



**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
LABORATORIUM TEKNO ENTREPRENEURSHIP  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MENGGUNAKAN SISTEM  
GANDA BERBASIS KINERJA DENGAN METODE *DIRECT  
DISPLACEMENT BASED DESIGN***

**SKRIPSI**

*“Diajukan Sebagai Persyaratan untuk Memperoleh  
Gelara Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Sipil”*



Disusun Oleh:

**GIFFARI YON MAULANA**  
**218.0105.1.159**

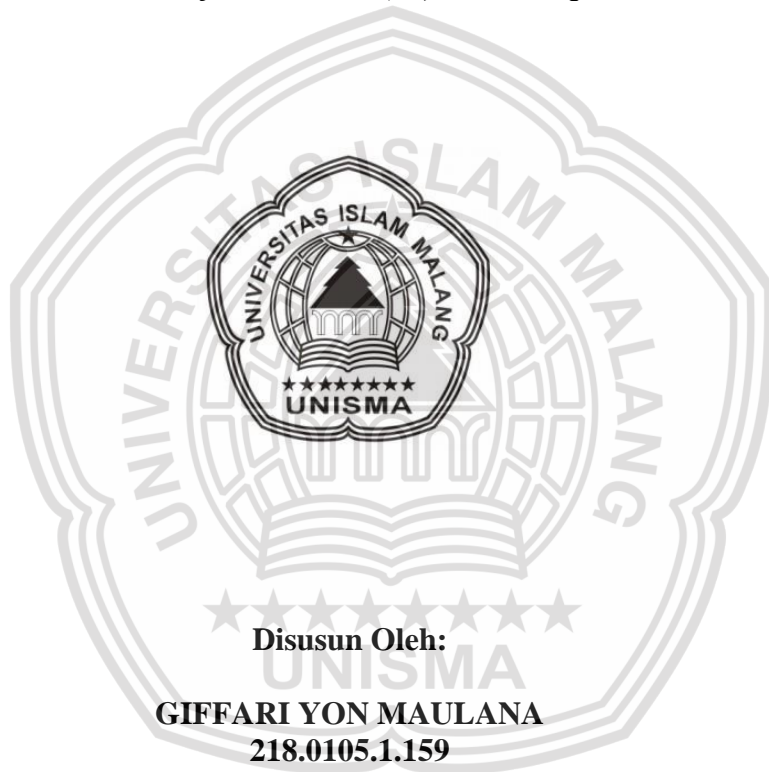
**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG  
2023**



**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
LABORATORIUM TEKNO ENTREPRENEURSHIP  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MENGGUNAKAN SISTEM  
GANDA BERBASIS KINERJA DENGAN METODE *DIRECT  
DISPLACEMENT BASED DESIGN***

**SKRIPSI**

*“Diajukan Sebagai Persyaratan untuk Memperoleh  
Gelara Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Sipil”*



Disusun Oleh:

**GIFFARI YON MAULANA**  
**218.0105.1.159**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG  
2023**

## RINGKASAN

**Giffari Yon Maulana, 218.0105.1.159.** Studi Alternatif Perencanaan Struktur Gedung Laboratorium Tekno Entrepreneurship Universitas Brawijaya Menggunakan Sistem Ganda Berbasis Kinerja Dengan Metode *Direct Displacement Based Design*. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Malang. Dosen Pembimbing: **Ir. Warsito, M.T.**, dan **Ir. Bambang Suprpto, M.T.**

---

Gempa bumi dapat menimbulkan kerusakan ataupun mengganggu kehidupan manusia hingga korban jiwa, maka dari itu perlu dilakukan tindakan mitigasi melalui perencanaan bangunan gedung di Indonesia harus didesain mampu meminimalisir kerusakan akibat gempa bumi. Konsep berbasis kekuatan tidak mengatakan dengan jelas performa yang akan dicapai, sehingga dalam perkembangan alternatif desain bangunan tahan gempa, mulailah diperkenalkan konsep berbasis kinerja (*performance based seismic design*) yang menitikberatkan pada perpindahan struktur dan memanfaatkan teknik analisa non-linier.

Pada tugas akhir ini, Gedung Laboratorium Tekno Entrepreneurship Universitas Brawijaya didesain setinggi 11 lantai menggunakan struktur sistem ganda, kombinasi SRPMK dan dinding geser, berdasarkan konsep berbasis kinerja dengan pendekatan *direct displacement based design*. Perencanaan gedung ini mengacu pada SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Untuk analisa struktur menggunakan *software* ETABS v.18 dan spColumn. Evaluasi kinerja berdasarkan peraturan ATC-40.

