



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik - Universitas Jember

# JURNAL

## Rekayasa Sipil & Lingkungan

JRSL UNEJ	Volume 1	Nomor 1	Tahun 2017	Halaman 1 - 103	ISSN 2548-9518
--------------	-------------	------------	---------------	--------------------	-------------------

**EDITORIAL BOARD**

***CHIEF EDITOR***

**Sonya Sulistyono**

University of Jember, Scopus ID: [57204363932](#), Sinta ID: [5976880](#)

***EDITOR***

**Entin Hidayah**

University of Jember, Scopus ID: [55354325800](#), Sinta ID: [5980418](#)

**Sri Wahyuni**

University of Brawijaya, Scopus ID: [57204528482](#), Sinta ID: [6028973](#)

**Willy Kriswardhana**

University of Jember, Scopus ID: [57204361376](#), Sinta ID: [6650185](#)

**Gati Annisa Hayu**

University of Pertamina, Sinta ID: [6650203](#)

**Luthfi Amri Wicaksono**

University of Jember

**Retno Utami Agung Wiyono**

University of Jember, Scopus ID: [55022816000](#) , Sinta ID: [6648794](#)

**Jojok Widodo Soetjipto**

University of Jember, Scopus ID: [57200258293](#), Sinta ID: [6009572](#)

**Ketut Aswatama Wiswamitra**

University of Jember, Sinta ID: [6008885](#)

**Andyka Kusuma**

University of Indonesia, Scopus ID: [42461737000](#), Sinta ID: [6032490](#)



[CURRENT](#) [ARCHIVES](#) [ABOUT](#) ▾

Search

## REVIEWER

### **Sri Wahyuni, Ph.D.**

Universitas Brawijaya, Scopus ID: [57204528482](#), Sinta ID: [6028973](#)

### **Achmad Wicaksono, Ph.D.**

Universitas Brawijaya, Scopus ID: [6506737499](#), Sinta ID: [5996308](#)

### **Dr.Eng. Muhammad Isran Ramli**

Universitas Hasanuddin, Scopus ID: [57194179510](#), Sinta ID: [5977376](#)

### **Dr.Eng. Muralia Hustim**

Universitas Hasanuddin, Scopus ID: [55438107000](#), Sinta ID: [5977747](#)

### **Dr. Asdam Tambusay**

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Scopus ID: [57194405845](#), Sinta ID: [6710033](#)

### **Mokhamad Farid Ma'ruf, Ph.D.**

Universitas Jember, Scopus ID: [55021526600](#), Sinta ID: [55637](#)

### **Dr. Gusfan Halik**

Universitas Jember, Scopus ID: [56816987300](#), Sinta ID: [5987519](#)

### **Dr. Krisnamurti**

Universitas Jember, Scopus ID: [57193918341](#), Sinta ID: [55640](#)

### **Dr. Yeny Dhokhikah**

Universitas Jember, Scopus ID: [56809414100](#), Sinta ID: [6654528](#)

### **Dr. Anik Ratnaningsih**

Universitas Jember, Scopus ID: [54682267500](#), Sinta ID: [6014599](#)

**Dr. Dewi Junita Koesoemawati**

Universitas Jember, Scopus ID: [57211377842](#), Sinta ID: [5996715](#)

**Dr. Qadriathi Dg Bau**

Universitas Negeri Makasar, Scopus ID: , Sinta ID: [6028893](#)

---

#### ADDITIONAL MENUS

---

**Guidelines For Authors**

**Journal Contact**

**Editorial Team**

**Reviewer**

**Focus and Scope**

**Journal SOP**

**Retraction**

**Guidelines For Reviewer**

**Review Process**

**Online Submission**

**Publication Ethics**

**Open Access Policy**

**Copyright Notice**

**Publication Charge**

**Screening For Plagiarism**

**Grammar Checking**

**Indexing Service**

---

#### SUPPLEMENTARY FILES

---

**Statement of Originality**

---

## ARTICLES

---

- **THE CONTRIBUTION OF POLYCARBONATE FLEXURAL STRENGTH INTO POROUS CONCRETE SLAB**  
  
Dwi Nurtanto 1-6
- **EVALUATION OF TOWER CRANE POSITIONING IN JEMBER ICON PROJECT**  
  
Bima Anggaruci Bhirawa Yudha, Jojok Widodo Soetjipto, Dwi Nurtanto 7-17
- **EVALUATION OF DRAINAGE SYSTEM IN SRIKOYO STREET PATRANG DISTRICT, JEMBER REGENCY**  
  
