

## **LAPORAN PENELITIAN**

# **KAJIAN DESAIN ARSITEKTUR HASIL ANALISIS BEBAN LATERAL TERHADAP STRUKTUR BANGUNAN MENGUNAKAN RESIST 4.0**



### **Tim Peneliti:**

Intan Findanavy Ridzqo, ST., M.Ars.	NIDN 0310029402	Ketua
Ir. Estuti Rochimah, ST., M.Sc.	NIDN 0326076902	Anggota
Eka Apriliasi, ST., MT.	NIDN 0301049202	Anggota

### **Dibiayai oleh:**

Dana Pengembangan Penelitian Institusi  
Pusat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat  
Sesuai dengan Kontrak Penelitian  
Nomor: 002/KP-HI/PRPM-PP/ITI/VI/2024

**PROGRAM STUDI ARSITEKTUR  
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA  
TANGERANG SELATAN  
2023/2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : Kajian Desain Arsitektur Hasil Analisis Beban Lateral terhadap Struktur Bangunan Menggunakan Resist 4.

Jenis Penelitian<sup>a)</sup> : Penelitian Dasar

Bidang Penelitian<sup>b)</sup> : Infrastruktur dan Pemukiman

Tujuan Sosial Ekonomi<sup>c)</sup> : Desain

TKT (Tingkat Kesiapterapan Teknologi) : 3

Peneliti

1. Nama Ketua : Intan Findanavy Ridzqo, ST., M.Ars

a. NIDN : 0310029402

b. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

c. Program Studi : Arsitektur

d. Nomor HP : 089697157024

e. Alamat Surel (*e-mail*) : intan.findanavy@gmail.com

2. Nama Anggota 1 : Estuti Rochimah, ST.,M.Sc.

a. NIDN : 0326076902

b. Bidang Ilmu : Perancangan Arsitektur

c. Program Studi : Arsitektur

3. Nama Anggota 2 : Eka Apriliasi, ST., MT

a. NIDN : 0301049202

b. Bidang Ilmu : Teknik Keairan

c. Program Studi : Teknik Sipil

4. Anggota Mahasiswa 1

a. Nama Lengkap : Fadlan Juliansyah Toteles

b. NIM : 1222000031

c. Program Studi : Arsitektur

5. Anggota Mahasiswa 2

a. Nama Lengkap : Aisyah Khairunnisa Ramadhani Apandi

b. NIM : 1222100015

c. Program Studi : Arsitektur

6. Anggota Mahasiswa 3

a. Nama Lengkap : Muhammad Abdul Jabar Irawan

b. NIM : 1222000021

c. Program Studi : Arsitektur  
Sumber Dana<sup>d)</sup> : Hibah Penelitian Institusi ITI  
Biaya Penelitian : Rp 2.500.000,- (Dua Juta Lima Ratus Rupiah)

Kota Tangerang Selatan, 31 Agustus 2024

Mengetahui,  
Program Studi Arsitektur  
Ketua

(Ir. Estuti Rochimah, ST., M.Sc.)  
NIDN: 0326076902



Ketua Tim

(Intan Findanavy Ridzqa, ST., M.Ars.)  
NIDN: 0310029401

Menyetujui,  
Kepala  
Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat (PRPM)  
Institut Teknologi Indonesia

(Prof. Dr. Ir. Ratnawati, M.Eng.Sc., IPM)  
NIDN : 0301036303



## LEMBAR PENUGASAN



# INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA

Jl. Raya Puspiptek, Tangerang Selatan - 15314  
(021) 7562757

[www.iti.ac.id](http://www.iti.ac.id) [institutteknologiindonesia](https://www.instagram.com/institutteknologiindonesia) [@kampusITI](https://www.facebook.com/kampusITI) [Institut Teknologi Indonesia](https://www.youtube.com/channel/UC...)

### SURAT TUGAS

No. : 025/ST-PLT/PRPM-PP/ITI/V/2024

Pertimbangan : Bahwa dalam rangka melaksanakan kegiatan Penelitian bagi Dosen Program Studi Arsitektur Institut Teknologi Indonesia, perlu dikeluarkan surat tugas.

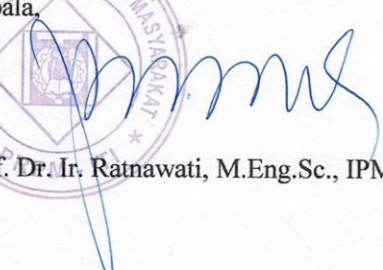
Dasar : 1. Pembebanan Tugas Dosen Program Studi Arsitektur;  
2. Surat Permohonan Tanggal 27 Mei 2024;  
3. Kepentingan Institut Teknologi Indonesia.

### DITUGASKAN

Kepada : Dosen Program Studi Arsitektur – ITI (Terlampir)

Untuk : 1. Melaksanakan kegiatan Penelitian pada Semester Genap Tahun Akademik 2023 - 2024;  
2. Melaporkan hasil tugas kepada Kepala PRPM-ITI;  
3. Dilaksanakan dengan penuh rasa tanggung jawab.

Tangerang Selatan, 30 Mei 2024  
Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Kepala,

  
Prof. Dr. Ir. Ratnawati, M.Eng.Sc., IPM

Tembusan Yth.