Hasil analisa perhitungan didapatkan beban gempa rencana yang dihitung dengan metode *direct displacement based design* pada struktur sistem ganda sebesar  $V_x = 4534,969$  kN (arah x-x) dan  $V_y = 4263,853$  kN (arah y-y). Tebal pelat sebesar 120 mm dengan tulangan tumpuan dan lapangan memakai  $\emptyset 10 - 125$  mm baik arah x maupun arah y, dan tulangan bagi yang memenuhi yaitu  $\emptyset 10 - 250$  mm. Balok induk B4 dimensi  $600 \times 850$  mm diperoleh pada daerah tumpuan, tulangan atas 10D22 mm dan tulangan bawah 5D22 mm dengan tulangan geser 3 $\emptyset 12 - 75$  mm. Sedangkan pada daerah lapangan digunakan penulangan atas 5D22 mm dan tulangan bawah 10D22 mm dengan tulangan geser 3 $\emptyset 12 - 125$  mm. Kolom K1 dimensi  $900 \times 900$  mm, didapatkan tulangan longitudinal 24D22 mm dengan tulangan geser pada tumpuan 4 $\emptyset 16 - 75$  mm dan tulangan geser pada lapangan 4 $\emptyset 16 - 125$  mm. Tebal dinding geser 250 mm dan panjang 3750 mm, komponen badan digunakan tulangan utama 16D22 mm dengan tulangan geser 2 $\emptyset 16 - 250$  mm, komponen batas khusus diperoleh tulangan utama 16D22 mm dengan tulangan geser 3 $\emptyset 16 - 150$  mm. Nilai rasio perpindahan yang dihasilkan dari analisa *pushover* untuk arah x-x belum dapat dilanjutkan karena pola keruntuhan yang didapatkan tidak memenuhi syarat, sedangkan untuk arah y-y didapatkan nilai 0,0102 level *Damage Control*. Pondasi yang digunakan berupa pondasi tiang pancang diameter 600 mm. Ukuran pile cap  $2700 \times 2700 \times 800$  mm menggunakan tulangan D22 - 100 mm.

**Kata kunci:** *Performance Based Seismic Design, Direct Displacement Based Design, Sistem Ganda, SRPMK, Dinding Geser, Analisis pushover*

## SUMMARY

**Giffari Yon Maulana**, 218.0105.1.159. Alternative Study of Structure Planning for Techno Entrepreneurship Laboratory Building, University of Brawijaya Using Performance-Based Dual System with Direct Displacement Based Design Method. Thesis. Civil Engineering Study Program, Islamic University of Malang. Supervisor: **Ir. Warsito, M.T.**, and **Ir. Bambang Suprpto, M.T.**

---

Earthquakes can cause damage or disrupt human life to the point of loss of life, therefore it is necessary to carry out mitigation measures through building planning in Indonesia which must be designed to minimize damage caused by earthquakes. The strength-based concept does not clearly state the performance to be achieved, so that in the development of alternative earthquake-resistant building designs, performance-based seismic designs have been introduced which focus on structural displacement and utilize non-linear analysis techniques.

In this final project, the UB Techno Entrepreneurship Laboratory Building is designed as high as 11 floors using a double system structure, a combination of SRPMK and shear walls, based on a performance-based concept with a direct displacement based design approach. The planning for this building refers to SNI 1726:2019 and SNI 2847:2019. For structural analysis using ETABS v.18 and spColumn software. Performance evaluation based on ATC-40 regulations.

The results of the calculation analysis, it was found that the planned earthquake loads calculated using the direct displacement based design method on the dual system structure were  $V_x=4534.969$  kN (x-x direction) and  $V_y=4263.853$  kN (y-y direction). The thickness of the slab is 120 mm with support and field reinforcement using  $\emptyset 10$ -125 mm in both the x and y directions, and the reinforcement for that meets is  $\emptyset 10$ -250 mm. Main beam B4 dimension 600×850 mm obtained in support area, top reinforcement 10D22 mm and bottom reinforcement 5D22 mm with shear reinforcement 3 $\emptyset 12$ -75 mm. Whereas in the field area 5D22 mm top reinforcement and 10D22 mm bottom reinforcement with 3 $\emptyset 12$ -125 mm shear reinforcement were used. Column K1 dimensions 900×900 mm, obtained longitudinal reinforcement 24D22 mm with shear reinforcement at supports 4 $\emptyset 16$ -75 mm and shear reinforcement at pitch 4 $\emptyset 16$ -125 mm. The shear wall thickness is 250 mm and the length is 3750 mm, the body components are used 16D22 mm main reinforcement with 2 $\emptyset 16$ -250 mm shear reinforcement, special boundary components are 16D22 mm main reinforcement with 3 $\emptyset 16$ -150 mm shear reinforcement. From the pushover analysis for the x-x direction cannot be continued because the collapse pattern obtained does not meet the requirements, while for the y-y direction a value of 0.0102 is obtained for the Damage Control level. The foundation used is a pile foundation with a diameter of 600 mm. The size of the pile cap is 2700×2700×800 mm using D22-100 mm reinforcement.

**Keywords:** Performance Based Seismic Design, Direct Displacement Based Design, Double System, SRPMK, Shear Walls, Pushover Analysis

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki zona kawasan yang sangat rentan terhadap gempa bumi. Secara geologis terletak pada jalur *ring of fire* yang merupakan zona teraktif dengan deretan gunung vulkanis aktif, selain itu juga berada pada 3 pertemuan lempeng litosferik besar, yaitu Lempeng Eurasia, Pasifik, dan Indo-Australia. Sehingga aktivitas gempa bumi di Indonesia memiliki frekuensi kejadian yang cukup tinggi. BMKG mencatat aktivitas gempa tektonik sepanjang tahun 2021 sebanyak 10.570 kali gempa. Gempa bumi dapat menimbulkan kerusakan ataupun mengganggu kehidupan manusia baik yang menimbulkan korban jiwa maupun kerusakan infrastruktur seperti rumah, bangunan, jalan, jembatan, bendungan, dan lain-lain. Maka dari itu perlu dilakukan tindakan mitigasi melalui perencanaan bangunan gedung atau non gedung di Indonesia harus didesain mampu menahan gaya gempa yang besar serta dapat meminimalisir kerusakan akibat gempa bumi.

Konsep perencanaan bangunan tahan gempa yang konvensional disebut metode desain ultimit (*force based design*) yang mana mengutamakan parameter kekuatan dan kontrol pada tegangan sebagai dasar dalam merencanakan. Desain gempa berbasis kekuatan di sesuaikan dengan peraturan desain gempa di Indonesia. Dengan menggunakan konsep ini, maka persyaratan dasar yang harus dipenuhi adalah nilai kuat rencana harus lebih besar daripada kuat perlu. Namun metode berbasis kekuatan tidak mengatakan dengan jelas performa yang akan dicapai, sehingga dalam perkembangan alternatif desain bangunan tahan gempa, mulailah diperkenalkan konsep berbasis kinerja (*performance based seismic design*).



*Performance based seismic design* menitikberatkan pada perpindahan struktur yang terjadi akibat gempa rencana. Memanfaatkan teknik analisa non-linier untuk menganalisa perilaku inelastis struktur, maka dari itu dapat diketahui kinerjanya pada kondisi kritis. (Wiryanto D, 2008:1) Terdapat beberapa metode perhitungan gempa yang dipakai dalam berbasis kinerja, salah satunya adalah metode *direct displacement based design*. Pada DDBD nilai displacement atau perpindahan lebih ditekankan sebagai acuan untuk menentukan kekuatan yang diperlukan bangunan terhadap gempa desain (Tavio & Usman W, 2018:52-53). Dalam pendekatan berbasis kinerja ini struktur didesain dengan mempertimbangkan faktor ekonomis tanpa mengesampingkan faktor keselamatan terhadap pengguna gedung.

Perencanaan bangunan gedung bertingkat yakni Gedung Laboratorium Tekno Entrepreneurship menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus. Sistem desain struktur dengan pendetailan yang memiliki tingkat daktilitas yang tinggi. Prinsip utama SRPMK adalah konsep kolom kuat-balok lemah. Dengan begitu diharapkan bahwa kolom tidak akan mengalami kegagalan terlebih dahulu sebelum balok. (Agus S, 2016:385) Berdasarkan pada SNI 1726:2019, sistem rangka pemikul momen khusus digunakan pada bangunan dengan kategori desain seismik (KDS) D, E dan F (Huzain, Warsito, dan Suprpto, 2021).

Berdasarkan latar belakang diatas, kajian ini akan merencanakan “Struktur Gedung Laboratorium Tekno Entrepreneurship Universitas Brawijaya Menggunakan Sistem Ganda Berbasis Kinerja Dengan Metode *Direct Displacement Based Design*”. Gedung ini memiliki 11 lantai dengan struktur beton bertulang dan terletak di Kota Malang. Nantinya studi perencanaan ini dengan

penambahan sistem yang sebelumnya SRPMK menjadi sistem ganda (*Dual System*) yaitu sistem rangka pemikul momen khusus dan sistem dinding struktural khusus. Kombinasi kedua sistem tersebut biasa disebut dengan sistem ganda, dimana rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan (Nisa & Warsito, 2021). Metode desain gempa untuk menentukan nilai gaya geser dasar menggunakan metode *Direct Displacement Based Design* dengan gempa rencana sesuai SNI 1726:2019. Selanjutnya analisis akan dilakukan menggunakan *software* ETABS v.18 untuk pemodelan dan desain elemen struktur.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diuraikan beberapa identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Analisa model struktur beton bertulang pada Gedung Laboratorium Tekno Entrepreneurship Universitas Brawijaya menggunakan sistem ganda.
2. Peraturan yang digunakan mengacu pada SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural, SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa, dan SNI 1727-2020 tentang acuan pembebanan.
3. Merencanakan elemen-elemen struktur seperti pelat, balok, kolom, dinding geser dan pondasi.
4. Dalam desain struktur berbasis kinerja didesain sesuai dengan tujuan dan kegunaan bangunan, dengan pertimbangan faktor ekonomis terhadap perbaikan bangunan saat terjadi gempa tanpa mengesampingkan keselamatan terhadap pengguna bangunan.
5. Metode berbasis kinerja memastikan struktur mampu memenuhi kapasitas layan dan kapasitas ultimit serta memenuhi tingkat kinerja yang ditentukan.

### 1.3 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Berapa besar beban gempa yang direncanakan pada gedung dengan sistem ganda menggunakan metode *Direct Displacement Based Design* ?
2. Berapa dimensi dan tulangan pada elemen plat, balok, dan kolom?
3. Berapa dimensi dinding struktural beserta jumlah tulangannya?
4. Bagaimana level kinerja yang dicapai pada Gedung Laboratorium Tekno Entrepreneurship?
5. Berapa dimensi dan tulangan pondasi sesuai dengan beban yang dipikul struktur?

### 1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis membatasi lingkup bahasan yaitu:

1. Tidak menghitung aspek analisa biaya, manajemen konstruksi dan arsitektural bangunan.

### 1.5 Tujuan dan Manfaat

Sesuai dengan judul dan uraian diatas, maka diambil tujuan yang diharapkan pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui besaran kapasitas gempa rencana.
2. Untuk mengetahui dimensi dan penulangan pada plat, balok dan kolom serta sambungan kolom-balok yang akan direncanakan.
3. Untuk mengetahui dimensi dan penulangan *shearwall* sebagai pengaku komponen struktur.
4. Untuk mengetahui level kinerja yang dicapai.
5. Untuk mengetahui dimensi dan penulangan pada pondasi.



Sedangkan manfaat yang dapat diharapkan dari penelitian tugas akhir ini adalah dapat memberikan pengetahuan khususnya kepada penulis dalam perencanaan struktur gedung dengan metode berbasis kinerja menggunakan pendekatan *direct displacement based design*, serta dapat memberikan referensi mengenai perencanaan struktur dengan metode berbasis kinerja.

## 1.6 Lingkup Pembahasan

Berdasarkan dari rumusan masalah, berikut lingkup pembahasan dalam studi perencanaan pembangunan Gedung Enterpreneurship:

1. Perhitungan dimensi awal elemen struktur (*Preliminary design*)
2. Analisis struktur
  - 2.1. Pembebanan struktur
    - a) Beban mati
    - b) Beban hidup
  - 2.2. Analisis respon gempa
  - 2.3. Perhitungan berat efektif seismik
  - 2.4. Perhitungan base shear dengan DDBD
  - 2.5. Pemodelan dan analisis struktur dengan ETABS
3. Perhitungan desain struktur sekunder (pelat dan balok anak).
  - 3.1. Perhitungan dimensi
  - 3.2. Analisis pembebanan
  - 3.3. Perhitungan tulangan
4. Perhitungan desain struktur utama
  - 4.1. Perhitungan desain balok
    - a) Output gaya dalam balok

- b) Cek syarat balok sebagai penampang lentur
  - c) Tulangan longitudinal
  - d) Tulangan transversal
  - e) Rekapitulasi perhitungan balok
- 4.2. Perhitungan desain kolom
- a) Output gaya dalam kolom
  - b) Perhitungan tulangan longitudinal
  - c) Perhitungan tulangan transversal
  - d) Sambungan lewatan
  - e) Rekapitulasi perhitungan kolom
- 4.3. Perhitungan hubungan balok dan kolom
- 4.4. Desain dinding geser
- a) Output gaya dalam dinding geser
  - b) Perhitungan tulangan transversal
  - c) Perhitungan tulangan longitudinal
  - d) Kebutuhan elemen pembatas khusus
  - e) Rekapitulasi perhitungan dinding geser
5. Analisis kinerja
- 5.1. Analisis pushover
  - 5.2. Evaluasi tingkat kinerja struktur
6. Desain struktur pondasi
- 6.1. Data tanah
  - 6.2. Daya dukung pondasi
  - 6.3. Desain pilecap

## BAB V KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Hasil dari Studi Alternatif Perencanaan Struktur Gedung Laboratorium Tekno Entrepreneurship Universitas Brawijaya Menggunakan Sistem Ganda Berbasis Kinerja Dengan Metode *Direct Displacement Based Design*:

1. Beban gempa rencana yang dihitung dengan metode *direct displacement based design* pada struktur sistem ganda sebesar  $V_x = 4534,969$  kN (arah x-x) dan  $V_y = 4263,853$  kN (arah y-y). Kombinasi sistem ganda, untuk SRPMK adalah 28,825% sedangkan pada Dinding Geser adalah 72,528%.
2. Berdasarkan hasil dari analisa perhitungan pelat lantai didapatkan tebal pelat sebesar 120 mm dengan tulangan tumpuan dan lapangan memakai  $\emptyset 10 - 125$  mm baik arah x maupun arah y, dan tulangan bagi yang memenuhi yaitu  $\emptyset 10 - 250$  m. Dari perhitungan balok induk B4 menggunakan dimensi  $600 \times 850$  mm diperoleh pada daerah tumpuan, tulangan atas menggunakan 10D22 mm dan tulangan bawah 5D22 mm dengan tulangan geser  $3\emptyset 12 - 75$  mm . Sedangkan pada daerah lapangan digunakan penulangan atas 5D22 mm dan tulangan bawah 10D22 mm dengan tulangan geser  $3\emptyset 12 - 125$  mm. Hasil analisa perhitungan pada kolom didapatkan tipe K1 yang memiliki dimensi  $900 \times 900$  mm, didapatkan tulangan longitudinal yang memenuhi syarat yaitu 24D22 mm dengan tulangan geser pada tumpuan  $4\emptyset 16 - 75$  mm dan tulangan geser pada lapangan  $4\emptyset 16 - 125$  mm.
3. Hasil analisa dinding geser diperoleh ketebalan 250 mm dan panjang 3750 mm. Memiliki 2 komponen, komponen badan digunakan tulangan utama 16D22 mm

dengan tulangan geser  $2\phi 16 - 250$  mm, pada komponen batas khusus diperoleh tulangan utama  $16D22$  mm dengan tulangan geser  $3\phi 16 - 150$  mm.

4. Nilai rasio perpindahan yang dihasilkan dari analisa *pushover* untuk arah x-x belum dapat dilanjutkan karena pola keruntuhan yang didapatkan tidak memenuhi syarat, sedangkan untuk arah y-y didapatkan nilai 0,0102 level *Damage Control*.
5. Pondasi yang digunakan berupa pondasi tiang pancang diameter 600 mm. Ukuran pile cap  $2700 \times 2700 \times 800$  mm menggunakan tulangan D22 – 100 mm.

## 5.2 Saran

1. Dalam analisa struktur, saya menggunakan aplikasi ETABS, untuk studi berikutnya dapat memakai SAP 2000 karena penamaan pada grafik analisa *pushover* lebih mudah. Misalnya pada ETABS NTE 2009 sedangkan pada SAP 2000 FEMA 440 sesuai penamaan berbasis kinerja.
2. Pada evaluasi kinerja perlu dipertimbangkan sumbu lemah bangunan dan penempatan dinding geser agar *performance point* untuk menentukan level kinerja bangunan tercapai.
3. Dapat menggunakan model dinding geser U dan L agar menghasilkan nilai proporsi sistem ganda yang lebih optimal dalam menahan gaya lateral.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Direktorat Jendral Cipta Karya, 1971.
- . *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2019b.
- . *SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2020.
- . *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2019a.
- Dewobroto, Wiryanto. “Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover,” n.d., 28.
- Huzain, RB Mohammad Ismail, Warsito, and Bambang Suprpto. “Perencanaan Gedung Rumah Sakit Islam Ahmad Yani Surabaya Menggunakan Sistem Struktur Ganda.” *Jurnal Rekayasa Sipil* 10, no. 5 (2021).
- Kamal, Muhibbuddin, Warsito, and Bambang Suprpto. “Studi Perencanaan Struktur Dengan Sistem Ganda (Dual System) Untuk Menahan Beban Lateral Pada Pembangunan Gedung Pasca Sarjana Universitas Islam Malang.” *Jurnal Rekayasa Sipil* 5, no. 1 (2017).
- Kusuma Gideon. *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03*. Jakarta: Erlangga, 1994.
- Lesmana, Yudha. *Desain Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019*. Makassar: Nas Media Indonesia, 2020.



Nisa, Itsna Khoirun and Warsito. “Studi Alternatif Perencanaan Struktur Pada Pembangunan Rumah Sakit Islam Universitas Islam Malang Dengan Sistem Ganda.” *Jurnal Rekayasa Sipil* 9, no. 4 (2021).

Nurkasanah, Warsito, and Bambang Suprpto. “Studi Perencanaan Struktur Beton Bertulang Dengan System Ganda (Dual System) Pada Gedung Psikologi Dan Kesehatan Kampus 2 Uin Sunan Ampel Surabaya.” *Jurnal Rekayasa Sipil* 10, no. 2 (2021).

Pawirodikromo, Widodo. *Seismologi Teknik Dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012.

Powell, Graham H. “Displacement-Based Seismic Design of Structures.” *Earthquake Spectra* 24, no. 2 (May 2008): 555–57. <https://doi.org/10.1193/1.2932170>.

Prakoso, Arga Yudhistira, Ari Wibowo, and Wisnumurti. “Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja Dengan Metode Direct Displacement Based Design.” *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil* 1, no. 2 (2018).

Priestley, M. J. N., Calvi, and Kowalsky. *Displacement-Based Seismic Design of Structures*. Pavia: IUSS, 2007.

Purba, Raja Parulian, Zulfikar Djauhari, and Reni Suryanita. “KINERJA STRUKTUR GEDUNG BERATURAN DUAL SYSTEM (CONCRETE FRAME – RC WALL STRUCTURES) MENGGUNAKAN METODE DIRECT DISPLACEMENT BASED DESIGN DAN CAPACITY SPECTRUM METHOD” 3, no. 2 (2016): 14.

Purwono, Rachmat. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Keempat. Surabaya: ITS Press, n.d.

Puspita, Annisaa Dina, and Anis Rosyidah. "Force Based Design and Direct Displacement Based Design for Dual System Structure." *Logic : Jurnal Rancang Bangun Dan Teknologi* 19, no. 3 (November 30, 2019): 162. <https://doi.org/10.31940/logic.v19i3.1454>.

Suryoatmono, Bambang, trans. *Struktur*. Bandung: Eresco, 1991.

Suswanto, Bobby, Warsito, and Bambang Suprpto. "Studi Perencanaan Struktur Bertulang Tahan Gempa Tower 2 Apartemen Nyumi Samtower Malang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)." *Jurnal Rekayasa Sipil* 10, no. 5 (2021).

Tavio and Usman Wijaya. *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design)*. Yogyakarta: Andi, 2018.

Wijaya, Nyoman Adisurya, Faimun Faimun, and I Gusti Putu Raka. "Desain Modifikasi Struktur Tower Caspian Apartemen Grand Sungkono Lagoon Menggunakan Sistem Balok Prategang dan Sistem Ganda." *Jurnal Teknik ITS* 9, no. 2 (January 25, 2021): C259–64. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.58417>.