Rusydina Tamimi, Sri Wahyuni, Entin Hidayah 18-31
- **MANAGEMENT AND TRAFFIC ENGINEERING SIMULATION TO IMPROVE THE UNSIGNALISED INTERSECTION PERFORMANCE ON JATIRAYA STREETKAHURIPAN NIRWANA, SIDOARJO REGENCY**  
  
Kurnia Hadi Putra, Faisal Rosih Alfanan 32-41
- **QUALITY ANALYSIS OF THE SALTWATER IN WEST SURABAYA FAIRWAY IN MADURA STRAIT**  
  
Ririn Endah Badriani 42-51
- **ROAD DAMAGE ANALYSIS IN PROBOLINGGO REGENCY**  
  
Riska Rismawati, Akhmad Hasanuddin, Anik Ratnaningsih 52-61
- **TRAFFIC IMPACT ANALYSIS OF SPBU TANJUNGWANGI BANYUWANGI**  
  
Oki Indra Prastana, Sonya Sulistyono, Syamsul Arifin 62-72

- **FEEDER ROUTE PLANNING OF PUBLIC TRANSPORTATION IN JEMBER**

Dewi Sri Asmoro Wulan, Sonya Sulistyono, Dwi Nurtanto

73-83

- **THE USAGE OF BRACING ON EARTHQUAKE RESISTANT BUILDINGS WITH PUSHOVER ANALYSIS**

Dwi Wahyu Anggraeni, Erno Widayanto, Dwi Nurtanto

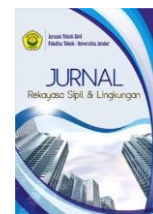
84-95

- **THE EFFECT OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE TO COMPRESSIVE STRENGTH OF SELF COMPACTING CONCRETE**

Gati Annisa Hayu

96-105





## Pemakaian Bracing Pada Bangunan Tahan Gempa dengan Analisis Pushover<sup>1</sup>

### *The Usage of Bracing on Earthquake Resistant Buildings with Pushover Analysis*

Dwi Wahyu Anggraeni<sup>a</sup>, Erno Widayanto<sup>b</sup>, Dwi Nurtanto<sup>b,2</sup>

<sup>a</sup> Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

<sup>b</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

#### ABSTRACT

Most of Indonesia area is an earthquake- prone region. This is caused by the confluence of three major plates world that are subduction. Indo-Australian Plate colliding with the Eurasian plate off the coast of Sumatra, Java and Nusa Tenggara, while the Pacific plate in northern Guinea and North Maluku. In the vicinity of the meeting location this plate collision energy accumulated in the form of earthquake. The quake destroyed much of the multi-storey buildings that do not have adequate strength. Therefore , the higher the building, the greater the effects of the earthquake were received by the building. One way to acquire resistance to earthquake response was to add rigidity to a building. How to obtain the stiffness of a building is to install bracing for high-rise buildings. The purpose of this analysis was conducted to determine usage behavior particularly bracing displacement. The Results of this analysis showed a reduction in horizontal deviation of the building due to the addition of frame bracing. The difference in the percentage of horizontal deviation without bresing building and building using bresing X is 82.519%. While the difference in the percentage of horizontal deviation without order bresing building and building using bresing V is 64.904%.

*Keywords: pushover analysis , bracing, displacement, earthquake*

#### ABSTRAK

Sebagian besar wilayah Indonesia merupakan wilayah rawan gempa. Hal ini disebabkan oleh pertemuan tiga lempeng utama dunia yang bersifat subdaksi. Lempeng Indo- Australia bertabrakan dengan lempeng Eurasia di lepas pantai Sumatra, Jawa dan Nusa Tenggara, sedangkan lempeng Pasific di utara Irian dan Maluku Utara. Di sekitar lokasi pertemuan lempeng ini akumulasi energi tabrakan terkumpul sehingga lepas berupa gempa bumi. Gempa banyak menghancurkan bangunan- bangunan bertingkat yang tidak mempunyai kekuatan yang memadai. Oleh karena itu, semakin tinggi bangunan maka semakin besar pula efek gempa yang diterima oleh bangunan tersebut. Salah satu cara untuk memperoleh ketahanan terhadap respon gempa adalah menambah kekakuan pada suatu bangunan. Cara memperoleh kekakuan suatu bangunan adalah dengan memasang pengekang (bracing) untuk bangunan tinggi. Tujuan dari analisa ini dilakukan untuk mengetahui perilaku pemakaian bracing khususnya displacement. Hasil dari analisa ini menunjukkan terjadinya pengurangan simpangan horizontal gedung karena adanya penambahan rangka bracing. Selisih presentase simpangan horizontal gedung tanpa bresing dan gedung dengan menggunakan bresing X adalah 82,519%. Sedangkan selisih presentase simpangan horizontal gedung tanpa rangka bresing dan gedung dengan menggunakan bresing V adalah 64,904%.

