dapat berfungsi tanpa terganggu masalah perbaikan.

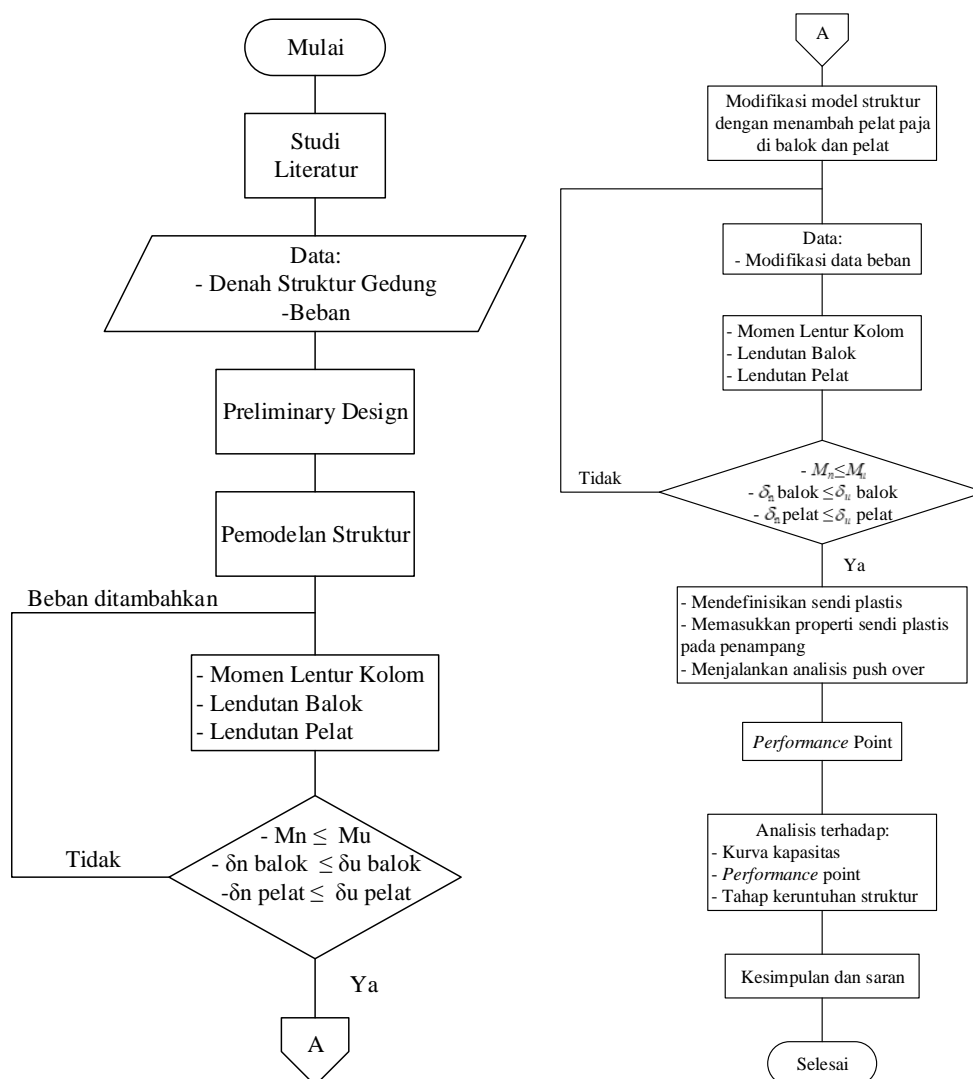
3. *Life Safety (LS)*,

merupakan suatu tahap dimana dapat diindikasikan telah terjadi kerusakan pada elemen struktural tetapi masih bersifat daktail. Komponen non-struktural masih ada tetapi sudah tidak berfungsi, bangunan masih dapat digunakan setelah dilakukan perbaikan.

4. *Collapse Prevention (CP)*,

merupakan suatu tahap dimana dapat diindikasikan telah terjadi kerusakan pada elemen struktural dan non-struktural, bangunan hampir runtuh dan sudah tidak dapat dipakai.

Garis besar langkah-langkah tugas akhir disajikan dalam **Gambar 2** berikut:



Gambar 2. Bagan alir tugas akhir

3. DESAIN DAN PEMODELAN

Model yang dibuat adalah struktur beton bertulang. Pada saat pembebanan, beban yang diberikan merupakan beban yang sesuai dengan fungsi awal setelah itu diberikan tambahan beban hidup sesuai dengan fungsi bangunan yang kedua. Adapun data-data struktur bangunan yang dikaji adalah sebagai berikut:

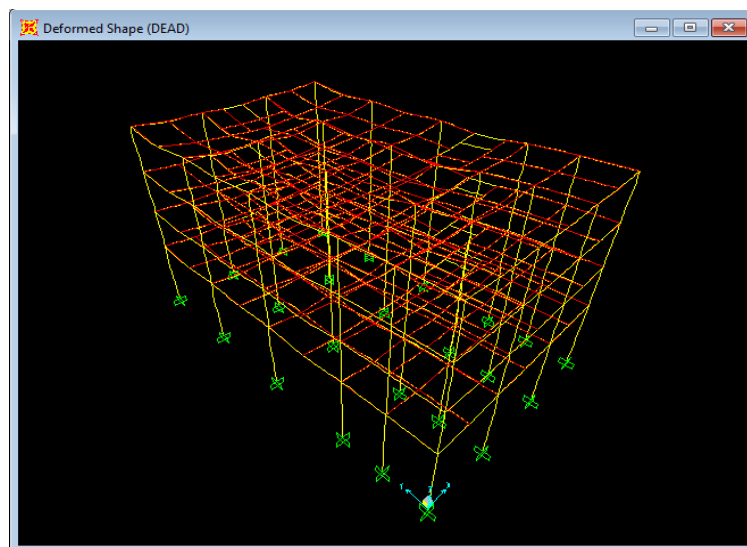
1. Bangunan gedung 4 lantai.
2. Fungsi bangunan awal untuk penginapan.
3. Fungsi bangunan kedua untuk gudang.

Tahap pembebanan yang diberikan pada struktur sebanyak 3 fase:

1. Fase ke-1 yaitu beban rencana, pada bagan alir fase ini berada pada tahap *preliminary design* sampai dengan sebelum pemeriksaan kapasitas penampang.
2. Fase ke-2 yaitu beban berlebih, model struktur diberikan tambahan beban sampai struktur mengalami pelemahan.
3. Fase ke-3 yaitu dengan beban berlebih tetapi elemen struktur sudah diberikan perkuatan dengan pelat baja yang mengalami pelemahan. Pemeriksaan kelayakan struktur diakhiri dengan pembebanan *pushover* untuk mengetahui kinerja stuktur dan daktilitas struktur.

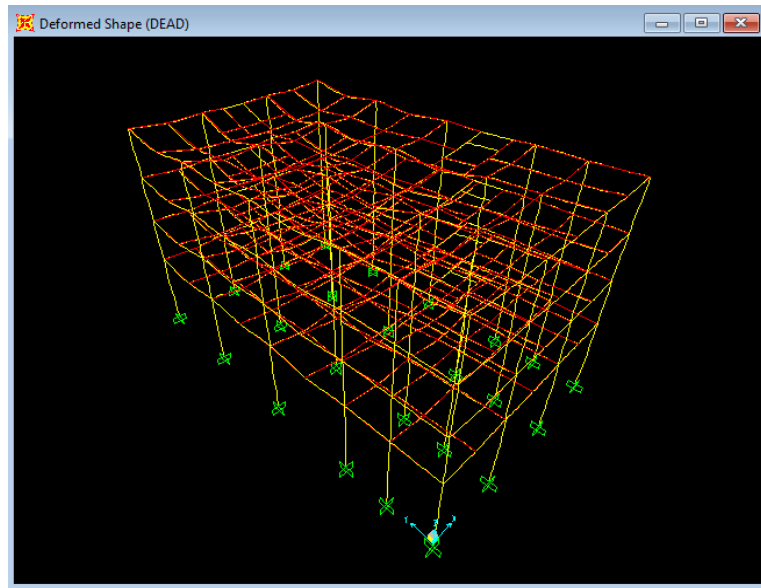
3.1 Hasil Desain

Struktur bangunan setelah diberikan beban seperti pada **Gambar 3 s.d. Gambar 5** berikut:

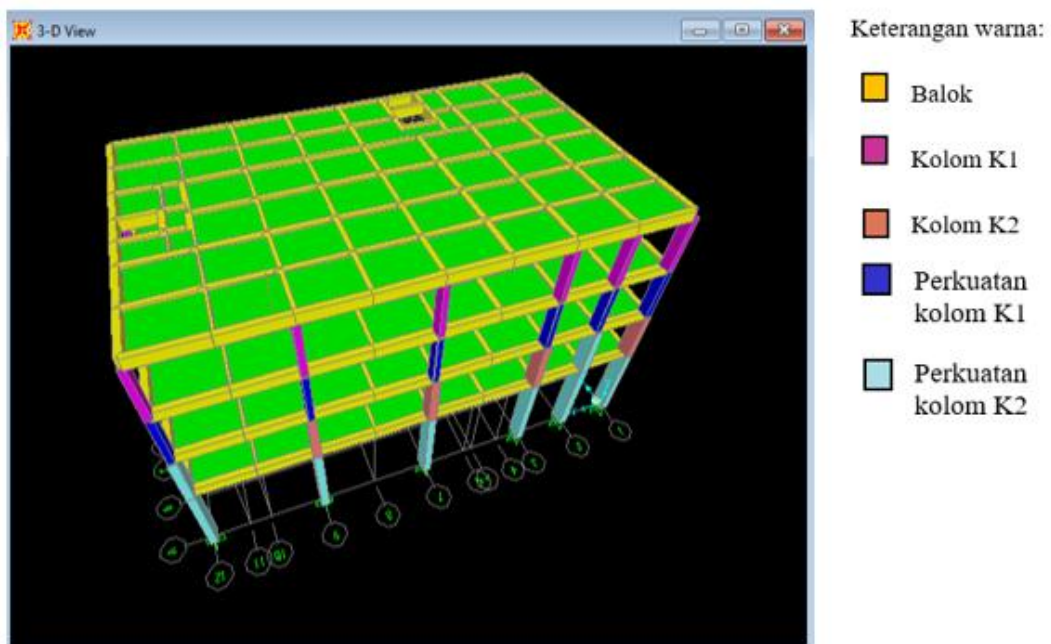


Gambar 3. Tampilan *Deformed Shape* sebelum diberikan beban tambahan

Perkuatan Elemen Struktur Akibat Perubahan Fungsi Bangunan



Gambar 4. Tampilan *Deformed Shape* setelah diberikan beban tambahan



Gambar 5. Tampilan *Deformed Shape* setelah diberikan beban tambahan dan perkuatan

4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Momen Lentur

Pada **Tabel 1 sampai Tabel 6** berikut menunjukkan momen lentur pada struktur:

Tabel 1. Momen Lentur pada Balok

	M_n (kNm)	M_u (kNm)
Beban rencana	163,782	94,956
Beban berlebih	163,782	154,557

Tabel 2. Resume Momen dan Gaya Aksial pada Kolom Ujung

	P_u (kN)	ϕP_n (kN)	M_{u_x} (kNm)	ϕM_{n_x} (kNm)	M_{u_y} (kNm)	ϕM_{n_y} (kNm)	Δ (mm)
Beban rencana	298,284	678,976	270,436	923,649	226,901	882,768	17,1
Beban berlebih	756,886	678,976	366,749	923,649	464,229	882,768	22,93
Perkuatan	783,406	901,632	471,379	1088,652	496,285	903,346	19,67

Tabel 3. Resume Momen dan Gaya Aksial pada Kolom Tengah

	P_u (kN)	ϕP_n (kN)	M_{u_x} (kNm)	ϕM_{n_x} (kNm)	M_{u_y} (kNm)	ϕM_{n_y} (kNm)	Δ (mm)
Beban rencana	298,284	678,976	264,861	923,649	320,608	882,768	16,54
Beban berlebih	657,454	678,976	353,335	923,649	560,604	882,768	22,07
Perkuatan	712,787	901,632	468,235	1088,652	659,642	903,346	18,85

Tabel 4. Resume Momen dan Gaya Aksial pada Kolom Tepi Arah X

	P_u (kN)	ϕP_n (kN)	M_{u_x} (kNm)	ϕM_{n_x} (kNm)	M_{u_y} (kNm)	ϕM_{n_y} (kNm)	Δ (mm)
Beban rencana	471,970	678,976	266,810	923,649	260,663	882,768	16,55
Beban berlebih	887,668	678,976	355,563	923,649	521,416	882,768	22,02
Perkuatan	743,298	901,632	455,827	1088,652	542,304	903,346	18,86

Tabel 5. Resume Momen dan Gaya Aksial pada Kolom Tepi Arah Y

	P_u (kN)	ϕP_n (kN)	M_{u_x} (kNm)	ϕM_{n_x} (kNm)	M_{u_y} (kNm)	ϕM_{n_y} (kNm)	Δ (mm)
Beban rencana	550,73	678,976	272,587	923,649	298,928	882,768	17,18
Beban berlebih	1.184,39	678,976	365,995	923,649	525,218	882,768	23,09
Perkuatan	594,490	901,632	483,057	1088,652	600,732	903,346	19,66

Tabel 6. Resume Momen pada Pelat Lantai

	ϕM_n (kNm)	M_u (kNm)
Beban rencana	12,451	7,389
Beban berlebih	12,451	10,069
Perkuatan	12,451	11,142

Pada **Tabel 1** dan **Tabel 6** menunjukkan momen lentur elemen balok dan pelat lantai mulai dari momen lentur dengan beban rencana dan momen lentur beban berlebih. Pada elemen balok dan pelat lantai tidak diberikan perkuatan karena setelah diberikan beban tambahan dan dilakukan analisis hasilnya elemen balok dan pelat lantai masih mampu menahan beban ($M_n > M_u$).

Tabel 2 menunjukkan momen lentur dan gaya aksial pada kolom lantai 1 di sudut pertemuan arah X dan arah Y pada nomor *frame* 973 dan pada as A1. **Tabel 3** menunjukkan momen lentur dan gaya aksial pada kolom lantai 1 di tengah struktur bangunan pada nomor *frame* 1013 dan pada as G7. **Tabel 4** menunjukkan momen lentur dan gaya aksial pada kolom lantai 1 di tepi tengah bentang struktur arah X pada nomor *frame* 981 dan pada as G1. **Tabel 5** menunjukkan momen lentur dan gaya aksial pada kolom lantai 1 di tepi tengah bentang struktur arah Y pada nomor *frame* 1005 dan pada as A7.

Pada **Tabel 2 sampai Tabel 5** menunjukkan bahwa ketika struktur diberi beban tambahan, elemen kolom tidak dapat menahan beban tersebut ($M_n < M_u$) maka diperlukan perkuatan. Setelah diberikan perkuatan dan dianalisis kembali hasilnya ternyata kolom dapat menahan beban yang ditambahkan. Deformasi struktur pada saat beban berlebih lebih besar dari pada saat beban rencana karena beban yang ditambahkan pada struktur mengakibatkan geser. Setelah diberikan perkuatan deformasi struktur menjadi kecil kembali karena struktur kembali kuat menahan beban dan struktur kembali kaku. Deformasi pada struktur tersebut masih dikategorikan aman karena deformasi izin sebesar 60 mm.

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data eksisting struktur suatu gedung penginapan di Kota Bandung. Setelah dilakukan analisis, balok tetap kuat menahan beban berlebih akan tetapi kolom tidak kuat. Hal tersebut bertolak belakang dengan konsep desain yaitu *strong column weak beam*, hal ini mungkin terjadi dikarenakan pada saat *preliminary design* kurang memperhatikan konsep-konsep desain.

4.2 Kuat Geser

Pada **Tabel 7** dan **Tabel 8** berikut menunjukkan nilai kuat geser pada struktur:

Tabel 7. Gaya Geser pada Kolom

	ϕV_n (kN)	V_u (kN)
Beban rencana	64,651	52,682
Beban berlebih	64,651	62,986
Perkuatan	69,873	58,134

Tabel 8. Gaya Geser pada Balok

	ϕV_n (kN)	V_u (kN)
Beban rencana	95,543	81,463
Beban berlebih	95,543	93,123
Perkuatan	98,854	89,187

Pada **Tabel 5** dan **Tabel 6** menunjukkan bahwa gaya geser struktur masih pada batas aman ($V_n > V_u$) sehingga tidak perlu melakukan perbaikan untuk gaya geser tersebut. Gaya geser pada struktur mengalami peningkatan dikarenakan penambahan beban berlebih tetapi masih di batas aman kemampuan struktur tersebut menahan geser. Setelah diberikan perkuatan geser pada struktur menjadi lebih kecil dibanding sebelum diberikan perkuatan setelah beban berlebih yang berarti perkuatan yang diberikan mampu mengurangi geser yang ada di struktur.

4.3 Keruntuhan Struktur

Analisa *pushover* adalah analisa statik nonlinear untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan atau struktur. Analisa dilakukan dengan memberikan suatu pola beban lateral statik pada struktur, yang kemudian secara ditingkatkan dengan faktor pengali sampai satu target perpindahan tercapai. Analisa *pushover* ini menghasilkan kurva *pushover*/kapasitas yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dan perpindahan pada atap.

Riwayat keruntuhan struktur berdasarkan distribusi sendi plastis untuk struktur pada arah *X* dan arah *Y* ditampilkan pada **Tabel 9** dan **Tabel 10**.

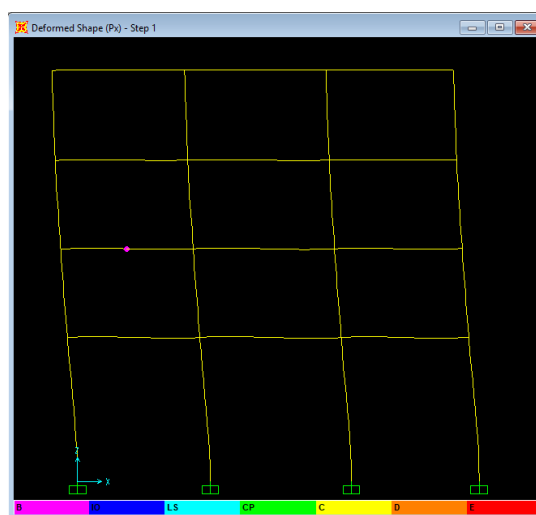
Tabel 9. Distribusi Sendi Plastis Struktur Arah X

Step	Disp. [mm]	BaseForce [KN]	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	> E	Total
0	0	0	1.160	0	0	0	0	0	0	0	1.160
1	-7,425	1.840,54	1.150	10	0	0	0	0	0	0	1.160
2	-19,345	4.730,23	1.133	27	0	0	0	0	0	0	1.160

Tabel 10. Distribusi Sendi Plastis Struktur Arah Y

Step	Disp. [mm]	BaseForce [kN]	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	>E	Total
0	0	0	1.160	0	0	0	0	0	0	0	1.160
1	-3,116	334,62	1.154	6	0	0	0	0	0	0	1.160
2	-43,061	4.237,32	1.072	88	0	0	0	0	0	0	1.160

Berdasarkan dari hasil analisis tidak terdapat sendi plastis yang berada di fase *IO*, *LS* maupun *CP* jadi struktur masih bekerja dengan baik.

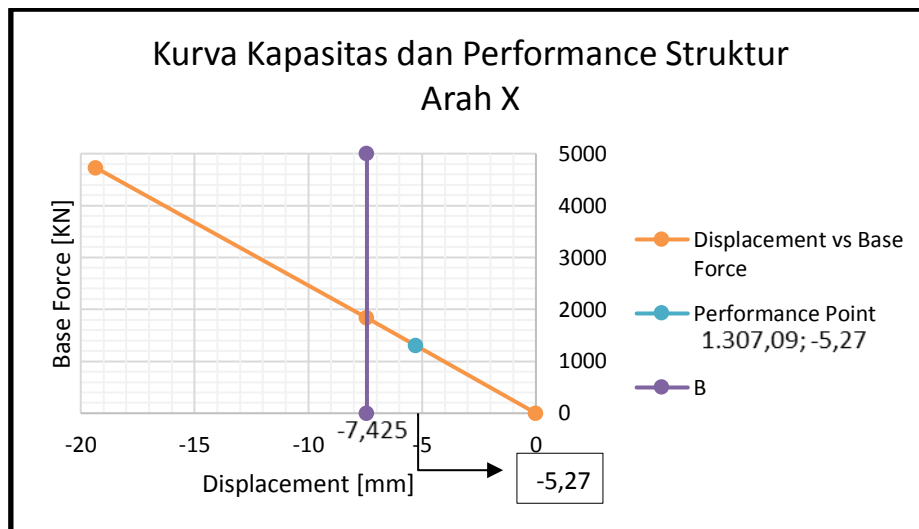


Gambar 6. Sendi plastis terjadi di balok

Gambar 6 menunjukkan bahwa sendi plastis terjadi di daerah ujung balok terlebih dahulu. Warna sendi plastis tersebut adalah ungu, menunjukkan bahwa taraf kerusakan struktur masih berada pada level *B to IO*, dengan demikian elemen struktur dan non struktur masih elastis dan berfungsi dengan baik.

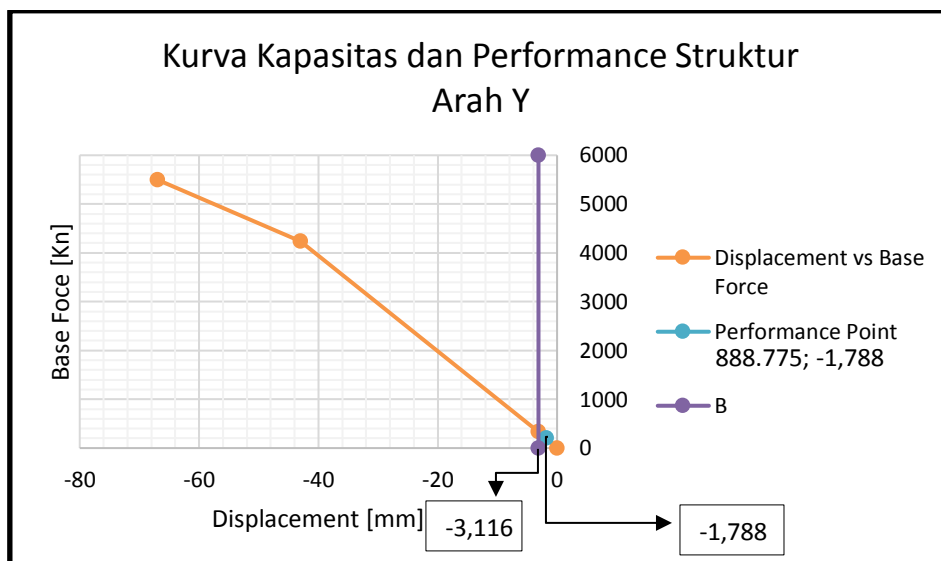
4.5 Kinerja Struktur

Hubungan antara kurva kapasitas dengan *performance point* struktur ditunjukkan oleh **Gambar 7** dan **Gambar 8**.



Gambar 7. Kurva kapasitas & kinerja struktur arah X

$$\text{Daktilitas struktur arah } X = \frac{-7,425}{-5,273} = 1,408$$



Gambar 8. Kurva kapasitas & kinerja struktur arah Y

$$\text{Daktilitas struktur arah } Y = \frac{-3,116}{-1,788} = 1,752$$

Dari **Gambar 7** dan **Gambar 8** diatas didapatkan bahwa kinerja struktur pada saat kondisi *Performance Point*, struktur berada pada level yang sama yaitu B sampai dengan *Immediate Occupancy* (IO) yaitu kondisi dimana ketika terjadi gempa, tidak ada kerusakan struktural maupun non-struktural yang berarti pada struktur.

5. KESIMPULAN

1. Elemen struktur balok dan pelat lantai masih mampu menahan beban tambahan sehingga tidak perlu dilakukan perkuatan.
2. Setelah ditambahkan beban berlebih, balok masih mampu menahan beban sedangkan kolom tidak kuat menahan beban. Hal ini tidak sesuai dengan konsep desain *strong column weak beam* sehingga harus diperhatikan kembali pada saat *preliminary design*.
3. Struktur mulai mengalami kerusakan setelah ditambahkan beban 62,5% dari beban semula.
4. Elemen struktur kolom tidak dapat menahan beban tambahan maka diperlukan perkuatan agar kolom dapat menahan beban berlebih tersebut.
5. Setelah kolom diberi perkuatan berupa pelat baja setebal 10 mm kinerja struktur menjadi kuat kembali.
6. Struktur bangunan tersebut aman terhadap geser.
7. Setelah dilakukan pemeriksaan dengan *pushover*, struktur bangunan yang sudah diberikan perkuatan masih mampu menahan beban gempa untuk wilayah tanah sedang yang ada di Kota Bandung.

6. SARAN

1. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa balok masih kuat menahan beban berlebih, tetapi kolom mengalami perlemahan. Hal ini tidak mengikuti konsep desain yang benar, yaitu kolom kuat balok lemah. Pada saat *preliminary design* sebaiknya dilakukan pemeriksaan apakah konsep daktilitas sudah terpenuhi.

DAFTAR RUJUKAN

- ATC-40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building Volume 1 Report SSC 96-01*. California: Applied Technology Council.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *SNI 1726-2002 tentang Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI1726-2012 tentang Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.