1. Wakil Rektor Bidang Akademik, Penelitian dan Kemahasiswaan
2. Ka.Biro SDMO
3. Ka. Prodi Arsitektur
4. Arsip

DAFTAR PENELITIAN DOSEN PROGRAM STUDI ARSITEKTUR SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2023/2024

REVISI 08 Agustus 2024

NO	TOPIK PENELITIAN	BIDANG	SUSUNAN TIM	SUMBER DANA	JUMLAH DANA (Rp)	KETERLIBATAN PRODI/INSTITUSI LAIN	KETERLIBATAN MAHASISWA
1	Analisis Kenyamanan Thermal Ruang Dalam di Stasiun MRT Lebak Bulus Grab	Arsitektur	Aliviana Demami, S.Ars., M.Ars	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Farhan M Fadhilah (NRP: 1222000017)
2	Kajian Desain Arsitektur terhadap Hasil Analisis Beban Lateral terhadap Struktur Bangunan Menggunakan RESIST 4.0	Arsitektur	1. Intan Findanavy Ridzqo, S.T., M.Ars., GP 2. Ir. Estuti Rochimah, S.T., M. Sc 3. Ir. Eka Apriliasji, S.T., M.T	Hibah Dana Internal PT	2.500.000	Teknik Sipil	1. Fadlan Juliyanayah Toteles (NRP: 1222000031) 2. Aisyah Khairunnisa Ramadhani Apandi (NRP: 1222100015) 3. Muhammad Abdul Jabbar Irawan (NRP: 1222000021)
3	Informasi Lingkungan sebagai Sarana Sistem Wayfinding di The Breeze Bumi Serpong Damai City, Tangerang Selatan	Arsitektur	Ir. Estuti Rochimah, S.T., M.Sc	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Astuti Widoretno (NRP: 1221600031)
4	Planning for Border settlement Areas Priority Location li Jagoi Babang, Bengkayang Regency, West Kalimantan 2018	Arsitektur	Dr. Phil., Ir. Rino Wicaksono, S.T., MAUD, MURP, ASEAN Eng	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Tidak ada
5	Plan for Prevention and Improvement of the Quality of Urban Slums in Balangan Regency, South Kalimantan Province, Indonesia	Arsitektur	Dr. Phil., Ir. Rino Wicaksono, S.T., MAUD, MURP, ASEAN Eng	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Tidak ada
6	Kajian Teknis Bangunan Pasar Rakyat: Kasus pasar Minggu Korpri Suradita Kabupaten Tangerang	Arsitektur	1. Dr. Phil., Ir. Rino Wicaksono, S.T., MAUD, MURP, ASEAN Eng 2. Intan Findanavy Ridzqo, S.T., M. Ars	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Shafira Aulia Putri (NRP: 1222000028)
7	Redesain Halte Bus BSD Link Melalui Konsep Eco-Shelter	Arsitektur	Refranisa, S.T., M.T	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Shafira Aulia Putri (NRP: 1222000028)
8	Penerapan Konsep Arsitektur Hijau Pada Mall Outdoor The Breeze Bsd City	Arsitektur	Refranisa, S.T., M.T	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Catur Sastania Putri (NRP: 1222000023)
9	Penggunaan Sistem Pintar pada Unit Hunian di Perumahan Cendana Green Village 3 Kabupaten Bogor	Arsitektur	Refranisa, S.T., M.T	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Raisya Brilian Efendi (NRP: 1222000013)
10	Bata Ecobrick: Inovasi Material dari Cacahan Limbah Plastik	Arsitektur	1. Refranisa, S.T., M.T 2. Aliviana Demami, S.Ars., M.Ars 3. Abi Maulana Hakim, S.T., M.T	Hibah Dana Internal PT	2.500.000	Teknik Sipil	1. Wanego Uropkuin (NRP: 1222100021) 2. Irham Ali Murtholib (NRP: 1222100019)

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan segala limpah karunia-Nya, sehingga laporan penelitian yang berjudul Kajian Desain Arsitektur Hasil Analisis Beban Lateral terhadap Struktur Bangunan Menggunakan Resist 4, dapat diselesaikan. Pada kesempatan ini dihaturkan rasa syukur dan terima kasih banyak kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Ratnawati, M.Eng.Sc., IPM., Kepala Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat (PRPM), Institut Teknologi Indonesia, atas kesempatan yang diberikan;
2. Ibu Linda Alifia Yoshi, ST., MT, selaku Kepala Program Penelitian, Pengembangan, Pengkajian dan Penerapan Teknologi, PRPM, Institut Teknologi Indonesia;
3. Rekan Sejawat di Program Studi Arsitektur, Institut Teknologi Indonesia, atas diskusi, semangat serta dukungannya.

Semoga penelitian ini bermanfaat dalam upaya penambahan wawasan pengetahuan bidang teori, kritik dan sejarah arsitektur, serta bermanfaat pula bagi pembaca lainnya.

Tangerang Selatan, 30 Agustus 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PENUGASAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
ABSTRAK.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	1
1.3. Tujuan Penelitian.....	1
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Kerangka Berpikir .....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Data Dasar Kegempaan .....	4
2.2. Struktur Bangunan Tahan Gempa .....	4
2.3. Resist 4.0 .....	5
BAB III METODA PENELITIAN .....	8
3.1. Objek Penelitian .....	8
3.2. Data Awal Bangunan dan Gempa pada Perangkat Lunak Resist 4.0.....	8
3.3. Hasil Penguatan Bangunan dengan Sistem Struktur Penahan Beban Lateral Gempa .....	10
BAB IV ANALISIS .....	12
BAB V KESIMPULAN .....	17
DAFTAR PUSTAKA .....	18

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kerangka Berpikir .....	2
Gambar 2.1 Peta PGA di wilayah Indonesia.....	4
Gambar 4.1 Kecukupan Nilai dari Setiap Parameter .....	13
Gambar 4.2 Dimensi panjang elemen struktur pada sumbu x dan y sistem struktur (MF dan BF) dan material (RC dan ST). .....	13
Gambar 4.3 Dimensi panjang elemen struktur pada sumbu x dan y dengan sistem struktur SW dan material RC .....	14



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variabel Penelitian .....	6
Tabel 3.2 Data Dasar Rumah .....	7
Tabel 3.3 Parameter Desain Bangunan .....	9
Tabel 3.4 Dimensi Panjang Sisi Depan dan Samping.....	9
Tabel 3.5 Super impose denah fungsi ruang dengan denah struktur perkuatan lateral.....	11

## **ABSTRAK**

Ketersediaan lahan dan harga hunian di tengah ibukota semakin sulit dijangkau oleh masyarakat. Hal ini mendorong industri properti menawarkan hunian berupa rumah tapak di kota-kota satelit penyangga ibukota. Pembangunan perumahan yang massif ini seringkali kurang mempertimbangkan aspek ketahanan bangunan terhadap bencana alam. Struktur bangunan tidak memiliki perkuatan khusus terhadap beban lateral, terutama gempa, sehingga banyak bangunan yang mengalami kerusakan. Pada tahap merancang bangunan oleh arsitek dan mahasiswa arsitektur, seringkali melakukan analisis pengujian struktur sebatas kajian awal untuk memastikan kekuatan dan penempatan elemen struktur tidak mengurangi efektifitas penggunaan ruang dan estetika. Salah satu perangkat lunak untuk mengkaji kehandalan bangunan melalui pengujian gaya lateral gempa yang sering diperkenalkan dalam pendidikan arsitektur adalah Resist. Penelitian kali ini bertujuan mengeksplorasi perangkat Resist dalam menganalisis geometri bentuk bangunan yang kompleks. Dan ternyata Resist sangat membantu dalam tahap preliminary design sebelum suatu rancangan diteruskan pada tahap perhitungan struktur secara lebih teliti.

Kata kunci: arsitektur, ketahanan bangunan, Resist 4.0

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Jumlah penduduk yang terus bertambah di Jakarta berkorelasi dengan kebutuhan akan tempat tinggal. Namun, harga lahan dan properti di tengah ibukota tentunya tidak murah. Hal ini yang kemudian mendorong industri property menawarkan hunian berupa rumah tapak di kota-kota satelit penyangga Jakarta, seperti Bekasi, Bogor, Tangerang, bahkan hingga Serang. Pembangunan perumahan yang massif di wilayah-wilayah ini seringkali kurang mempertimbangkan aspek ketahanan bangunan terhadap bencana alam, misalnya wilayah Serang yang sering mengalami gempa.

Rancangan bangunan rumah yang dikembangkan oleh pengembang property, umumnya memiliki tatanan ruang dan struktur yang hampir sama satu dengan lainnya. Struktur bangunan tidak memiliki perkuatan khusus terhadap beban lateral, terutama gempa. Akibatnya, banyak bangunan yang mengalami kerusakan karena gaya gempa tidak dipertimbangkan secara khusus dalam rancangan struktur bangunan. Adanya elemen khusus yang didedikasikan untuk menahan gaya lateral akan dapat menurunkan risiko kerusakan bangunan, bahkan mengurangi dampak kerugian sosial dan ekonomi [1].

Perhitungan struktur bangunan seringkali menjadi tantangan tersendiri bagi para arsitek, terutama pada skala pengembang kecil. Padahal, kekuatan struktur bangunan perlu diperhitungkan dengan cermat selama tahap perencanaan dan perancangan. Kekuatan struktur mencakup dimensi elemen struktural, material dan konfigurasi elemen struktur. Perangkat lunak yang banyak digunakan untuk menguji kekuatan struktur oleh para profesional di bidang teknik sipil biasanya jarang digunakan dalam bidang arsitektur karena hasilnya yang bersifat kuantitatif dan relatif kompleks. Pada tahap merancang bangunan oleh arsitek dan mahasiswa arsitektur, seringkali lebih memerlukan analisis pengujian struktur yang bersifat kajian awal untuk memastikan kekuatan dan penempatan elemen struktur tidak mengurangi efektifitas penggunaan ruang dan estetika.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Bagaimana kinerja beban lateral pada struktur bangunan hasil desain arsitektur dengan menggunakan Resist 4.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan menjadi masukan bagi rancangan rumah tinggal

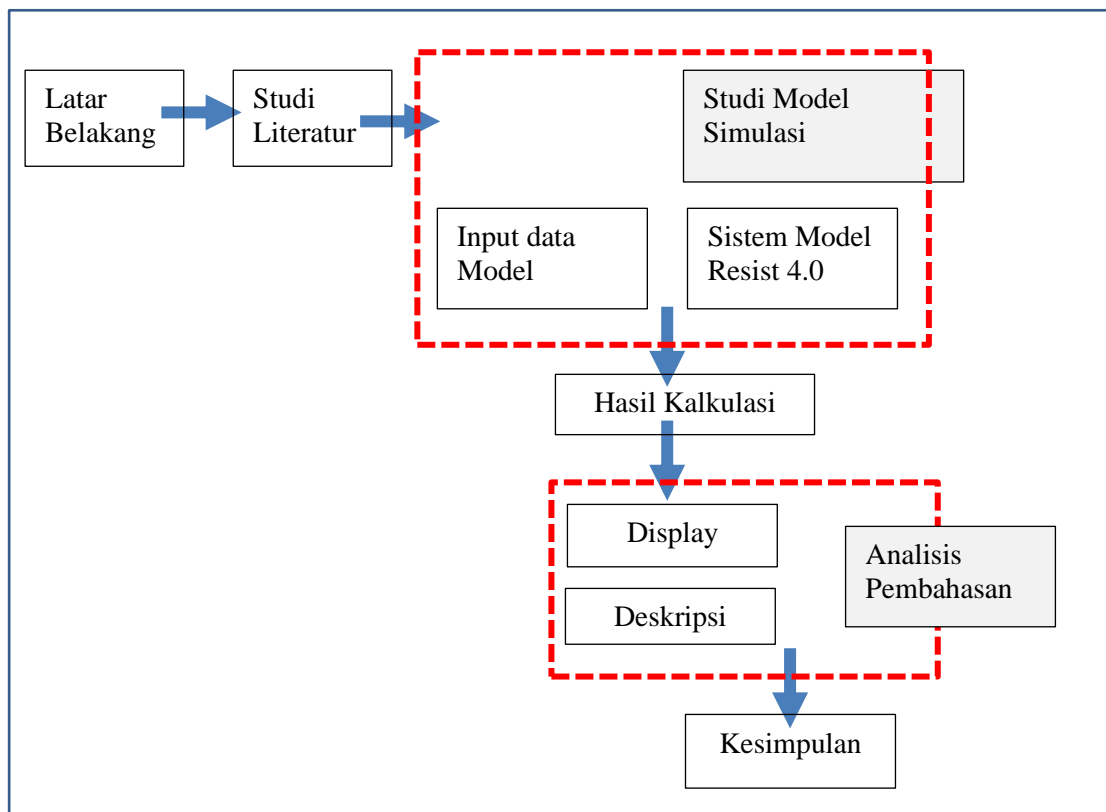
dengan mempertimbangkan kekuatan elemen struktur lateral pada rumah tinggal.

#### 1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini mengkaji karakteristik beban kinerja beban lateral pada struktur bangunan rendah.

#### 1.5. Kerangka Berpikir

Menurut Sugiyono (2017:60) kerangka berpikir merupakan sebuah model konseptual mengenai bagaimana sebuah teori dapat berhubungan dengan berbagai faktor yang didefinisikan sebagai masalah penting. Kerangka berpikir adalah hasil pemikiran penelitian setelah mengkaji tentang latar belakang, rumusan masalah serta tujuan yang akan dicapai sebagai dasar logika untuk mencapai jawaban dari masalah tersebut.



Gambar 1.1 Kerangka Berpikir  
(Sumber: Pemikiran Peneliti, dibuat pada 08 Juni 2024)

#### 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan ini dilakukan dalam beberapa bagian sebagai berikut:

- Bab I Pendahuluan

Bab ini menguraikan perihal judul yang diambil, pengertian judul, latarbelakang, permasalahan, tujuan penelitian, kerangka berpikir dan sistematikan penulisan.

- Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan secara umum tentang karakteristik bangunan tingkat rendah, Resist 4.0.

- Bab III Metoda Penelitian

Bab ini menguraikan apa saja yang dilakukan peneliti dalam studi simulasi model bangunan yang sesuai dengan objek penelitian yang diteliti.

- Bab IV Analisis

Bab ini menguraikan hasil kalkulasi dan interpretasi studi model menggunakan Resist 4.0 pada bangunan tingkat rendah sesuai dengan topik penelitian.

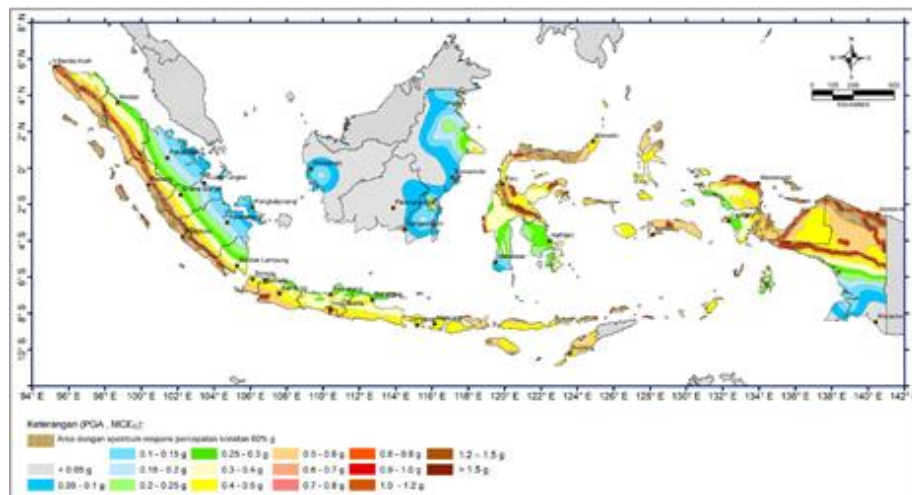
- Bab V Kesimpulan

Bab ini merupakan bagian penutup, yang berisikan kesimpulan dari pembahasan hasil penelitian.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Data Dasar Kegempaan

Struktur bangunan rumah atau perumahan tergolong memiliki tingkat risiko II. Data gempa di Kabupaten Serang diambil dari peta PGA (peak ground acceleration) dengan titik pengambilan data di Serang pada SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung [10]. Besar *hazard factor* di wilayah Serang dan sekitarnya adalah antara 0,4 – 0,5 gram (Gambar 2.1)..



**Gambar 2.1** Peta PGA di wilayah Indonesia.

Sumber: SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

### 2.2. Struktur Bangunan Tahan Gempa

Standar Perencanaan Struktur bangunan tahan gempa di Indonesia saat ini (SNI 03 1726-2012)[13], mengisyaratkan bahwa struktur bangunan harus kuat untuk mencegah terjadinya keruntuhan atau kegagalan struktur akibat gaya gempa. Oleh karena itu dalam perencanaan diharuskan agar memenuhi beberapa kondisi batas sebagai berikut:

- Bila terjadi gempa kecil struktur bangunan mampu bertahan dan masih bersifat elastis.
- Bila terjadi gempa sedang, struktur bangunan tidak boleh mengalami kerusakan struktural namun dapat mengalami kerusakan rinagan pada nonstruktural.
- Pada gempa kuat, struktur bangunan dapat mengalami kerusakan struktural namun harus tetap berdiri sehingga korban jiwa dapat dihindarkan.

### 2.3. Resist 4.0

Salah satu perangkat lunak untuk menguji gaya lateral gempa yang sering diperkenalkan dalam pendidikan arsitektur adalah Resist [2][3]. Menggunakan Resist untuk kajian awal akan sangat menguntungkan perancang selama tahap pra-rancangan (preliminary design) dan sehingga dapat dilanjutkan ke tahap perancangan yang lebih detail. Namun, belum banyak penelitian yang melaporkan penggunaan Resist untuk mengeksplorasi merancang struktur lateral. Suriani menggunakan Resist untuk mengevaluasi dan mengusulkan perkuatan struktur lateral pada suatu bangunan bertingkat rendah [4]. Fungsi bangunan rumah sakit dengan tingkat dampak pasca bencana yang besar juga dapat dirancang lebih awal pada tahap pra-rancangan sehingga ukuran, jenis, dan penempatan elemen struktur penahan beban lateral dapat disiapkan sejak awal oleh Attamimi [5].

Namun demikian, Charleson, sebagai pengembang software ini, menyatakan bahwa terdapat keterbatasan Resist dalam menganalisis geometri bentuk bangunan yang kompleks [3]. Di sisi lain, penelitian lain yang membahas konfigurasi optimal elemen struktur lateral [6]. Oleh karenanya, perlu dieksplorasi pada berbagai tipe bangunan, tipologi struktur mulai dari *low-rise* hingga *high-rise*, fungsi bangunan, aspek rasio bangunan mulai dari *wide to tall*, bentuk denah yang *regular* hingga *irregular*, jenis elemen struktur lateral, dan material [7] [8] [9].

## BAB METODA PENELITIAN

### 3.1. Obyek Penelitian

Obyek penelitian berupa rancangan rumah dua lantai yang diperoleh melalui database perumahan <https://sikumbang.tapera.go.id/>. Data yang dikumpulkan yaitu gambar denah bangunan dan gambar persepektif. Informasi yang diperoleh dari gambar denah rumah adalah layout ruang, dimensi ruang dan rencana peletakan furniture. Sementara itu, analisis struktur bangunan menggunakan perangkat lunak Resist yang diperoleh melalui laman <https://www.nzsee.org.nz/library/other-publications/resist/>. Penelitian ini mengeksplorasi elemen struktur lateral yang mencakup jenis sistem struktur, material, dimensi, dan konfigurasi penempatan (Tabel 3.1).

**Tabel 3.1** Variabel Penelitian

Sistem struktur	Sub-sistem struktur	Material	Dimensi
Shear wall (SW)		Reinforced concrete (RC)	$\geq 12$ cm
Moment frame (MF)		Steel (ST)	10 cm, 12 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm
Braced frame (BF)	Concentric (CO)		
	Eccentric (EC)		
	Inverted V (IV)		
	Concentric tension only (CT)	Steel (ST)	$\geq 10$ cm

Data yang tersedia pada laman <https://sikumbang.tapera.go.id/> yang diakses pada 6 Juli 2024 menunjukkan terdapat sebanyak 17.746 unit yang tersebar di 108 lokasi perumahan di Kabupaten Serang, Propinsi Banten. Sejumlah unit tersebut terdiri dari jumlah unit yang telah terjual, unit yang belum terjual dan siap huni, unit rumah yang masih dalam tahap konstruksi, atau petak tanah dengan rancangan yang telah disiapkan. Dari aspek pembiayaan, jumlah unit tersebut terbagi menjadi unit subsidi dan komersil. Unit subsidi merupakan unit yang dalam pembiayaan konstruksinya memperoleh subsidi dari pemerintah. Sedangkan, harga pada unit komersil secara keseluruhan ditanggung oleh konsumen. Umumnya, unit rumah subsidi hanya terdapat pada jenis perumahan yang disubsidi pula. Pada perumahan subsidi, hanya terdapat tipologi struktur bangunan rumah tapak satu lantai. Sementara itu, pada perumahan komersil, selain tipe satu lantai, juga terdapat tipe rumah tapak dua lantai (lantai bertingkat) dan rumah susun bertingkat banyak.

Pada jenis perumahan komersil, tipe rumah tapak bertingkat ditemukan pada tiga lokasi perumahan dengan 8 tipe variasi rancangan (Tabel 3.2). Variasi rancangan terlihat pada data ukuran bangunan, denah, dan tampak bangunan. Struktur atap pada gambar



tampak tidak digunakan sebagai acuan, melainkan akan disederhanakan dan diseragamkan. Gambar perspektif dimanfaatkan untuk melihat struktur untuk ruang pada lantai dua bangunan, seperti area lantai balkon atau kamar tidur dengan struktur lantai kantilever.

**Tabel 3.2** Data Dasar Rumah

No.	LB/LT	Denah	Perspektif
HA	60/78		
HB	60/78		
HC	45/48		
HD	60/72		
HE	120/136		



Keterangan: LB = luas lantai bangunan (m<sup>2</sup>); LT = luas tanah (m<sup>2</sup>)

Kedelapan rancangan bangunan menggunakan sistem struktur utama rangka kaku dengan bahan beton bertulang sebagai penopang beban gravitasi. Struktur bawah bangunan berupa kombinasi pondasi telapak beton bertulang dan pondasi menerus batu kali. Pada bagian tengah, dinding bangunan menggunakan material utama bata ringan yang ditutup dengan plester dan cat. Rangka atap menggunakan rangka datar (flat truss) dengan bahan baja ringan. Atap ditutup dengan bahan lembar polikarbonat dan beberapa di antaranya menggunakan lembar atap beton.

### 3.2. Data Awal Bangunan dan Gempa pada Perangkat Lunak Resist

Memasuki tampilan awal Resist, data umum bangunan akan diminta. Terhadap kedelapan obyek, data umum disamakan seperti yang tertera pada Tabel 3.2. Tipologi bangunan rumah tinggal dipilih sebagai struktur normal karena cukup penting bagi kepemilikan perumahan, namun tidak berdampak pada masyarakat apabila hancur karena bencana. Jarak antar lantai bangunan diasumsikan setinggi 3,5 meter. Lantai dua bangunan rumah tinggal menggunakan beton bertulang sehingga tipe yang dipilih adalah medium dengan fungsi lantai domestic rumah tangga. Material dinding interior dan eksterior menggunakan bata ringan sehingga tipe yang dipilih adalah medium. Rangka

atap menggunakan bahan baja ringan dengan penutup atap diasumsikan menggunakan lembar genteng beton sehingga tipe berat atap yang dipilih medium.

**Tabel 3.3.** Parameter desain bangunan

Information	Tipe/ Data Input
Importance category	Normal structure
Number of storeys	2
Storey height	3,5 meter
Roof height	1,75 meter
Floor weight	Medium
Floor live load	Domestic
Interior wall weight	Medium
Exterior wall weight	Medium
Roof weight	Medium

Bentuk atap diasumsikan berupa atap pelana yang membentang sepanjang sumbu y bangunan, yaitu dari depan ke belakang sehingga air hujan akan jatuh ke sisi depan dan belakang bangunan. Tinggi puncak (h) atap pelana dihitung menggunakan persamaan 1. Sudut  $\alpha$  yang digunakan 300 yang mana merupakan sudut yang direkomendasikan karena mudah dalam perawatan dan relative lebih cepat dalam pertukaran udara dibandingkan dengan kemiringan atap yang lain [11]. Nilai  $\bar{y}$  merupakan nilai rata-rata panjang sisi depan (sumbu y) kedelapan obyek bangunan (Tabel 3.4.).

$$h = 12 * \tan \alpha * \bar{y}$$

**Tabel 3.4.** Dimensi Panjang sisi depan dan samping kedelapan obyek bangunan dan rata-rata nilainya.

	Panjang sisi depan bangunan (x) (meter)	Panjang sisi samping bangunan (y) (meter)
HA	6	5
HB	6	6
HC	4	6,25
HD	6	5,50
HE	8	7,25
HF	8	6,80
HG	6	6,10
HI	6	5,80
$\bar{x}, \bar{y}$	6,25	6,0875

Panjang sisi depan dan samping bangunan umumnya tidak simetris antara perimeter lantai bawah dan atas, di mana sebagian area lantai atas merupakan struktur

kantilever. Untuk itu, diperlukan suatu penyederhanaan, yakni dengan mengutamakan perimeter lantai dua sehingga besar nilai panjang sisi depan dan samping bangunan diperoleh dari lantai atas. Pertimbangan menggunakan lantai dua sebagai prioritas pada struktur karena persyaratan keselamatan pada lantai bertingkat lebih tinggi dibandingkan struktur bangunan satu lantai.

Kemudian pada kelompok data gempa, data yang diminta adalah hazard factor dan jenis tanah. Hazard factor yang dimasukkan adalah 0,4 – 0,5 g. Kedua nilai ini akan digunakan sebagai batas bawah dan batas atas untuk mengantisipasi adanya peristiwa gempa yang terbesar dari riwayat kegempaan di wilayah ini.

Jenis tanah di wilayah Kabupaten Serang adalah jenis tanah andosol. Tanah jenis ini merupakan jenis tanah vulkanik, bersifat keras namun mudah rapuh dan mudah lunak jika hujan. Tanah ini subur sehingga banyak dimanfaatkan untuk aktivitas pertanian dan perkebunan [12]. Sebagai masukan data pada Resist, jenis tanah ini dipilih sebagai tipe lunak. Sementara itu, masukan data angin diabaikan karena tipe yang tersedia terkait dengan konteks dan regulasi di New Zealand. Data pondasi juga diabaikan karena tidak terdapat penjelasan lebih detail mengenai tipe pondasi yang tersedia.

### **3.3. Hasil Penguatan Bangunan dengan Sistem Struktur Penahan Beban Lateral Gempa**

Denah bangunan rumah tinggal umumnya memiliki geometri lantai dasar yang tidak tepat simetris dengan lantai atasnya (Tabel 3.5). Sementara itu, Resist memerlukan denah yang simetris dari lantai bawah hingga lantai teratas karena denah yang simetris berarti distribusi beban lebih merata dan elemen struktur dapat menyokong beban secara efektif. Untuk itu diperlukan penyederhanaan yaitu dengan menggunakan denah lantai dua sebagai denah dasar pembuatan perimeter lantai pada Resist, dengan pertimbangan bahwa struktur untuk menyokong lantai dua memiliki beban yang lebih besar dibandingkan lantai dasar. Dari kedelapan obyek, umumnya terdapat area lantai dua yang disokong dengan sistem struktur lantai kantilever. Area lantai kantilever biasanya terletak pada sisi depan dan sebagian desain juga terdapat kantilever di sisi belakang bangunan. Fungsi ruang di atas lantai kantilever umumnya merupakan kamar tidur dan teras balkon.

**Tabel 3.5.** Super impose denah fungsi ruang dengan denah struktur perkuatan lateral menggunakan elemen dengan sistem moment sepanjang 200 cm.

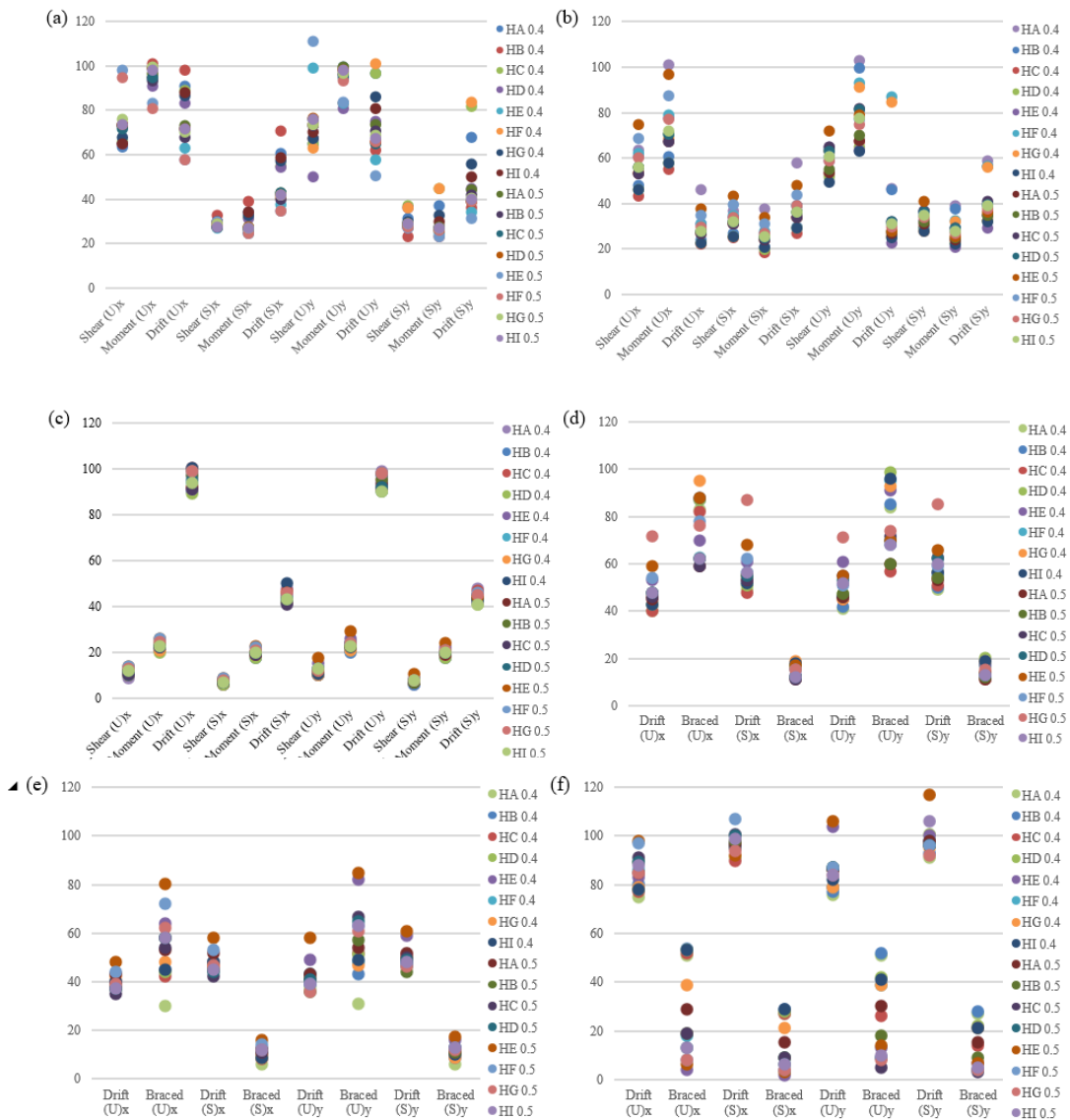


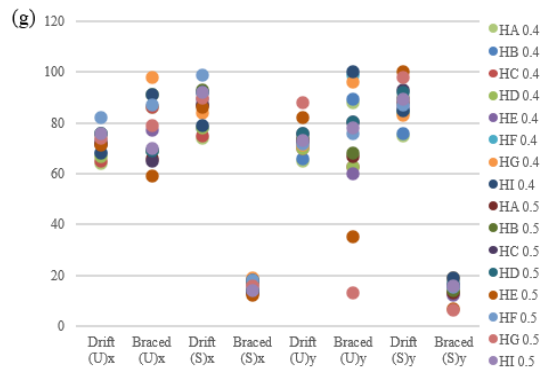
Garis putus-putus menunjukkan terdapat dinding pada garis tersebut, sekaligus menunjukkan grid struktur bangunan sebagai titik acuan di mana kemungkinan posisi peletakan elemen perkuatan struktur lateral. Pada garis merah terdapat elemen perkuatan struktur terhadap beban lateral, sedangkan pada garis biru tidak diberikan elemen ini dan cukup diletakkan elemen struktur aksial. Dari gambar denah di atas, perimeter lantai berukuran rata-rata lebar 6,25 meter dan panjang 6,0875 meter terdapat grid 2 x 2.

Denah yang telah disiapkan kemudian diberikan elemen perkuatan struktur (persegi panjang berwarna merah), yaitu elemen x pada sumbu dinding x dan elemen y pada sumbu dinding y. Peletakan elemen sama pada semua jenis sistem struktur, sub-struktur dan material dengan perbedaan pada ukuran elemen struktur (besar kolom) dan panjangnya (bay length). Penempatan elemen struktur lateral dengan jarak antar elemen struktur x dan y tertera pada tabel 3.5.

## BAB IV ANALISIS

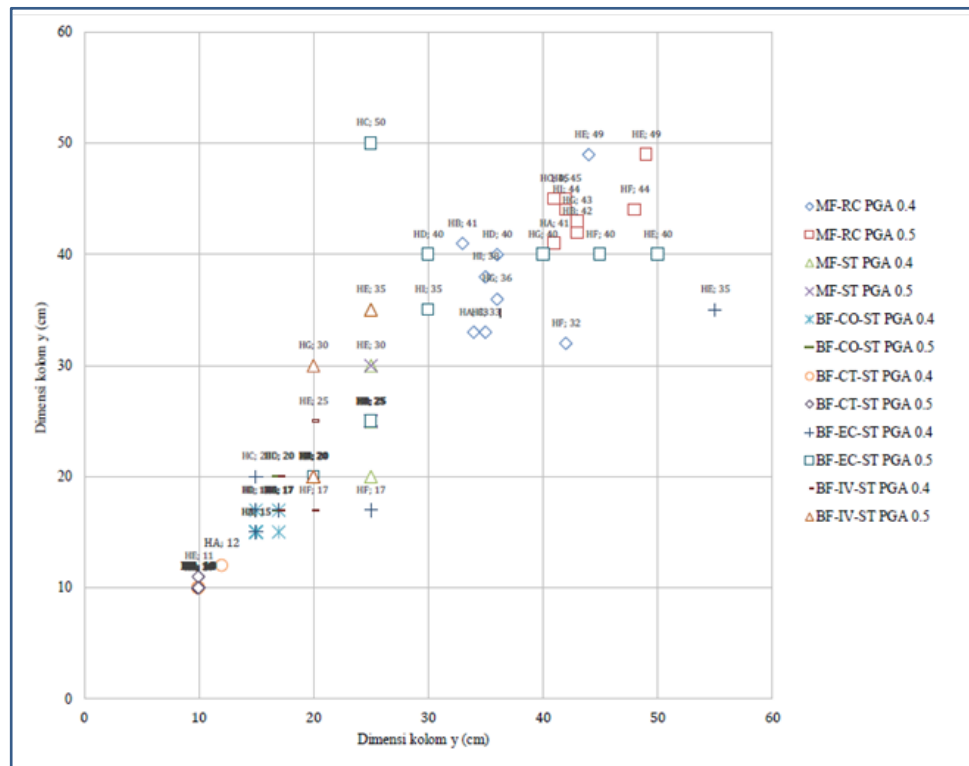
Resist menawarkan tiga ragam struktur utama, yaitu *moment frame* (MF), *structural walls* (SW), dan *braced frame* (BF). Variabel terikat pada sistem *moment frame* (MF) dan *braced frame* (BF) adalah panjang lantai yang ditopang sebesar 1 meter dan jumlah baris 2 buah dengan *bay length* 1 meter. Sedangkan besarnya kolom yang dieksplorasi dengan bahan beton bertulang mulai dari 12 cm seterusnya ditambahkan 1 cm hingga lebih besar sedemikian sehingga parameter berupa salah satu dari nilai *shear*, *moment*, *drift*, atau *braced* pada keadaan gempa biasa (S) dan besar (U) yang ditampilkan pada *Tab Result* telah mencapai hasil optimal, yakni berada tidak jauh di bawah angka 100% (Gambar 4.1 ).





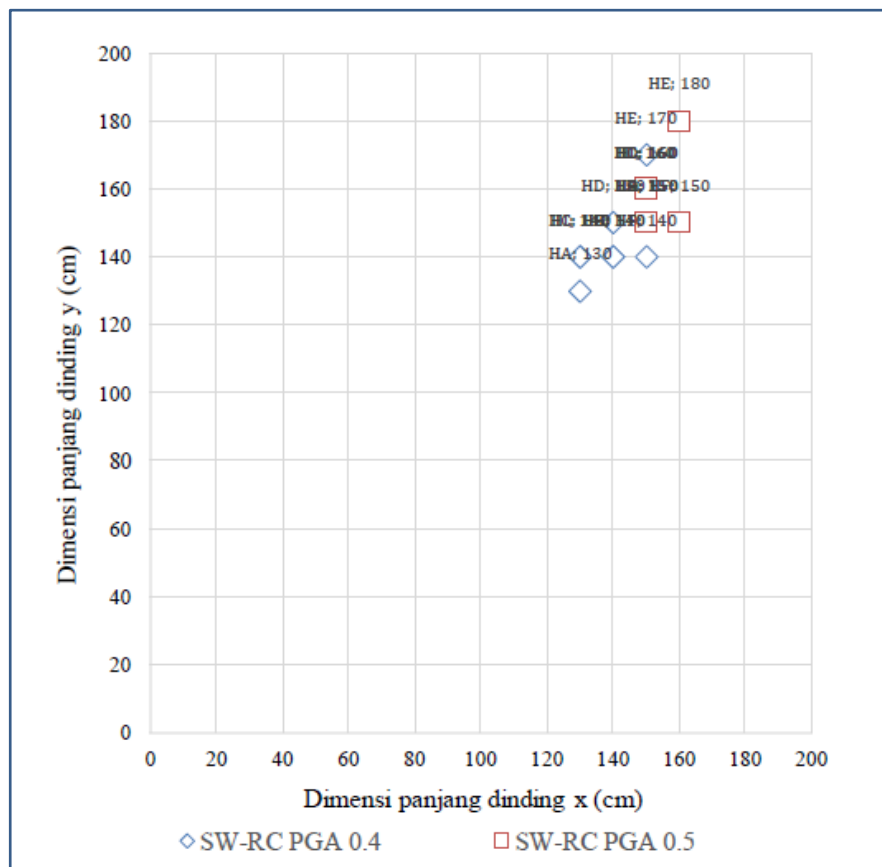
**Gambar 4.1** Kecukupan nilai dari setiap parameter yang telah memenuhi persyaratan yang diatur, yaitu salah satu nilai parameter berada di bawah atau di atas yang mendekati angka 100% pada sistem struktur (a) *Moment frame RC* (b) *moment frame steel* (c) *structural wall RC* (d) *BF-CO-ST* (e) *BF-CT-ST* (f) *BF-EC-ST* (g) *BF-IV-*

Sistem struktur braced frame memiliki empat ragam *sub-sistem*, yaitu *concentric* (BF-CO), *concentric tension only* (BF-CT), *eccentric* (BF-EC) dan *inverted V* (BF-IV). Bahan bangunan memegang peranan besar dalam menentukan ukuran dimensi kolom. Penggunaan bahan bangunan beton bertulang (RC) berukuran 32 – 49 cm pada kondisi PGA 0.4 dan 0.5, sedangkan bahan baja (ST) berukuran lebih kecil yaitu antara 10 – 55 cm (Gambar 4.2).



**Gambar 4.2.** Dimensi panjang elemen struktur pada sumbu x dan y dengan sistem struktur (MF dan BF) dan material (RC dan ST).

Sistem structural wall (SW) pada Resist memiliki variasi material *reinforced concrete*, *reinforce concrete with masonry* dan kayu atau plywood. Pada penelitian ini, hanya material *reinforced concrete* (RC) yang digunakan karena yang paling banyak digunakan pada konstruksi bangunan baru. Ketebalan dinding structural yang disyaratkan Resist minimum 21 cm yang dijadikan variabel terikat. Panjang *structural wall* pada PGA 0.4 – 0.5 yang dihasilkan adalah 130 – 180 cm (Gambar 4.3)



**Gambar 4.3.** Dimensi panjang elemen struktur pada sumbu x dan y dengan sistem struktur SW dan material RC

Resist memiliki keterbatasan bagi penggunaannya untuk merancang bangunan multi lantai dengan perimeter lantai dan layout ruang yang berbeda antar lantainya. Sementara itu, pada bangunan rumah tinggal yang memiliki layout grid ruang pada lantai dasar biasanya tidak tipikal atau berbeda dengan lantai di atasnya. Untuk itu, dalam kajian awal untuk menempatkan elemen structural terhadap beban lateral gempa, maka diperlukan denah arsitektural yang telah dilengkapi dengan rancangan layout ruang dan rencana peletakkan furniturnya.



Perimeter lantai-lantai atas pada tipologi bangunan rumah tinggal bertingkat dipertimbangkan sebagai masukan data perimeter pada Resist. Hal ini karena lantai-lantai atas memiliki beban aksial dan lateral yang lebih besar dibandingkan dengan lantai dasar. Selain itu, seringkali ditemukan luas lantai atas berukuran lebih besar dibandingkan dengan lantai dasar, biasanya ruang tidur dan balkon, yang ditopang dengan sistem kantilever. Penggunaan lantai-lantai atas juga dimaksudkan karena struktur lateral ini harus menerus dari lantai dasar menerus hingga lantai teratas

Penempatan elemen struktural beban lateral pada bangunan rumah tinggal sangat bergantung pada grid yang tercipta dari elemen dinding. Elemen pada sumbu y dapat ditempatkan pada batas samping bangunan dan dinding pembagi ruang tidur di bagian tengah. Penempatan elemen sumbu y cenderung lebih mudah dan tidak memerlukan pertimbangan yang banyak karena penempatan elemen struktur tidak banyak berkonflik terhadap sirkulasi lalu lalang dan bukaan, seperti pintu dan jendela. Sedangkan, penempatan elemen sumbu x pada *layout* ruang cenderung harus lebih berhati-hati karena pada sisi muka dan belakang bangunan banyak terdapat bukaan. Beberapa denah juga memotong area carport untuk penempatan elemen x ini, yang harus menerus dari bawah hingga atas.

Ukuran elemen x dan y cenderung sama. Hal ini terlihat dari koordinat yang simetris pada grafik. Beberapa koordinat yang tidak simetris, terjadi karena jarak antar elemennya bervariasi (lihat Kembali tabel 5). Sedangkan beberapa obyek yang jarak antar elemen pada sumbu x dan y-nya sama, maka ukuran elemen cenderung sama, sehingga koordinat pada grafik dimensi panjang menjadi simetris. Dimensi panjang elemen yang sama pada sumbu x dan y, yang simetris terlihat pada grafik, akan memudahkan proses konstruksi karena modular struktur yang sama.

Jika dibandingkan dengan sistem struktur lain, yaitu moment frame, braced frame lainnya, atau structural wall, terlihat bahwa sistem struktur concentric tension only dengan bahan baja menciptakan koordinat dimensi struktur yang paling simetris dan paling kecil, terlihat dari grafik. Hal ini berarti sistem ini merupakan sistem yang paling efektif pada berbagai jarak antar elemen dan rentang nilai PGA, serta efisien karena tidak mengurangi luas lantai, dalam hal ini tidak lebih besar dari tebal dinding 15 cm. Sementara itu, baja dan terlebih lagi beton bertulang membutuhkan ukuran yang lebih spesifik untuk jarak antar elemen yang berbeda-beda, yang mana semakin besar jarak antar elemen, semakin besar pula dimensi elemen struktur terhadap beban lateral. Bahan baja dan beton bertulang memiliki rentang dimensi yang besar saat dihadapkan pada

keadaan gempa dengan PGA 0.4 dan 0.5. Namun demikian, patut dicatat bahwa konstruksi sistem *concentric tension only* tidak lebih ekonomis dibandingkan dengan baja dan beton bertulang

## **BAB V KESIMPULAN**

Penelitian ini mengajukan suatu pendekatan merencanakan elemen struktur lateral pada tipologi bangunan perumahan tapak dengan menggunakan software Resist. Diketahui sebelumnya bahwa perangkat ini memiliki keterbatasan dalam merancang bangunan bertingkat dengan layout ruang yang non-tipikal. Namun demikian, Resist sangat membantu dalam tahap preliminary design sebelum suatu rancangan diteruskan pada tahap perhitungan struktur secara lebih teliti. Untuk itu, dengan menggunakan denah, arsitek dapat mengeksplorasi penempatan elemen struktur yang menerus dari lantai dasar hingga lantai atas dengan mempertimbangkan layout ruang, sirkulasi, bukaan dan furniture.

Resist menawarkan berbagai sistem struktur dan material yang dapat dieksplorasi untuk menemukan elemen struktur penahan beban lateral yang efektif dan efisien untuk bangunan perumahan tapak. Namun demikian, dimensi elemen struktur sangat bergantung pada jarak antar elemen yang umumnya pada bangunan rumah tapak terbatas pada grid struktur 2 x 2 dengan jarak yang tidak terlalu jauh.

Pada penelitian selanjutnya diperlukan eksplorasi dengan mengombinasikan sistem struktur, sub-sistem dan material pada suatu denah bangunan untuk mencapai nilai ekonomis konstruksinya. Selain itu, aspek estetika pada tampak maupun ruang dalam, serta keamanannya dapat menjadi dipertimbangkan sebagai kajian arsitektur untuk menjembatani kesenjangan yang seringkali terjadi antara arsitek dan ahli perencana struktur.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Chancellor, M. Eatherton, D. Roke, and T. Akbaş, “Self-Centering Seismic Lateral Force Resisting Systems: High Performance Structures for the City of Tomorrow,” *Buildings*, vol. 4, no. 3, pp. 520–548, Sep. 2014, doi: 10.3390/buildings4030520.
- [2] A. Charleson, “Earthquake engineering education in schools of architecture: Developments during the last ten years including rule-of-thumb software,” *Journal of Architectural Engineering*, vol. 24, no. 3, p. 04018020, 2018.
- [3] A. Charleson, “Comparison between Contemporary Architectural Form in Cities with High versus Low Seismicity,” *Earthquake Spectra*, vol. 25, no. 1, pp. 1–15, Feb. 2009, doi: 10.1193/1.3025923.
- [4] E. Suriani, “KAJIAN STUDI ALTERNATIF DESAIN BANGUNAN TERHADAP BEBAN LATERAL PADA BANGUNAN TINGGI,” *NALARs*, vol. 22, no. 1, pp. 35–48, 2023.
- [5] A. Attamimi and M. Riany, “Penerapan Konsep Tanggap Bencana Gempa pada Perancangan Rumah Sakit Khusus Jantung dan Pembuluh Darah di Kota Bandung,” *FAD*, vol. 2, no. 2, 2022.
- [6] Y. Zhang and C. Mueller, “Shear wall layout optimization for conceptual design of tall buildings,” *Eng Struct*, vol. 140, pp. 225–240, Jun. 2017, doi: 10.1016/J.ENGSTRUCT.2017.02.059.
- [7] S. Talatahari and M. Rabiei, “Shear wall layout optimization of tall buildings using Quantum Charged System Search,” *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, vol. 14, pp. 1131–1151, 2020.
- [8] T. Kim and J. M. LaFave, “Proposed new equivalent lateral force design method for low-rise reinforced concrete wall-frame mixed building systems,” *Eng Struct*, vol. 152, pp. 87–101, Dec. 2017, doi: 10.1016/J.ENGSTRUCT.2017.09.001.
- [9] P. Sharafi, M. Mortazavi, N. Usefi, K. Kildashti, H. Ronagh, and B. Samali, “Lateral force resisting systems in lightweight steel frames: Recent research advances,” *Thin-Walled Structures*, vol. 130, pp. 231–253, Sep. 2018, doi: 10.1016/J.TWS.2018.04.019.
- [10] Badan Standarisasi Nasional BSN, “SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung,” 2019, Jakarta.
- [11] Q. Roslan, S. H. Ibrahim, R. Affandi, M. N. Mohd Nawawi, and A. Baharun, “A literature review on the improvement strategies of passive design for the roofing system of the modern house in a hot and humid climate region,” *Frontiers of Architectural Research*, vol. 5, no. 1, pp. 126–133, Mar. 2016, doi: 10.1016/J.FOAR.2015.10.002.
- [12] R. Agusman, N. H. Hayana, and D. D. Stiano, “Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk pemetaan tingkat rawan longsor menggunakan metode skoring dan overlay di Kabupaten Serang, Banten,” *Jurnal Sains Geografi*, vol. 1, no. 2, pp. 1–11, 2023.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, SNI 03 1726-2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung