

**STUDY OF EARTHQUAKE RESISTANT BUILDING STRUCTURES WITH
PERFORMANCE BASED ON THE PROJECT CONSTRUCTION OF IA KPMKT
BUILDING , EAST BORNEO**

SAMARINDA

By:

Ari Supriatna ¹⁾

Purwanto, ST., MT ²⁾

ABSTRACT

Key words: pushover (performance and base displacements)

Performance level structure is a structure against the earthquake disaster. The level of performance of the structure can be known by looking at the extent of the damage on the structure when exposed to earthquake plans with a particular anniversary period, by the arena that the performance level of the structure will always relate to the cost of repair against a building such.

In the design of performance-based structure, usually a performance structure designed in accordance with the purpose and usefulness of a building, with consideration of the economical factors towards the repair of the building during the earthquake occurred without regard to safety against users of the building.

At this t this writing, earthquake resistant building planned by using the *DDBD* method. This method is a performance-based method used to overcome weaknesses in the design or style-based methods with *Force Based Design*. The result of this performance-based planning: is achievement of performance point Life Safety that comply with the terms and rules in the *ATC-40* retrieved results structure performance levels with the required parameters.

**KAJIAN STRUKTUR GEDUNG TAHAN GEMPA DENGAN BERBASIS
KINERJA PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG IA KPMKT
KALIMANTAN TIMUR
KOTA SAMARINDA**

Oleh :

Ari Supriatna ¹⁾

Purwanto, ST., MT ²⁾

INTISARI

Kata kunci: pushover (basis kinerja dan displacements)

Kinerja struktur adalah tingkatan performa suatu struktur terhadap bencana gempa. Tingkatan performa struktur dapat diketahui dengan melihat tingkat kerusakan pada struktur saat terkena gempa rencana dengan periode ulang tertentu, oleh karena itu tingkat kinerja struktur akan selalu berhubungan dengan biaya perbaikan terhadap bangunan tersebut. Dalam desain struktur berbasis kinerja, biasanya kinerja struktur didesain sesuai dengan tujuan dan kegunaan suatu bangunan, dengan pertimbangan faktor ekonomis terhadap perbaikan bangunan saat gempa terjadi gempa tanpa memperhatikan keselamatan terhadap pengguna bangunan.

Pada penulisan ini, gedung tahan gempa ini direncanakan dengan menggunakan metode *DDBD*. Metode ini merupakan metoda berbasis kinerja yang digunakan untuk mengatasi kelemahan-kelemahan dalam desain dengan metoda berbasis gaya atau *Force Based Design*.

Hasil dari perencanaan berbasis kinerja ini : adalah pencapaian *performance point Life Safety* yang sesuai dengan syarat dan aturan didalam *ATC-40* diperoleh hasil tingkat kinerja struktur dengan parameter yang disyaratkan.

I. PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Indonesia merupakan daerah rawan terjadinya gempa, karena daerah Indonesia dilewati oleh lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia sehingga bencana gempa dapat terjadi kapan saja, maka dari itu bangunan gedung dan non gedung di seluruh Indonesia harus didesain mampu menahan gaya gempa yang besar. Desain gempa yang umum digunakan dalam desain bangunan tahan gempa adalah desain berbasis gaya atau *force based design*. Konsep ini menggunakan gaya sebagai pendekatannya. Di Indonesia desain berbasis gaya ini didesain sesuai dengan peraturan desain gempa yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 1726:2012. Dalam desain struktur bangunan tahan gempa, ada tiga konsep desain yaitu:

1. Metode desain layan, diutamakan kemampuan layan, kontrol pada tegangan yang terjadi.
2. Metode desain Ultimit (desain berbasis gaya/*forced based design*), diutamakan kekuatan, kontrol pada regangan.
3. Metode desain berbasis kinerja (*perfomance based design*), diutamakan keamanan, kontrol pada deformasi dan kinerja yang lain harus memenuhi persyaratan.
4. Desain berbasis kinerja ini menekankan pada kinerja struktur selama terjadinya respon gempa, dan dalam penelitian ini untuk tingkat kinerja strukturnya memakai peraturan ATC-40. Untuk desain gaya geser dasarnya memakai metoda *Direct Displacement Based Design (DDBD)* Priestley *et.al.* 2007. Sedangkan untuk idealisasi desain berdasarkan peraturan SNI 1726:2012, dan dianalisa dengan analisis pushover.

B. Rumusan Masalah

Dalam Penelitian ini menganalisa perencanaan struktur gedung perkantoran 12 lantai yang terletak di di Jl. MT. Haryono, Samarinda. dengan rumusan masalah:

1. Bagaimana hasil output pushover dari penggunaan software Etabs dalam mendesain struktur tahan gempa berbasis kinerja ini ?
2. Apakah struktur gedung yang didesain dengan berbasis kinerja ini telah mencapai taraf kinerja bila beban gempa rencana terjadi ?

C. Maksud dan Tujuan

Maksud :

1. Bagaimana cara mendesain struktur tahan gempa dengan berbasis kinerja?
2. Bagaimana pola keruntuhan bangunan atau tingkat kerusakan yang diperoleh dalam mendesain dengan berbasis kinerja?

Tujuan :

1. Untuk menentukan tingkat kinerja struktur yang diharapkan dari bangunan.
2. Untuk mengetahui transisi dari tingkatan plastisifikasi sendi plastis elemen yang didapatkan dari hasil setiap pola beban dorong yang dihasilkan dari ETABS .

D. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Struktur gedung terdiri dari 12 lantai dan berfungsi sebagai gedung perkantoran dan berada pada wilayah gempa 2.
- b. Struktur gedung merupakan gedung beton bertulang.
- c. Struktur rangka yang dipakai struktur rangka pemikul momen menengah dengan mengacu kepada SNI 1726:2012.
- d. Struktur akan dimodelkan dengan ETABS.
- e. Pembebanan gempa sesuai dengan SNI 1726:2012.
- f. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung berdasarkan SNI 2847:2013.
- g. Analisa perencanaan ketahanan gempa sesuai dengan SNI 1726:2012

- h. Respon gempa pada desain berbasis kinerja ini digunakan respon gempa yang dihitung sesuai SNI 1726:2012 ,Pasal 6.10.3.
- i. Level kinerja dibuat *Life Safety Level* (0,02 ATC-40)
- j. Kriteria kinerja struktur menggunakan peraturan ATC-40, Untuk menghitung gaya geser dasar memakai metoda *DDBD*
- k. Perilaku struktur dianalisis dengan menggunakan *pushover analysis* dengan bantuan program *ETABS v9.7.2*

II. LANDASAN TEORI

A. Kinerja Struktur

Kinerja struktur adalah tingkatan performa suatu struktur terhadap bencana gempa. Tingkatan performa struktur dapat diketahui dengan melihat tingkat kerusakan pada struktur saat terkena gempa rencana dengan periode ulang tertentu, oleh karena itu tingkat kinerja struktur akan selalu berhubungan dengan biaya perbaikan terhadap bangunan tersebut. Dalam desain struktur berbasis kinerja, biasanya kinerja struktur didesain sesuai dengan tujuan dan kegunaan suatu bangunan, dengan pertimbangan faktor ekonomis terhadap perbaikan bangunan saat gempa terjadi gempa tanpa memperhatikan keselamatan terhadap pengguna bangunan.

B. Kinerja Struktur Metoda ATC-40

Respon bangunan terhadap gerakan tanah akibat gempa menyebabkan perpindahan lateral dan deformasi pada setiap elemen struktur. Pada level respon rendah, deformasi elemen akan dalam rentang elastis (*linier*) dan tidak akan ada kerusakan yang timbul. Pada level respon tinggi, deformasi elemen akan melebihi kapasitas linier elastis dan bangunan akan mengalami kerusakan. Untuk memberikan kinerja seismik yang andal, bangunan harus memiliki sistem penahan gaya lateral yang lengkap, yang mampu membatasi perpindahan lateral akibat gempa pada level kerusakan yang berkelanjutan dan untuk tujuan kerja yang diinginkan. Faktor-faktor dasar yang mempengaruhi kemampuan sistem penahan gempa lateral untuk melakukan hal tersebut meliputi massa bangunan, kekuatan,

redaman, dan konfigurasi : kapasitas deformasi pada elemen, kekuatan dan karakter, gerakan tanah. (*ATC-40, 1996*).

III. CARA PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Objek Penelitian

Dalam pengerjaan Penelitian ini, yang digunakan sebagai objek kajian yang dibahas adalah berupa struktur portal beton bertulang pada Bangunan Gedung Perkantoran, Jl. Jl. MT. Haryono, Kota Samarinda. Perhitungan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur portal berlantai 12 digunakan analisis portal 3 dimensi dengan menggunakan *ETABS*.

B. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian merupakan dimana tempat penelitian dilakukan. Dalam hal ini penelitian dilakukan di Kota Samarinda, tepat di Jl. MT. Haryono



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

C. Data Penelitian

Untuk mempermudah dalam penelitian ini, maka dibutuhkan data-data sebagai bahan acuan. Data yang dikumpulkan dapat diklarifikasi menurut dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer
 - a. Data dokumentasi lapangan
 - b. Data tanah
2. Data Sekunder
 - a. Gambar struktur bangunan
 - b. Buku – buku referensi

- c. Jurnal penelitian

D. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data didapat dengan cara pengambilan data melalui:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari lokasi penelitian. Data primer dapat dipergunakan sebagai dasar penelitian ini.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang berasal dari peraturan - peraturan atau ketentuan - ketentuan yang berlaku, grafik - grafik dan tabel - tabel yang diperlukan dalam penelitian ini.

E. Metode Analisa Data

1.Preliminary Design

- Penentuan dimensi balok (SNI 2847-2013, Pasal 10.10.2)
- Penentuan dimensi kolom (SNI 2847-2013, Pasal 12.12.2) dan (SNI 2847-2013, Pasal 12.13.3)

2.Perhitungan Pembebanan

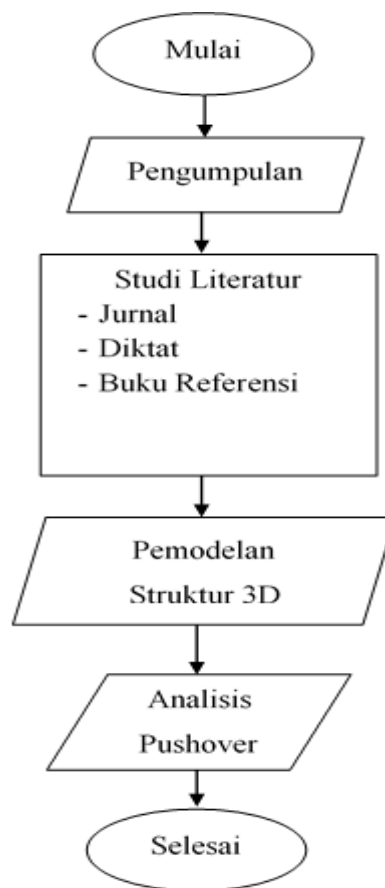
1. Desain pembebanan diambil sesuai dengan SNI 1727:2013
2. Pedoman Pembebanan Minimum untuk Perancangan Bangunan Rumah dan Gedung
3. *ASCE 7-10* Minimum Design Load for Building and Other Structure untuk beban mati dan hidup.
4. Untuk beban gempa desain diambil sesuai dengan SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung dengan wilayah gempa Samarinda.
5. Perhitungan berat bangunan.
6. Desain gaya geser dasar dengan *DDBD* pada sistem rangka.
7. Permodelan Struktur dengan software *ETABS*
8. Run 1, menentukan proporsi gaya geser dasar pada frame
9. Run 2, menghitung gaya dalam pada elemen struktur

10. Run 2, menghitung gaya dalam pada elemen struktur
11. Run 3, analisa pushover
12. Evaluasi kinerja struktur

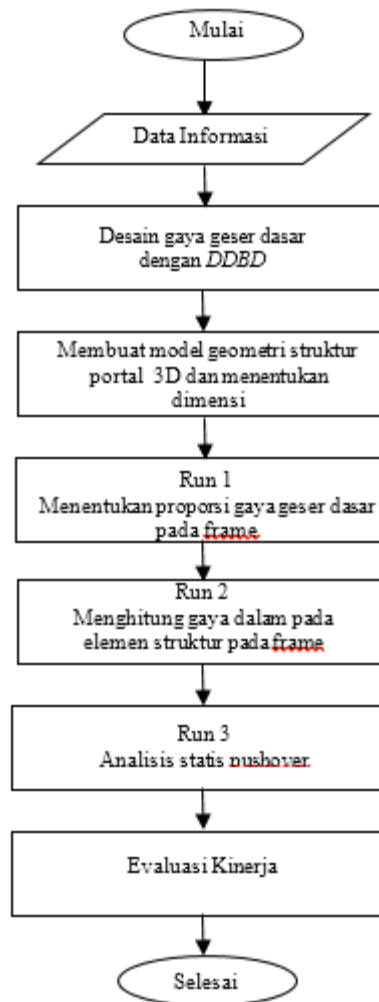
F. Rancangan Penelitian

1. Bagan Alur Penelitian

Adapun bagan alur penelitian dapat dilihat pada diagram dibawah ini:



Gambar Bagan alur penelitian



Gambar Bagan alur analisa data penelitian

Ouput Base Shear Dinding dan Frame

Story	Point	Load	FX			FY	FZ	MX	MY	MZ
BASE	1	RSPX	24,37			1,05	316,56	2,253	83,632	0,227
BASE	2	RSPX	34,47			0,54	63,24	1,345	96,64	0,227
BASE	3	RSPX	24,83			0,42	469,94	1,105	84,226	0,227
BASE	4	RSPX	24,88			1,02	500,44	2,727	84,109	0,227
BASE	5	RSPX	34,07			1,27	43,96	2,557	95,936	0,227
BASE	6	RSPX	33,87			1,01	102,29	1,863	95,677	0,227
BASE	7	RSPX	24,85			0,61	481,4	1,358	84,06	0,227
BASE	8	RSPX	29,23			0,91	206,91	1,705	89,571	0,227
BASE	9	RSPX	24,57			0,67	508,43	1,408	83,564	0,227
BASE	10	RSPX	30,24			9,57	418,26	12,481	90,746	0,227
BASE	11	RSPX	23,62			9,33	772,94	11,836	82,267	0,249
BASE	12	RSPX	24,28			5,63	664,46	7,427	83,131	0,227
BASE	13	RSPX	34,54	367,82		5,19	163,57	7,017	96,334	0,227
BASE	15	RSPX	100,6			0,06	448,96	0,234	6,879	0,122
BASE	16	RSPX	103,73		204,33	0,07	458,56	0,677	7,057	0,346
BASE	17	RSPX	24,81			4,25	612,94	6,211	83,357	0,227
BASE	18	RSPX	36,1			3,06	77,75	4,232	97,895	0,227
BASE	19	RSPX	35,95			3,56	95,18	4,615	97,702	0,227
BASE	20	RSPX	24,77			4,71	624,66	6,404	83,299	0,227
BASE	21	RSPX	24,88			1,48	500,64	3,299	83,203	0,227
BASE	22	RSPX	34,72			1,03	27,44	2,33	95,869	0,227
BASE	23	RSPX	34,7			0,68	29,08	1,521	95,848	0,227
BASE	24	RSPX	24,88			0,81	501,54	1,596	83,195	0,227
BASE	25	RSPX	24,21			4,1	585,19	5,683	82,215	0,227
BASE	26	RSPX	35,09			3,05	76,8	4,393	96,226	0,227
BASE	27	RSPX	34,95			3,61	92,58	4,92	96,043	0,227
BASE	28	RSPX	24,17	359,23		4,35	595,55	5,403	82,162	0,227
BASE	29	RSPX	99,03			0,06	441,9	0,23	6,77	0,142
BASE	30	RSPX	102,15		201,18	0,06	451,55	0,65	6,947	0,367
BASE	31	RSPX	29,61			9,2	412,53	11,774	88,809	0,227
BASE	32	RSPX	23,12			9,72	751,91	12,885	80,504	0,256
BASE	33	RSPX	23,71			5,88	646,51	8,178	81,167	0,227
BASE	34	RSPX	33,73			5,04	161,9	6,689	94,075	0,227
BASE	36	RSPX	28,48			1,06	201,81	1,944	87,249	0,227
BASE	37	RSPX	23,93			0,74	494,45	1,509	81,39	0,227
BASE	38	RSPX	24,1			1,01	490,19	2,703	81,495	0,227
BASE	39	RSPX	33,03			1,19	42,41	2,431	92,995	0,227
BASE	40	RSPX	32,83			0,86	98,01	1,642	92,74	0,227
BASE	41	RSPX	24,09			0,68	469,42	1,449	81,485	0,227
BASE	42	RSPX	23,46			0,98	306,9	2,139	80,529	0,227
BASE	43	RSPX	33,19			0,53	58,26	1,326	93,055	0,227
BASE	44	RSPX	23,9	357,18		0,5	459,17	1,219	81,098	0,227
BASE	48	RSPX	122,8			0,11	556,28	0,356	7,875	0,132
BASE	49	RSPX	120,68			0,12	546,56	0,414	7,741	0,138
BASE	52	RSPX	121,92			0,17	546,29	0,828	7,87	0,381
BASE	53	RSPX	119,78			0,2	536,53	0,901	7,735	0,38
BASE	188	RSPX	78,89			0,15	605,99	0,505	11,05	0,435
BASE	192	RSPX	70,84			0,13	97,52	0,269	11,205	0,478
BASE	196	RSPX	67,26			0,13	414,68	0,364	10,198	0,35
BASE	248	RSPX	71,3			0,07	430,1	0,662	10,521	1,096
BASE	253	RSPX	74,57			0,09	79,66	0,127	11,507	1,42
BASE	258	RSPX	80,86			0,14	586,73	0,873	11,221	1,235
BASE	512	RSPX	77,58			0,17	595,09	0,584	10,867	0,486
BASE	516	RSPX	69,73			0,15	95,16	0,276	11,024	0,532
BASE	520	RSPX	66,24			0,14	408,49	0,342	10,035	0,388
BASE	542	RSPX	70,25			0,09	424,01	0,576	10,356	1,123
BASE	546	RSPX	73,41			0,12	77,2	0,15	11,322	1,46
BASE	550	RSPX	79,51		1365,62	0,18	575,77	1,006	11,034	1,275

	FRAME	1084,23	37,97174 %
	DINDING	1771,13	62,02826 %
		2855,36	

Overtuning Moment Relatif

Tingkat	T _{inggi} H _i (m)	Mass m _i (ton)	m _i · H _i (ton · m)	F _i (rel.)	VT _i (rel.)	M _{OTM,i} (rel.)	V _{F,i} frame	V _{w,i}	M _{w,i} wall
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
12	43,0	447,41	19238,75	0,100	0,100	0,000	0,3797	-0,279	0,000
11	39,5	713,32	28176,19	0,147	0,247	0,351	0,3797	-0,132	-0,978
10	36,0	713,32	25679,56	0,134	0,381	1,217	0,3797	0,002	-1,441
9	32,5	713,32	23182,94	0,121	0,502	2,552	0,3797	0,123	-1,435
8	29,0	713,32	20686,31	0,108	0,610	4,311	0,3797	0,231	-1,005
7	25,5	713,32	18189,69	0,095	0,705	6,447	0,3797	0,326	-0,198
6	22,0	713,32	15693,07	0,082	0,787	8,916	0,3797	0,407	0,942
5	18,5	713,32	13196,44	0,069	0,856	11,671	0,3797	0,476	2,368
4	15,0	713,32	10699,82	0,056	0,912	14,667	0,3797	0,532	4,035
3	11,5	713,32	8203,19	0,043	0,955	17,859	0,3797	0,575	5,898
2	8,0	713,32	5706,57	0,030	0,984	21,201	0,3797	0,605	7,910
1	4,5	660,30	2971,34	0,016	1,000	24,646	0,3797	0,620	10,027
0	0	0,00	0,00	0,000	1,000	28,146	0,3797	0,620	12,198
Jumlah		8240,92	191623,8801	1,00					

Nilai Δ y_i

Tingkat	T _{inggi} H _i (m)	Mass m _i (ton)	Δ D _i (m)	m _i · D _i	V _b (KN)	F _i (KN)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
12	43,0	447,41	0,761	340,679	13226,004	2572,821
11	39,5	713,32	0,695	496,075	13226,004	1820,490
10	36,0	713,32	0,629	448,997	13226,004	1647,723
9	32,5	713,32	0,563	401,918	13226,004	1474,956
8	29,0	713,32	0,497	354,840	13226,004	1302,189
7	25,5	713,32	0,431	307,762	13226,004	1129,422
6	22,0	713,32	0,366	260,739	13226,004	956,858
5	18,5	713,32	0,300	214,203	13226,004	786,079
4	15,0	713,32	0,237	168,740	13226,004	619,239
3	11,5	713,32	0,175	124,938	13226,004	458,495
2	8,0	713,32	0,117	83,384	13226,004	306,002
1	4,5	660,30	0,063	41,346	13226,004	151,733
0	0	0,00	0,000	0,000	13226,004	0,000
Jumlah		8240,92		3243,62		13226,004

Nilai Perpindahan Rencana arah x - x

Tingkat	Tinggi $H_{i(m)}$	Mass m_i (ton)	Δ_{yi} (m)	Δ_{Di} (m)	$m_i \cdot \Delta_i^2$	$m_i \cdot \Delta_i$ (rel.)	$m_i \cdot \Delta_i \cdot H_i$ frame
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
12	43,0	447,41	0,207	0,761	259,408	340,679	14649,2031
11	39,5	713,32	0,186	0,695	344,992	496,075	19594,9552
10	36,0	713,32	0,165	0,629	282,619	448,997	16163,8787
9	32,5	713,32	0,144	0,563	226,460	401,918	13062,3495
8	29,0	713,32	0,123	0,497	176,515	354,840	10290,3676
7	25,5	713,32	0,102	0,431	132,784	307,762	7847,9330
6	22,0	713,32	0,082	0,366	95,308	260,739	5736,2636
5	18,5	713,32	0,062	0,300	64,323	214,203	3962,7513
4	15,0	713,32	0,043	0,237	39,916	168,740	2531,0955
3	11,5	713,32	0,027	0,175	21,883	124,938	1436,7825
2	8,0	713,32	0,014	0,117	9,747	83,384	667,0724
1	4,5	660,30	0,005	0,063	2,589	41,346	186,0589
0	0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000
Jumlah		8240,92			1656,542	3243,62119	96128,7115

Perhitungan Profil Perpindahan Rencana Arah y – y

Tingkat	Tinggi $H_{i(m)}$	Mass m_i (ton)	δ_i	ω_θ	Δ_i (m)	$m_i \cdot \Delta_i$	$m_i \cdot \Delta_i^2$	$m_i \cdot \Delta_i \cdot H_i$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
12	43,0	447,41	1,000	1,000	0,662	296,334	196,271	12742,373
11	39,5	713,32	0,944	1,000	0,625	445,773	278,575	17608,014
10	36,0	713,32	0,883	1,000	0,585	417,005	243,780	15012,196
9	32,5	713,32	0,817	1,000	0,541	386,152	209,041	12549,928
8	29,0	713,32	0,748	1,000	0,495	353,211	174,897	10243,122
7	25,5	713,32	0,673	1,000	0,446	318,184	141,929	8113,688
6	22,0	713,32	0,595	1,000	0,394	281,070	110,750	6183,537
5	18,5	713,32	0,512	1,000	0,339	241,869	82,012	4474,579
4	15,0	713,32	0,425	1,000	0,281	200,582	56,402	3008,725
3	11,5	713,32	0,333	1,000	0,220	157,207	34,647	1807,886
2	8,0	713,32	0,237	1,000	0,157	111,747	17,506	893,972
1	4,5	660,30	0,136	1,000	0,090	59,427	5,348	267,421
0	0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah		8240,92				3268,560	1551,157	92905,441

Perhitungan Drift Leleh Pada Rangka , Arah y – y

L_b	H_b	M	(n)	θ_{yf}	$\Sigma M . \theta_y$	$\Sigma . M$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
5,4	0,6	1,00	3,000	0,00990	0,030	3,000
3,4	0,6	1,00	2,000	0,00623	0,012	2,000
3,95	0,6	1,00	2,000	0,00724	0,014	2,000
3,875	0,6	1,00	2,000	0,00710	0,014	2,000
2,4	0,6	1,00	1,000	0,00440	0,004	1,000
Jumlah					0,075	10,000

Distribusi Gaya Geser Tiap Lantai Arah y – y

Tingkat	T_{inggi} $H_i(m)$	Mass m_i (ton)	ΔD_i (m)	$m_i . D_i$	V_b (KN)	F_i (KN)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
12	43,0	447,41	0,662	296,334	15222,634	2764,367
11	39,5	713,32	0,625	445,773	15222,634	1868,483
10	36,0	713,32	0,585	417,005	15222,634	1747,904
9	32,5	713,32	0,541	386,152	15222,634	1618,578
8	29,0	713,32	0,495	353,211	15222,634	1480,506
7	25,5	713,32	0,446	318,184	15222,634	1333,687
6	22,0	713,32	0,394	281,070	15222,634	1178,121
5	18,5	713,32	0,339	241,869	15222,634	1013,809
4	15,0	713,32	0,281	200,582	15222,634	840,750
3	11,5	713,32	0,220	157,207	15222,634	658,945
2	8,0	713,32	0,157	111,747	15222,634	468,393
1	4,5	660,30	0,090	59,427	15222,634	249,091
0	0	0,00	0,000	0,000	15222,634	0,000
Jumlah		8240,923		3268,56		15222,634

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari kajian ini , maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menganalisa suatu bangunan dengan *ETABS* v.9.7.2 dengan memakai metoda *DDBD* untuk mencapai performance point *Life Safety* yang sesuai dengan syarat dan aturan didalam *ATC-40* diperoleh hasil tingkat kinerja struktur dengan parameter yang disyaratkan.

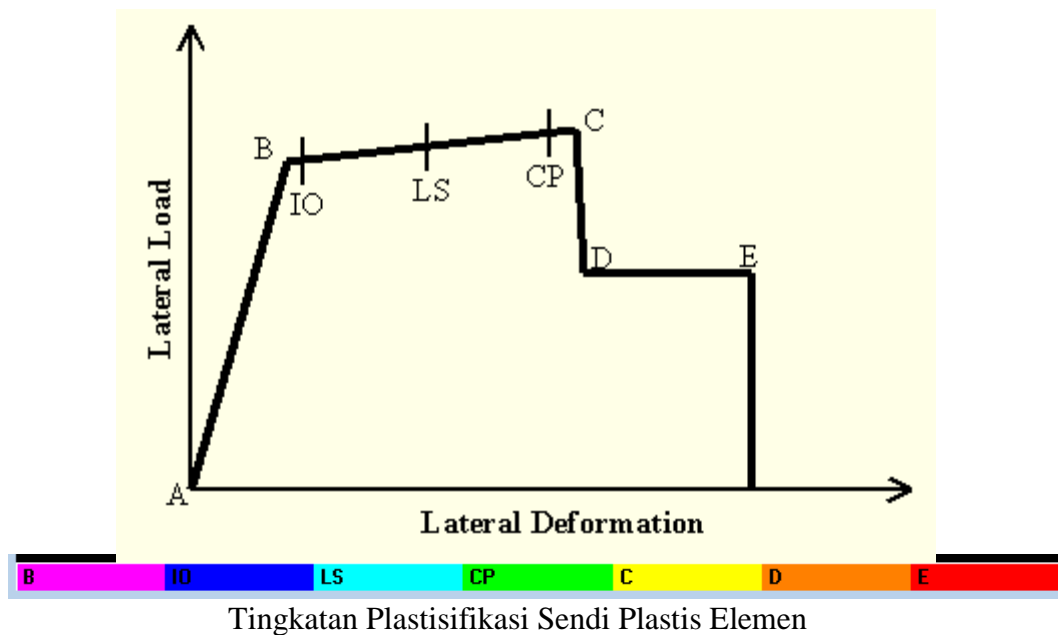
Batas Simpangan Antar Tingkat	Tingkat Kinerja Struktur			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
Simpangan Total	0,01	0,01-0,02	0,02	0,33 V/P_i
Maksimum Simpangan In elastis Maksimum	0,005	0,005-0,015	Tidak ada Batasan	Tidak ada Batasan

Nilai *drift* rata-rata tiap lantai :

$$\text{Arah x-x} = 0,158 / 43 = 0,004 \dots\dots\dots (\text{Immediate Ocupancy})$$

$$\text{Arah y-y} = 0,01 / 43 = 0,003 \dots\dots\dots (\text{Immediate Ocupancy})$$

Dengan melihat nilai drift rata-rata diatas maka transisi antara *Immediate Ocupancy* (IO) SP-1 dan *Life Safety* (LS) SP-3, dengan memakai metoda *DDBD* telah tercapai pada kondisi *Life Safety* dengan *Structural Behaviour Type B*



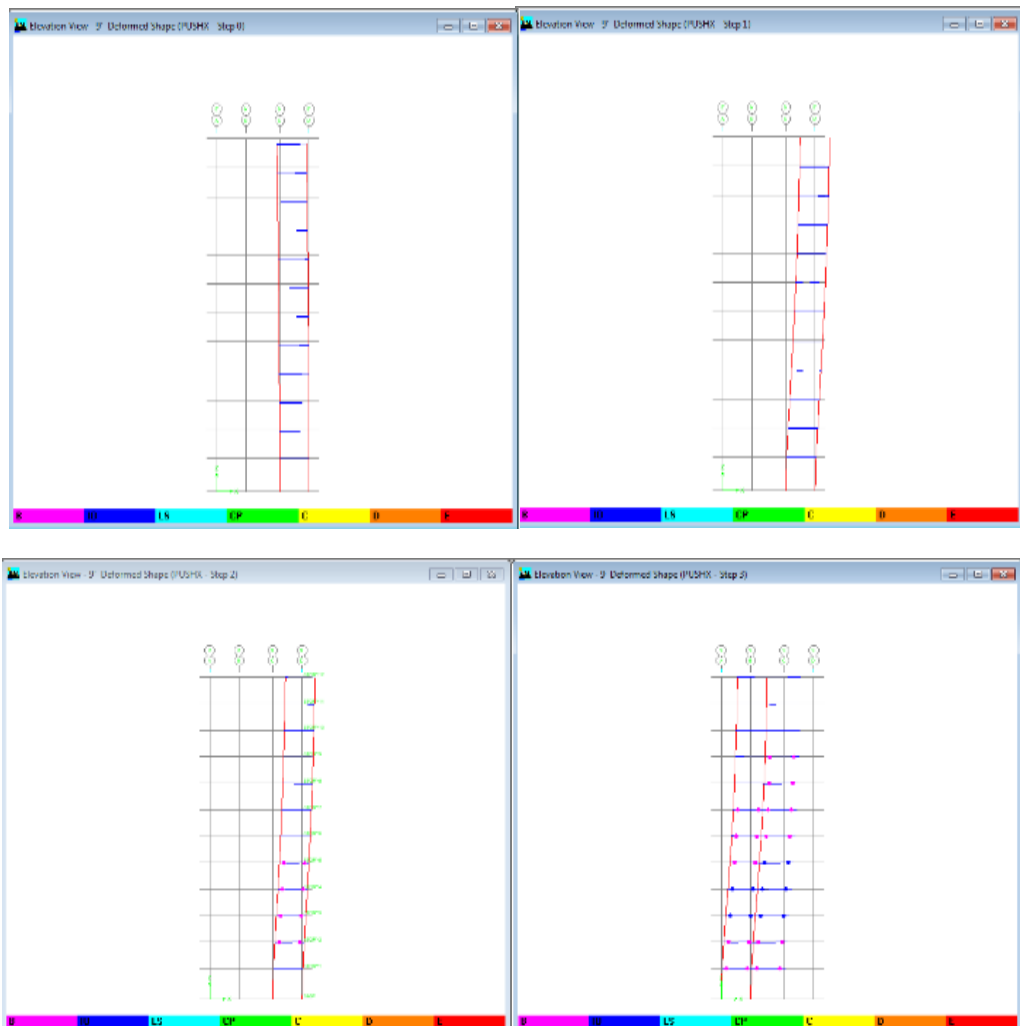
Pada gambar diatas dapat dijelaskan bahwa :

- A = Merupakan kondisi dimana belum ada pembebanan sehingga belum terjadi plastifikasi pada sendi plastis.
- B = Merupakan kondisi dimana elemen mulai mengalami leleh yang pertama kali
- IO = Merupakan tahapan setelah leleh (plastis) dengan tingkat kinerja pada elemen *Immediately Occupancy*
- LS = Elemen pada level kinerja *Life Safety* (kondisi plastis)
- CP = Elemen pada level kinerja *Collapse Prevention* (kondisi hampir runtuh)
- C = Merupakan kapasitas ultimit dari elemen
- D = Kekuatan sisa dari elemen
- E = Merupakan batas dimana elemen sudah mengalami keruntuhan

Output Beban Dorong Arah x-x yang dihasilkan dari analisa *pushover* dengan *ETABS v.9.7.2*

Step	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	-0,0019	0,0000	2158	2	0	0	0	0	0	0	2160
1	0,0977	9853,1367	1866	294	0	0	0	0	0	0	2160
2	0,1742	16044,6875	1598	377	181	4	0	0	0	0	2160
3	0,2769	20307,3809	1458	349	261	92	0	0	0	0	2160
4	0,3805	23545,3125	1424	334	224	177	0	1	0	0	2160
5	0,4187	24626,1211	1424	333	224	178	0	0	1	0	2160
6	0,4188	24546,9785	1423	332	222	181	0	1	1	0	2160
7	0,4206	24607,3359	1423	331	222	182	0	0	2	0	2160
8	0,4207	24546,1758	1418	319	225	195	0	1	2	0	2160
9	0,4265	24726,1230	1418	318	225	196	0	0	3	0	2160
10	0,4266	24677,3984	1417	314	227	198	0	1	3	0	2160
11	0,4281	24732,4395	1417	314	227	198	0	0	4	0	2160
12	0,4281	24673,4121	1395	316	207	237	0	1	4	0	2160
13	0,4445	25149,4043	1395	315	208	237	0	0	5	0	2160
14	0,4445	25098,4766	1394	316	202	242	0	1	5	0	2160
15	0,4464	25166,2090	1394	316	201	243	0	0	6	0	2160
16	0,4464	25096,6699	1365	309	194	285	0	1	6	0	2160
17	0,4830	26105,6738	1365	309	194	285	0	1	6	0	2160
18	0,4388	21736,1152	2160	0	0	0	0	0	0	0	2160

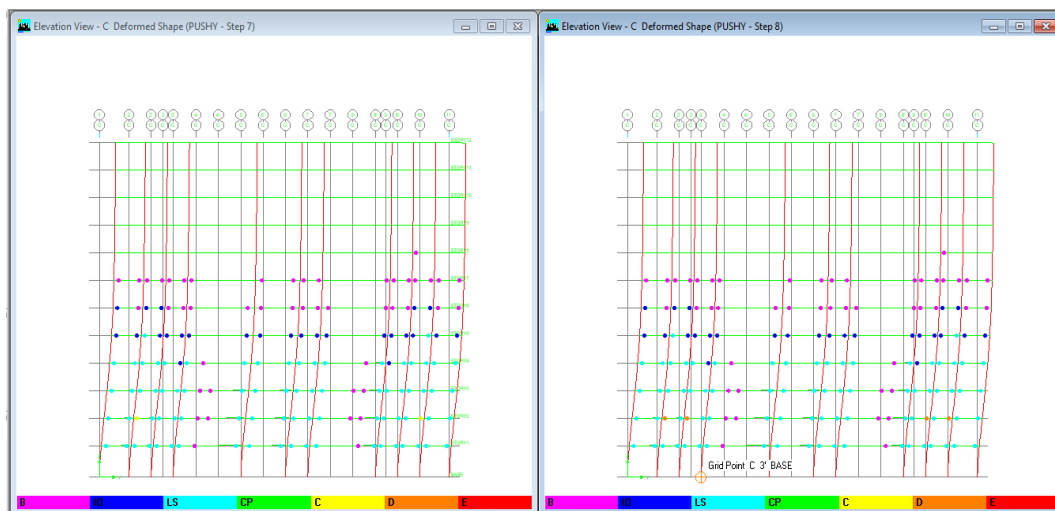
Dari penjelasan tabel output beban dorong arah x-x setiap tahapan pola beban dorong akan mempunyai tingkatan plastifikasi yang berbeda pada masing-masing elemen strukturnya. Pada tahap ke-1 elemen yang berada pada kondisi *B-IO* adalah 294 sisanya dalam kondisi *A-B*. Pada tahap ke-2 kondisi *B-IO* bertambah menjadi 377 dan kondisi plastifikasi elemen meningkat sehingga kondisi *IO-LS* berjumlah 181 yang sebelumnya belum ada pada tahap 1. Hal ini berarti bahwa pada kondisi setiap kenaikan beban dorong yang diberikan maka kondisi plastifikasi pada elemen juka akan meningkat secara bertahap sehingga mengalami keruntuhan.



Output Beban Dorong Arah y – y

Step	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	0,0000	0,0000	2159	1	0	0	0	0	0	0	2160
1	-0,0074	-9154,3926	1997	163	0	0	0	0	0	0	2160
2	-0,0094	-12467,5840	1931	229	0	0	0	0	0	0	2160
3	-0,0099	-13679,6182	1881	279	0	0	0	0	0	0	2160
4	-0,0104	-14470,8818	1844	227	89	0	0	0	0	0	2160
5	-0,0108	-15452,0918	1818	176	166	0	0	0	0	0	2160
6	-0,0112	-16288,5723	1651	155	82	268	0	4	0	0	2160
7	-0,0133	-21020,8926	1651	155	82	262	0	0	10	0	2160
8	-0,0118	-20262,7578	2160	0	0	0	0	0	0	0	2160

Dari gambar diatas diketahui bahwa untuk arah y-y (sitem rangka) mekanisme terbentuknya sendi plastis yaitu mulai balok pada lantai-lantai terbawah dan bertahap meningkat seiring dengan peningkatan beban dorong yang diberikan pada struktur. Pada pola beban dorong arah y-y ini hingga mengalami keruntuhan tidak dijumpai terbentuknya sendi plastis pada pangkal kolom di lantai dasar. Hal ini terlihat pada tahap ke-8 sendi plastis belum terbentuk pada pangkal kolom. Pada arah y-y ini sendi plastis pada balok tidak terjadi hingga ke atas, hal ini dapat terlihat pada gambar pada tahap ke-8. Pada tahap ke-8 sendi plastis hanya terbentuk sampai lantai ke-2 saja sebelum keseluruhan struktur mengalami keruntuhan.



B. Saran

- 1) Untuk model sistem gandanya agar dicoba dengan sistem dinding yang lain, seperti model *Tube*, *Bracing*, dan yang lainnya agar bisa mendapatkan suatu perbandingan nilai *performance point* yang ideal, sehingga bisa mendapatkan keefektifan dalam mendesain gedung tahan gempa berbasis kinerja ini.
- 2) Dicoba untuk evaluasi kinerja strukturnya dengan metoda dari *FEMA 356* dan *FEMA 440*, agar menghasilkan perbandingan kinerja rencana dan keefektifan metoda desain berbasis kinerja.
- 3) Diidealkan dulu dalam pleriminari komponen strukturnya.
- 4) Perbanyak Literatur baik dari dalam dan luar negeri karena aturan-aturan

dan syarat-syarat tentang Struktur Ketahanan Gempa sangat cepat berubah dan dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji Pranata ,Yosafat. *Evaluasi Kinerja Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Pushover Analis*. Jurnal Teknik Sipil. Volume 3, No.1, Januari 2006
- ASCE 7-10. 2010. *Minimum Design Load for Buildings and Other Structures*, Virginia: American Society of Civil Engineers.
- ATC-40.1996. *Seismic Evaluation and Retrovit of Concrete Buildings*. Vol.1. California . Applied Technology Council.
- Budiono,Bambang (2017). *Contoh Desain Bangunan Tahan Gempa*. Bandung: ITB
- Carrillo J.;Gonzales, G.; dan Rubiano, A.; 2014.”*Dispalcement Ductility for Seismic Design of RC-Wall for Low -rise Housing*”.Latin American Journal of Solids and Structures Vol.11 No.4,725-737.
- Departemen Pekerjaan Umum (2012). SNI 03-1726-2012 *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum (2013). SNI 03-1727-2013 *Standar Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum (2014). SNI 03-2052-2014 *Standar Baja Tulangan Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum (2013). SNI 03-2847-2013 *Standar Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Dewobroto, W. (2005). *Aplikasi Rekayasa Konstruksi*.
- FEMA 451.2006. “*NEHRP Recomendted Provision for Seismic Regulation for New Buildings and Other Structures and Accompanying Commentary and Maps*” . Washington, D.C ;: Federal Emergency Management Agency.
- Fernandes Manurung, Rido Jonathan(2017). *Static NonLinear Pushover Analysis Untuk Perfomanced Based Design Pada Gedung PascaSarjana Fakultas MIPA UGM*

Ichsan Ramadhani, Muhammad. *Evaluasi Kinerja Seismik Struktur dengan Pushover Analisis*.

Setiawan, Agus (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Erlangga

Priestley, M.J.N.; Calvi, G. M.; dan Kowalsky, M.J.; 2007.” *Displacement-Based Design Seismic Design of Structures*”. Pavia: IUSS Press.

Sullivan T.J.; Priestley, M.J.N; dan Calvi, G.M; 2006” *Direct Displacement Based Design of Frame Wall Structures*”. *Journal of Earthquake Engineering*, V.10,91.