*Kata kunci: analisa pushover , bracing, displacement, gempa*

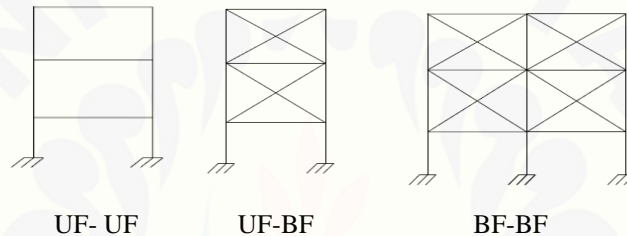
<sup>1</sup> Info Artikel: Received 21 Juli 2016, Received in revised form 31 Agustus 2016, Accepted 22 November 2016

<sup>2</sup> E-mail: [widayanto@gmail.com](mailto:widayanto@gmail.com) (E. Widayanto), [tanto.teknik@unej.ac.id](mailto:tanto.teknik@unej.ac.id) (D. Nurtanto)

## PENDAHULUAN

Gempa bumi terjadi karena fenomena getaran dengan kejutan pada kerak bumi. Faktor utama adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Gempa bumi ini menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini mempunyai suatu energi yang dapat menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya menjadi bergetar. Getaran ini nantinya akan menimbulkan gaya-gaya pada struktur karena struktur cenderung mempunyai gaya untuk mempertahankan dirinya dari gerakan (Schodek,1999).

Sarno dan Elnashai (2007:456) menyatakan bahwa bangunan yang rusak diklasifikasikan sebagai bangunan tanpa rangka bracing (UF-UF) dan bangunan yang memiliki rangka bracing (BF-BF). Dengan demikian struktur yang disurvei memiliki sebutan sebagai berikut: UF-UF (bangunan tanpa bracing dalam dua arah horizontalnya), UF-BF (bangunan yang menggunakan rangka bresing pada salah satu arah horizontalnya) dan BF-BF (bangunan yang menggunakan rangka bresing pada kedua arah horizontalnya). Hasil penelitian berdasarkan 988 bangunan baja yang rusak, 432 (43,7%) adalah UF-UF, 134 (13,6%) adalah UF-BF, 34 (3,4%) adalah BF- BF, dan 388 (39,3%) tidak teridentifikasi.



**Gambar 1** Model Perletakan Bracing

Salah satu cara untuk memperoleh ketahanan terhadap respon gempa adalah menambah kekakuan pada suatu bangunan. Cara memperoleh kekakuan suatu bangunan adalah dengan memasang pengekang (bracing) untuk bangunan tinggi.

Jenis bracing yang dipakai umumnya adalah bresing dua diagonal yang saling menyilang. Bresing diagonal seperti itu akan berganti-ganti menahan gaya tarik dan desak bergantung pada arah beban horizontal. Apabila terdapat gaya horizontal, maka utamanya gaya-gaya tersebut akan ditahan oleh silangan (bracing) bersama-sama dengan balok dan kolom sebagai satu kesatuan (Smith dan Coull 1991). Dari penjelasan di atas, penelitian ini mencoba mengamati pengaruh penopang (bracing) terhadap ketahanan gempa menggunakan jenis X-bracing dan V-bracing pada bangunan bertingkat dengan menggunakan analisa pushover.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Pada metode penelitian, adapun langkah-langkah yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Menentukan model gedung dan data-data perencanaan serta kategori gedung yang akan diteliti. Hal ini meliputi (n,ζ,Ct,I,R)
2. Menentukan profil baja untuk rangka bracing pada Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yang menggunakan rangka bracing

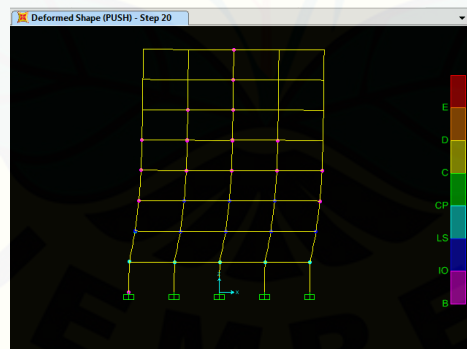


3. Melakukan analisis pembebanan gempa yang meliputi perhitungan waktu getar alami struktur, gaya geser dasar, serta T-rayleigh
4. Melakukan analisa pushover dengan menggunakan bantuan program SAP 2000. Adapun tahapan- tahapan dalam melakukan analisa pushover adalah sebagai berikut :
  - a. Membuat model gedung dan memasukkan semua dimensi elemen struktur, seperti ukuran balok, kolom, dan plat.
  - b. Meningkatkan intensitas pembebanan sampai komponen struktur mengalami deformasi dan terjadi pelelehan (sendi plastis). Hal ini dilakukan secara otomatis melalui program SAP 2000 dimana peningkatan pola pembebanan dilakukan berulang- ulang sampai mencapai iterasi yang menunjukkan kondisi struktur mengalami keruntuhan.
5. Hasil yang diperoleh berupa kurva pushover yang menunjukkan nilai gaya geser dasar dan displacement yang terjadi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

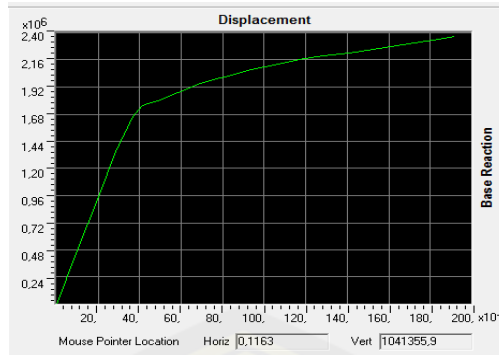
### Analisis Pushover Gedung Tanpa Rangka Bracing

Analisis beban dorong statik (pushover analysis) pada struktur gedung adalah suatu cara analisis statik 2 dimensi atau 3 dimensi linier dan non-linier, dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung dianggap sebagai beban- beban statik yang menangkap pada pusat massa masing- masing lantai yang nilainya ditingkatkan secara berangsur – angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur gedung. Analisis ini menggunakan bantuan program SAP 2000. Adapun contoh dari terjadinya sendi plastis adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.** Analisa pushover pada step -20

Didapatkan hasil berupa kurva pushover yang merupakan hubungan antara gaya geser dasar dan nilai displacement sebagai representasi tahapan perilaku struktur. Adapun kurva pushovernya adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.** Kurva pushover

Berikut adalah tabel nilai perpindahan dan gaya geser dasar dari kurva pushover di atas:

**Tabel 1.** Nilai gaya geser dasar dan displacement

Step	Displacement m	BaseForce Kgf
0	0,000014	0,00
1	0,010014	474915,50
2	0,020014	949824,24
3	0,028408	1348458,28
4	0,036757	1662922,43
5	0,041563	1753594,56
6	0,043941	1775944,73
7	0,048379	1799738,38
8	0,058404	1874568,97
9	0,069410	1956495,77
10	0,076772	1994763,26
11	0,082461	2013752,64
12	0,093778	2070681,51
13	0,105097	2115389,96
14	0,116868	2160774,79
15	0,128389	2195396,02
16	0,141268	2218145,23
17	0,158242	2267267,68
18	0,169513	2301175,81
19	0,183878	2347109,87
20	0,191664	2370001,03

**Kontrol Kinerja Batas Layan ( $\Delta_s$ ) dan Kinerja Batas Ultimit ( $\Delta_m$ ) Gedung Tanpa Rangka Bracing**

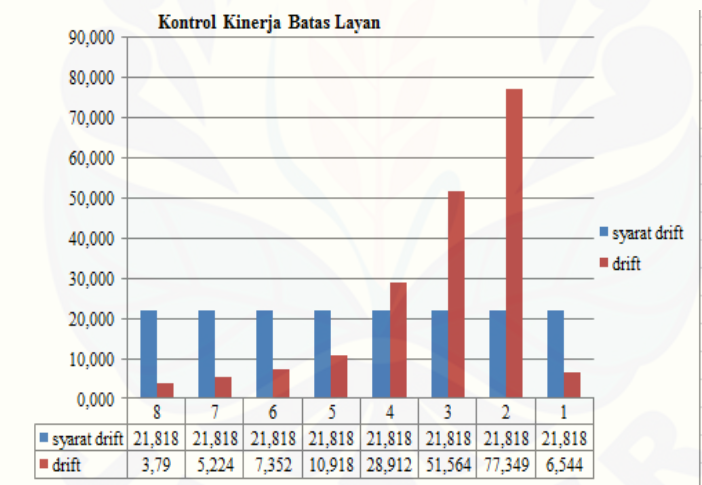
Menurut SNI 1726-2002 kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, disamping untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Adapun persyaratan kinerja batas layan struktur gedung tidak boleh melampaui  $0,03/R$  kali tinggi gedung yang bersangkutan atau 30 mm. Sedangkan kinerja batas ultimit gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi diambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar gedung. Adapun persyaratan kinerja batas ultimit untuk gedung beraturan adalah sebagai berikut :

$\zeta = 0,7 R$

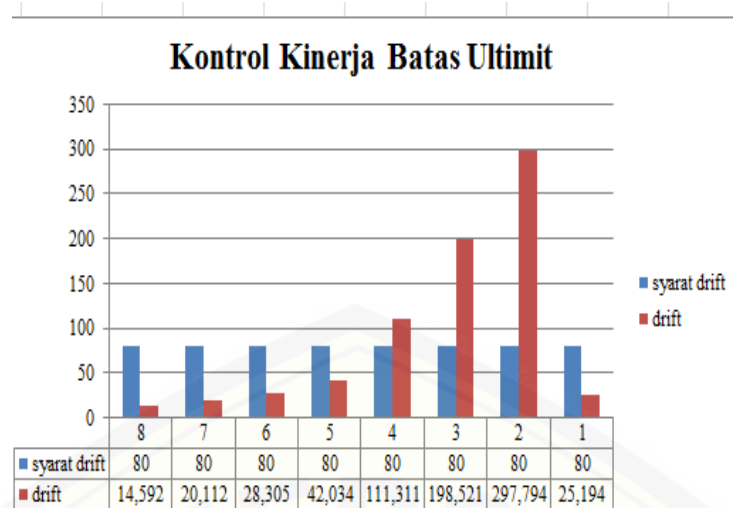
Keterangan :  $\zeta$  = faktor skala

R = faktor reduksi gempa

Berikut adalah barchart yang memberikan nilai  $\Delta_s$  dan  $\Delta_m$  akibat gempa analisa pushover tanpa menggunakan rangka bracing:



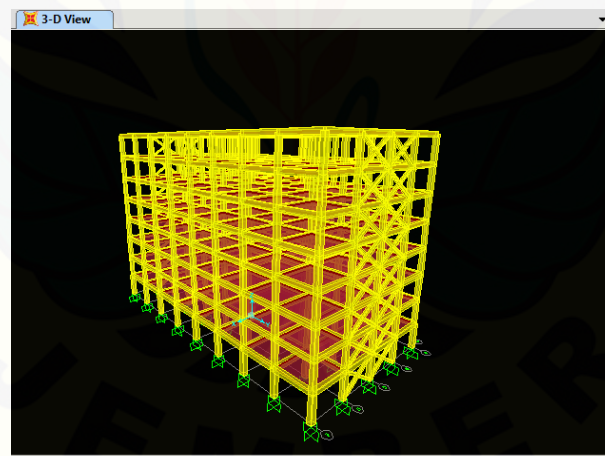
**Gambar 4.** Bar chart simpangan dan kontrol kinerja batas layan dengan analisa pushover



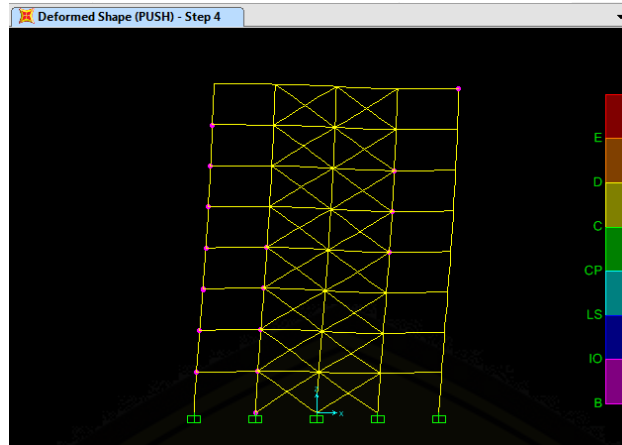
**Gambar 5.** Bar chart simpangan dan kontrol kinerja batas ultimit dengan analisa pushover

### Analisis Pushover Gedung dengan Bracing X

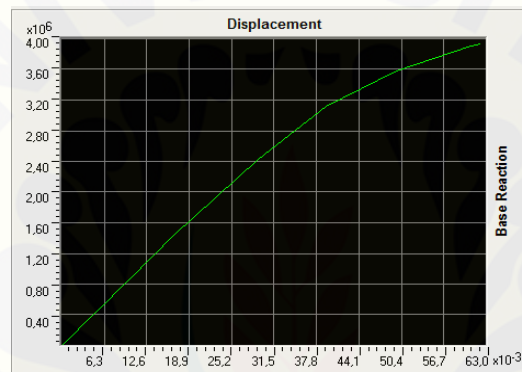
Perhitungan gaya gempa analisa pushover dengan menggunakan bracing X memiliki cara dan tahapan- tahapan yang sama dengan perhitungan gempa analisa pushover tanpa bracing. Perbedaannya adalah dengan adanya penambahan bracing X pada sumbu lemah bangunan tersebut. Berikut adalah pemodelan struktur dengan menggunakan bracing X beserta kurva pushovernya:



**Gambar 6.** Pemodelan 3D gedung dengan bracing X



Gambar 7. Pemodelan gedung dengan bracing X portal tepi



Gambar 8. Kurva pushover gedung dengan bracing X

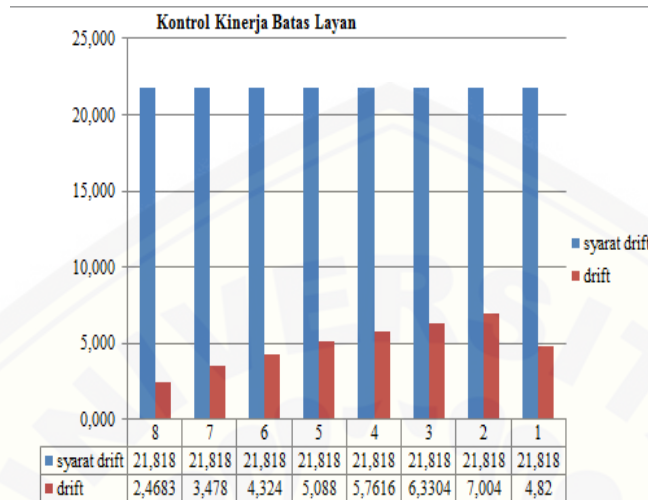
Berikut adalah tabel nilai perpindahan dan gaya geser dasar dari kurva pushover di atas:

Tabel 2. Nilai gaya geser dasar dan displacement

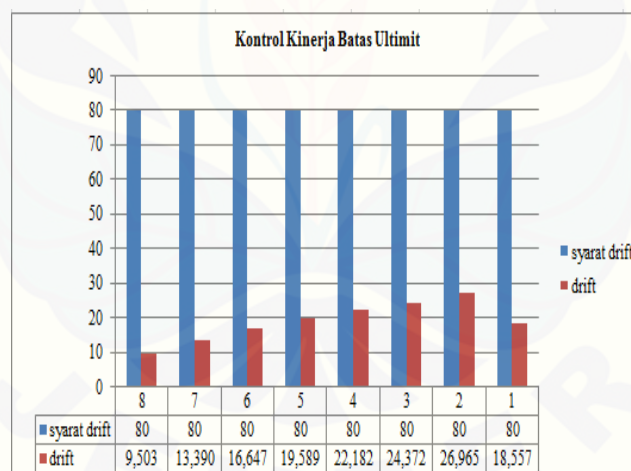
Step	Displacement m	BaseForce Kgf
0	0,000014	0,00
1	0,010014	869229,65
2	0,016538	1436366,18
3	0,029125	2023909,59
4	0,039274	2301175,81
5	0,049688	3580574,33
6	0,060782	3899730,27
7	0,062167	3935269,79

**Kontrol Kinerja Batas Layan ( $\Delta_s$ ) dan Kinerja Batas Ultimit ( $\Delta_m$ ) Gedung dengan Bracing X**

Berikut adalah barchart yang memberikan nilai  $\Delta_s$  dan  $\Delta_m$  akibat gempa analisa pushover dengan menggunakan rangka bracing:



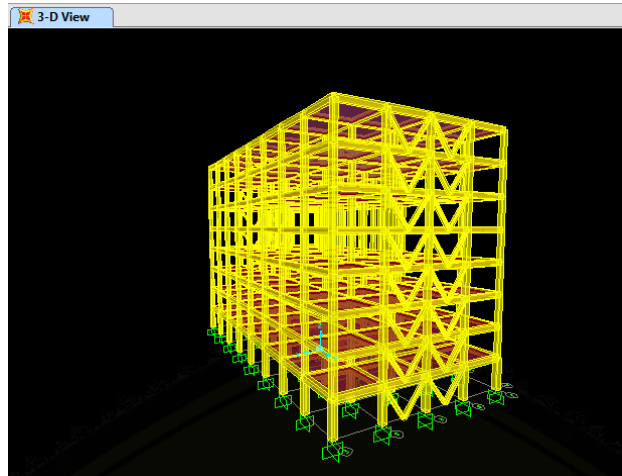
**Gambar 9.** Bar chart simpangan dan kontrol kinerja batas layan SRPM dengan bresing X



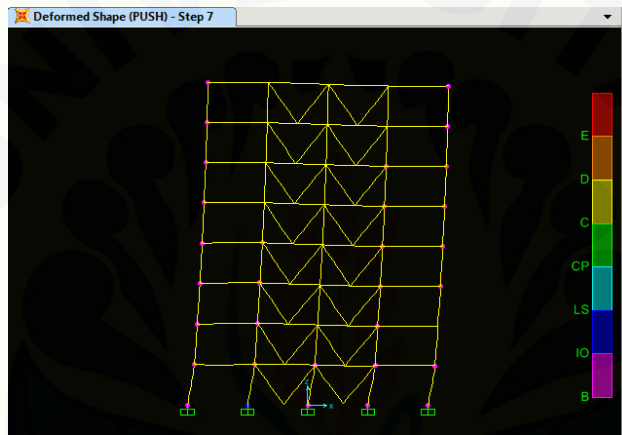
**Gambar 10.** Bar chart simpangan dan kontrol kinerja batas ultimit SRPM dengan bresing X

**Gaya Gempa Analisis Pushover Gedung Dengan Bracing-V**

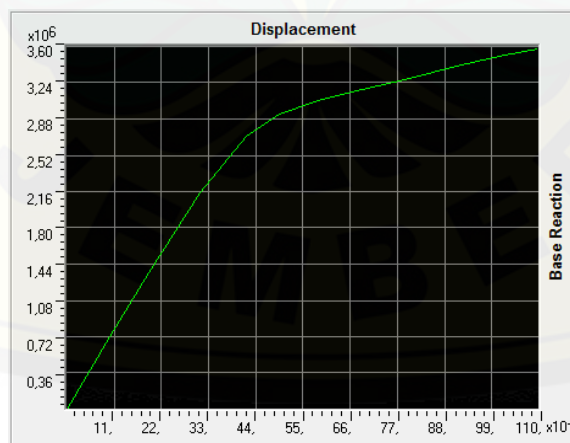
Perhitungan gaya gempa analisis pushover dengan menggunakan bracing V memiliki cara dan tahapan- tahapan yang sama dengan perhitungan gempa analisa pushover tanpa bracing. Perbedaannya adalah dengan adanya penambahan bracing V pada sumbu lemah bangunan tersebut. Berikut adalah gambar pemodelan dimensi struktur dengan menggunakan bracing V:



Gambar 11. Pemodelan 3D gedung dengan bracing V



Gambar 12. Pemodelan gedung dengan bracing V portal tepi



Gambar 13. Kurva pushover gedung dengan bracing V

Berikut adalah tabel nilai perpindahan dan gaya geser dasar dari kurva pushover di atas:

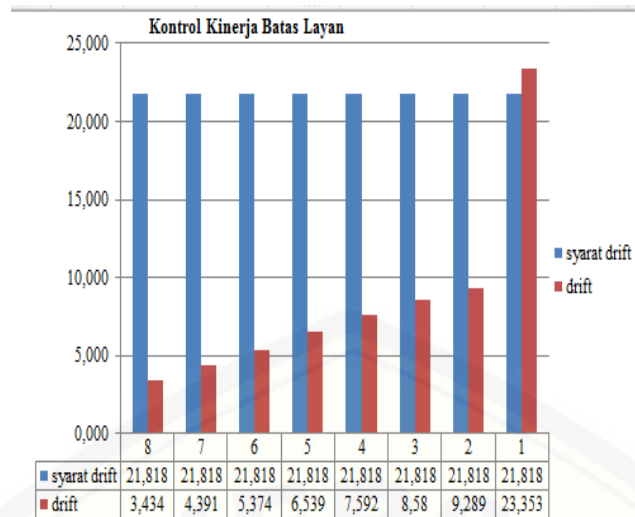
**Tabel 3.** Nilai gaya geser dasar dan displacement

Step	Displacement m	BaseForce Kgf
0	0,000014	0,00
1	0,010014	714030,88
2	0,018970	1353532,72
3	0,031078	1945240,91
4	0,041884	2003949,16
5	0,049370	2034264,58
6	0,058432	2061760,22
7	0,068717	2370001,03
8	0,079771	3088338,92
9	0,091654	3410278,67
10	0,101975	3516797,64
11	0,113233	3616332,12
12	0,125386	3717057,12
13	0,138408	3826434,24
14	0,150461	3923256,91
15	0,163068	4012958,83
16	0,174210	4093349,55
17	0,174133	4089597,90

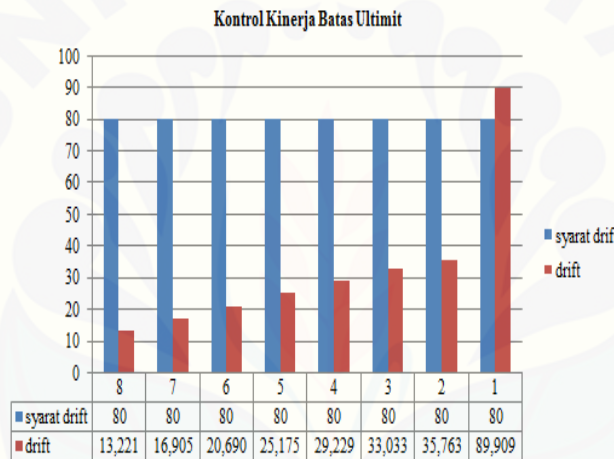
**Kontrol Kinerja Batas Layan ( $\Delta_s$ ) dan Kinerja Batas Ultimit ( $\Delta_m$ ) Gedung dengan Bracing V**

Berikut adalah barchart yang memberikan nilai  $\Delta_s$  dan  $\Delta_m$  akibat gempa analisa pushover dengan menggunakan rangka bracing:





Gambar 14. Bar chart simpangan dan kontrol kinerja batas layan SRPM dengan bresing V



Gambar 15. Bar chart simpangan dan kontrol kinerja batas ultimit SRPM dengan bresing V

### Hasil Rekapitulasi Simpangan Horizontal Gedung Tanpa Bracing, Bracing X, dan Bracing V

Tabel 4. Rekapitulasi Simpangan Horizontal

Lantai ke	Simpangan		
	Bracing X	Bracing V	Tanpa Bracing
7	39,274	68,717	191,664
6	36,806	65,118	187,863
5	33,328	60,727	182,639
4	29,004	55,353	175,287
3	23,916	48,814	164,369

Lantai ke	Simpangan		
	Bracing X	Bracing V	Tanpa Bracing
2	18,1544	41,222	135,457
1	11,824	32,642	83,893
basement	4,82	23,353	6,544

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil analisis ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan menggunakan analisa pushover, dapat diketahui bahwa nilai perpindahan horizontal (displacement) struktur gedung dengan menggunakan rangka bresing lebih kecil daripada struktur gedung tanpa rangka bresing. Selisih presentase simpangan horizontal gedung tanpa bresing dan gedung dengan menggunakan bresing X adalah 82,519%. Sedangkan selisih presentase simpangan horizontal gedung tanpa rangka bresing dan gedung dengan menggunakan bresing V adalah 64,904%.
2. Penggunaan bresing- X pada struktur gedung SRPM lebih baik jika dibandingkan penggunaan bresing- V. Hal ini dibuktikan dengan nilai perpindahan horizontal (displacement) struktur gedung SRPM dengan bresing- X lebih kecil daripada nilai displacement struktur gedung SRPM dengan bresing- V dengan presentase 18,288%.

### Saran

1. Penggunaan jenis bracing lain akan menghasilkan nilai displacement yang menarik untuk diteliti.
2. Penempatan lokasi bracing turut mempengaruhi nilai displacement (simpangan) yang terjadi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andi. 2010. Analisa Struktur Bangunan dan Gedung dengan SAP 2000 versi 14 Anonim. 2002. SNI 03- 1726-2002. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung.
- Anonim. 2002. SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version). Prawirodikromo, Widodo. 2012. Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan
- Budio, Sugeng. 2009. Dinamika Struktur.
- Dewobroto, Wiryanto. 2005. Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover.
- Krisnamurti. 2009. Metode Analisis Struktur Akibat Beban Gempa.
- Sarno, dkk. 2008. Jurnal of Constructional Steel Research
- Purwono, Rachmat. 2005. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa