

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

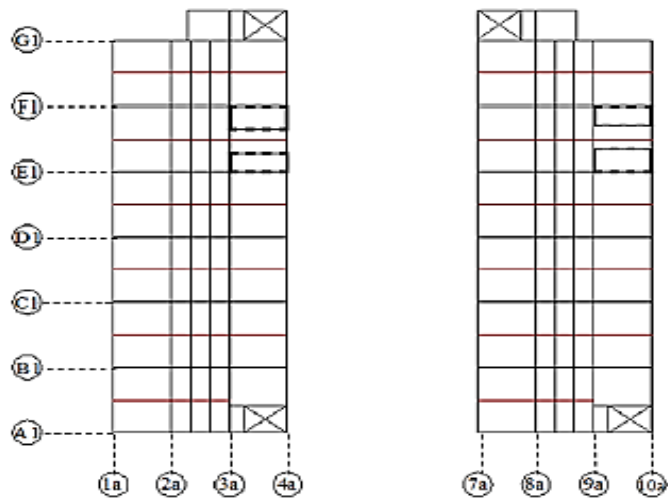
2.1 Studi Perbandingan Dinding Geser dan *Bracing* Tunggal Konsentris sebagai Pengaku Pada Gedung Bertingkat Tinggi

Objek penelitian ini adalah Apartemen dan Kondotel Mataram City yang terletak di Kota Yogyakarta. Bangunan berupa struktur beton bertulang yang terdiri dari 2 tower yang tipikal dan masing – masing terdiri dari 18 lantai. Syarat Periode alami fundamental bangunan dihitung berdasarkan nilai minimal dari 3 standar, yaitu *Uniform Building Code (UBC)* 1997, SNI 03 – 1726 – 2002 dan SNI 03 – 1726 – 2012. Perhitungan dilakukan manual dengan kondisi bangunan tanpa menggunakan penahan lateral, dan didapat periode alami fundamental sebesar 1,68 detik dari standar *UBC* 1997.

Metode yang digunakan adalah analisis struktur dengan bantuan SAP 2000 dan menggunakan beban gempa dinamik. Pada penelitian ini dilakukan 4 model perancangan yaitu :

1. Struktur I

Tipe satu adalah tipe eksisting gedung yang belum memiliki penahan lateral, baik dinding geser maupun *bracing*. Berikut gambar denah gedung Apartemen dan Kondotel Mataram City pada Gambar 2.1.

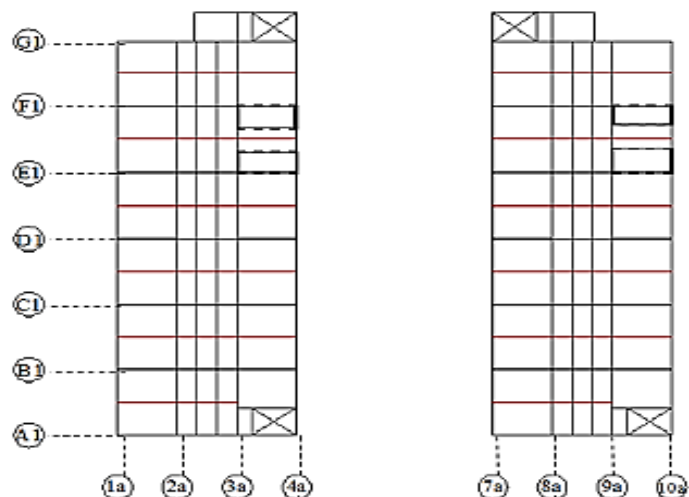


Sumber : Pinta Astuti, 2016

Gambar 2.1 Tampak atas denah lantai 2 – 18 pada struktur eksisting

2. Struktur II

Pada model ini penahan lateral diletakan pada bagian tengah bangunan masing – masing dua buah. Berikut gambar peletakan penahan lateral struktur II pada Gambar 2.2.

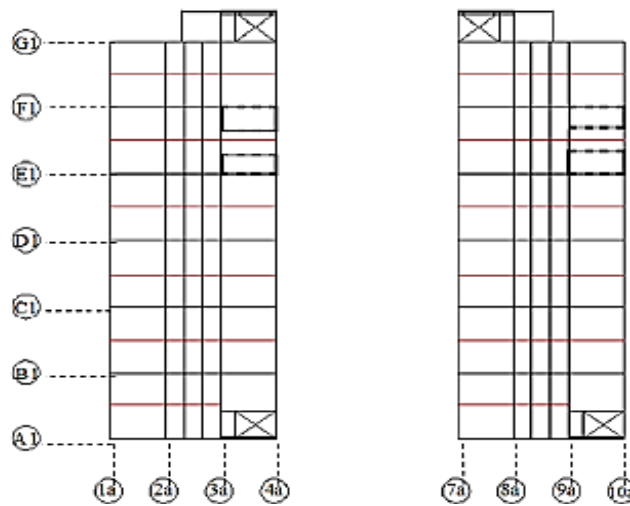


Sumber : Pinta Astuti, 2016

Gambar 2.2 Tampak atas denah lantai 2 – 18 pada struktur II

3. Struktur III

Pada model ini penahan lateral diletakan pada bagian luar gedung pada bagian tangga darurat. Selain sebagai komponen struktural, pada posisi ini penahan lateral juga fungsional. Berikut peletakan penahan lateral pada struktur III pada Gambar 2.3.

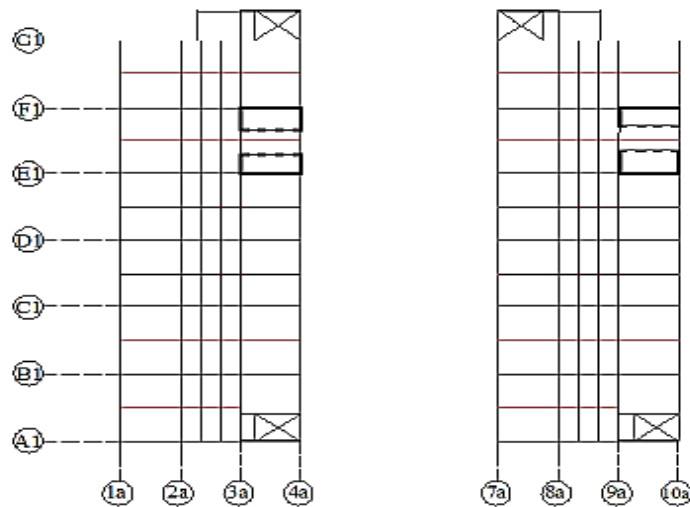


Sumber : Pinta Astuti, 2016

Gambar 2.3 Tampak atas denah lantai 2 – 18 pada struktur III

4. Struktur IV

Pada permodelan ini, menggabungkan peletakan penahan lateral Struktur II dan III. Berikut permodelan Struktur IV pada Gambar 2.4



Sumber : Pinta Astuti, 2016

Gambar 2.4 Tampak atas denah lantai 2 – 18 pada struktur IV

Sesuai SNI 03 – 1726 – 2012, gedung apartemen sesuai fungsi dikategorikan sebagai struktur yang memiliki resiko tingkat II dengan faktor keutamaan bernilai 1,0. Nilai faktor reduksi (R) yang dipakai untuk gedung tersebut bernilai 8,5 karena struktur merupakan pemikul beban gravitasi secara lengkap. Respon gempa rencana didapat dari peta gempa puskim.pu.go.id sesuai aturan SNI 03 – 1726 – 2012. Setelah dilakukan analisis struktur dengan SAP 2000 dihasilkan waktu getar antara dinding geser dengan *bracing* sebagai berikut :

Tabel 2.1 Perbandingan waktu getar pengaku lateral dinding geser dengan *bracing*

| Tipe | Waktu Getar | |
|--------------|---------------|-----------------------------------|
| | Dinding Geser | <i>Bracing</i> Tunggal Konsentris |
| Struktur I | 1,83 | 1,83 |
| Struktur II | 1,8 | 1,82 |
| Struktur III | 1,73 | 1,77 |
| Struktur IV | 1,66 | 1,67 |

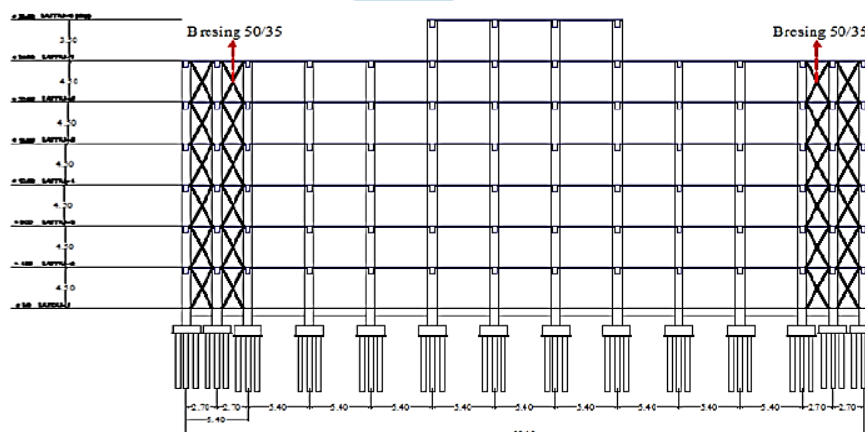
Sumber : Pinta Astuti, 2016

Profil *bracing* menggunakan baja IWF yang mempunyai fleksibilitas lebih besar dari dinding geser yang mengakibatkan waktu getar semakin besar. Struktur modifikasi yang memenuhi syarat periode adalah Struktur IV dengan periode dinding geser sebesar 1,66 detik dan *bracing* 1,67 detik.

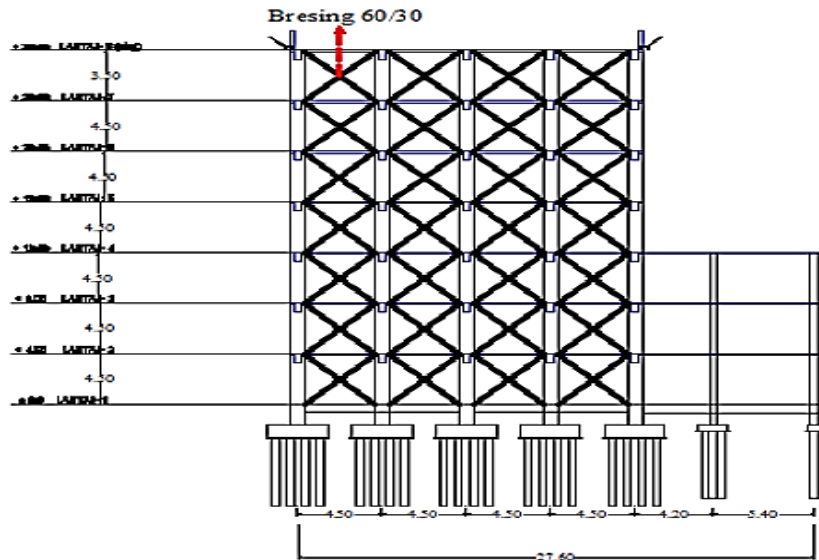
2.2 Studi Alternatif Pemasangan *Bracing* Tipe – X Pengganti Dinding Geser pada Gedung MIPA Universitas Brawijaya

Bangunan yang ditinjau adalah Gedung MIPA Center Fakultas MIPA Universitas Brawijaya yang terletak di Kota Malang, Jawa Timur. Gedung tersebut merupakan struktur beton bertulang dengan lantai berjumlah 8 ditambah atap. Total tinggi bangunan sebesar 36,4 m. Pada bangunan tersebut tidak terdapat penahan lateral, hanya bergantung pada kekuatan kolom

Pada penelitian ini akan dianalisis apabila menggunakan *bracing* tipe-X yang terbuat dari beton bertulang dengan dimensi 60/30 pada sumbu lemah dan 50/35 pada sumbu kuat. Seperti pada gambar dibawah ini.



Sumber : Muhammad Jukarnain, 2016



Sumber : Muhammad Jukarnain, 2016

Gambar 2.5 Sumbu kuat gedung dengan *bracing* tipe – X 50/35

Analisis struktur menggunakan program ETABS untuk mencari tulangan yang tepat untuk *bracing*, dan simpangan pada struktur yang ditinjau. Beban yang ditinjau hanya beban mati, beban mati tambahan, beban hidup (PPUG 1987) dan beban gempa static dan dinamik. Percepatan respon spectra didapat dari peta respon spektrum di puskim.pu.go.id. menurut SNI 03 – 1726 – 2012 jenis struktur *bracing* konsentris khusus didapat nilai faktor reduksi (R) sebesar 6, Ω_0 sebesar 2,5 dan C_d sebesar 5.

Perhitungan beban gempa secara static memperhitungkan semua beban pada setiap lantai. Setelah itu akan didapat gaya arah-X dan arah-Y. Efek beban gempa akan sepenuhnya mengarah pada arah yang sudah diperhitungkan dan 30% kearah tegak lurus sumbu tersebut.

Hasil dari perancangan ulang tersebut didapat simpangan arah – X sebesar 6,18 mm dan arah – Y sebesar 7,97 masih dibawah batas simpangan yang diijinkan, yaitu sebesar 22,5 mm di kedua arah. Berikut tulangan yang digunakan untuk *bracing* tipe – X :

1. *Bracing* I

- Dimensi = 300 x 600 mm
- Tulangan longitudinal = 10 D 19mm
- Sengkang sendi plastis = 4 D10 – 75 mm
- Sengkang luar sendi plastis = 4 D10 – 110 mm

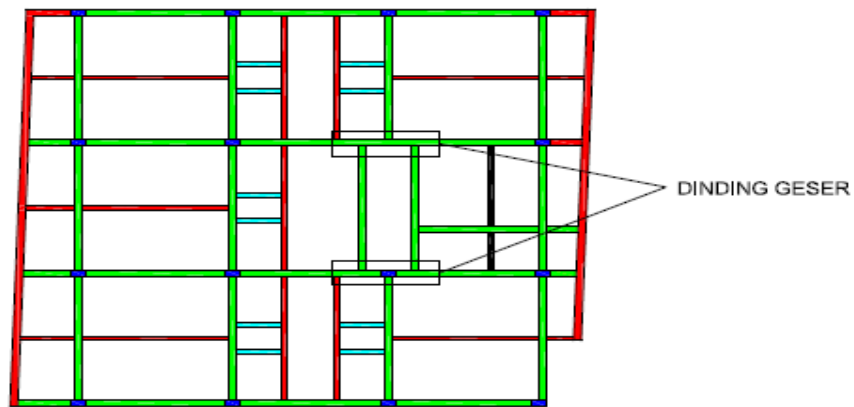
2. *Bracing* II

- Dimensi = 350 x 500 mm
- Tulangan longitudinal = 10 D 19mm
- Sengkang sendi plastis = 4 D10 – 75 mm
- Sengkang luar sendi plastis = 4
- D10 – 110 mm

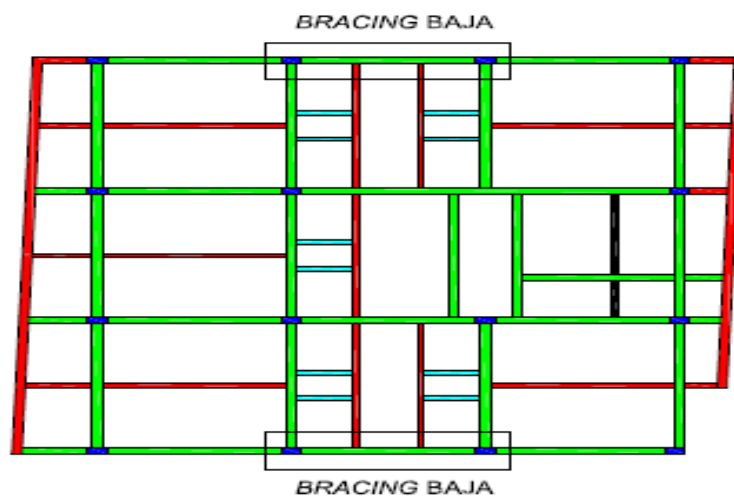
2.3 Analisis Perbandingan Perilaku Dinamik dan Gaya Pada Kolom Antara Sistem Struktur dengan Dinding Geser dan *Bracing* Baja

Pada penelitian ini akan ditinjau gedung Hotel Citihub yang berlokasi di daerah Mogot, Jakarta Barat. Gedung tersebut merupakan struktur beton bertulang dengan 9 lantai dan memiliki penahan lateral berupa dinding geser arah – X orthogonal desain arsitektural. Studi kasus ini adalah membandingkan perilaku

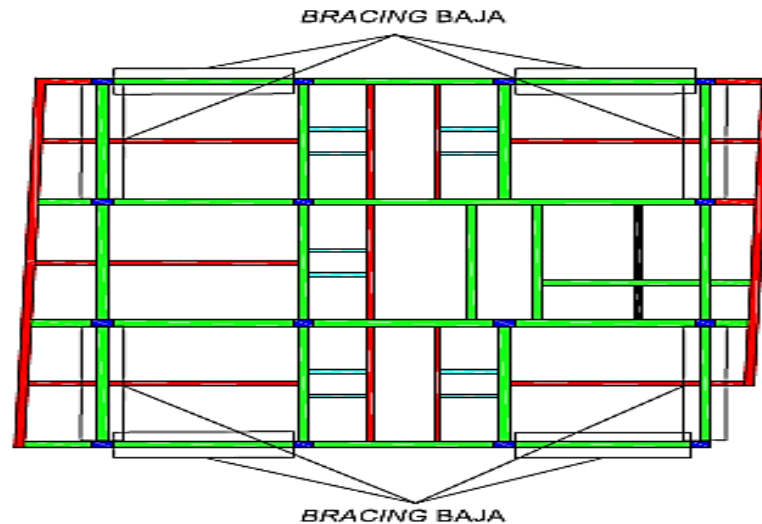
dinamik dari sistem penahan lateral eksisting yaitu dinding geser, dengan *bracing* baja tipe – X. mengingat Indonesia merupakan negara seismik yang sering sekali terjadi gempa bumi, maka perlu sekali membandingkan sistem – sistem yang ada untuk perkuatan struktur terhadap gempa. Pada penelitian ini terdapat dua permodelan *bracing* baja yang dibedakan berdasarkan letaknya, yaitu *Bracing* I dan *Bracing* II seperti pada Gambar 2.7, Gambar 2.8 dan Gambar 2.9.



Gambar 2.7 Letak pengaku lateral eksisting gedung



Gambar 2.8 Letak pengaku lateral *bracing* tipe I



Gambar 2.9 Letak pengaku lateral *bracing* tipe II

Perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamik dengan bantuan program SAP 2000. Komponen struktur yang dianalisis berupa dinding geser, *bracing* baja, kolom pada dinding geser dan *bracing* dan sambungan pada *bracing*. Peraturan yang diambil sebagai acuan antara lain :

1. SNI 03 - 1726 - 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non - Gedung.
2. SNI 03 - 1729 - 2002 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
3. SNI 03 - 2847 - 2002 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
4. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPUGR) 1987.

Beban gempa diacu berdasarkan SNI 1726 : 2012 menggunakan gempa rencana yang kemungkinan terlewatinya besarnya selama umur bangunan struktur 50 tahun adalah sebesar 2% dengan periode ulang 2500 tahun yang merupakan MCE (*Maximum Considered Earthquake*). Pendekatan nilai periode alami fundamental struktur yang menggunakan dinding geser berdasarkan aturan *IBC* 2009 sebesar 1,377 detik dengan dua tipe sambungan, yaitu utuh *rigid* 100% dan retak *rigid* 50%.

Pada penelitian ini, *output* analisis struktur yang didapat dari program SAP 2000 antara lain :

1. Periode dan frekuensi

Periode dan frekuensi struktur didapat dari Modal 1. Permodelan yang memiliki periode paling kecil adalah *bracing* II yaitu sebesar 0,669 s , diikuti oleh *bracing* baja I sebesar 1,178 s dan dinding geser sebesar 1,194 s.

2. Rasio partisipasi beban

Rasio partisipasi didapat dari Modal 2. Permodelan *bracing* I dan II memiliki rasio partisipasi sebesar 1 sedangkan dinding geser sebesar 0,998 untuk sumbu X dan 0,999 untuk sumbu Y. Ketiga permodelan tersebut sudah memenuhi syarat rasio partisipasi yaitu 0,95.

3. Simpangan antar lantai

Simpangan antar lantai pada dinding geser sumbu X sebesar 7,095 mm dan sumbu Y sebesar 7,340. *Bracing* I menghasilkan 2,838 mm pada sumbu X dan 7,226 mm pada sumbu Y. *Bracing* II menghasilkan 5,149 mm untuk sumbu X dan 8,897 pada sumbu Y.

Setelah mendapat output dari program SAP 2000, dilakukan analisis lebih lanjut, antara lain :

1. Perhitungan nilai stabilitas

Perhitungan nilai stabilitas didapat dari perhitungan beban setiap lantai, gaya gempa static dan juga simpangan antar lantai. Permodelan struktur yang paling stabil adalah *bracing* II dengan sumbu X dan sumbu Y sebesar 0,1.

2. Eksentrisitas

Eksentrisitas dihitung berdasarkan perbedaan koordinat pusat massa dan pusat kekakuan dari suatu lantai yang mengakibatkan torsi pada setiap lantai. Torsi terbesar dari permodelan ini terdapat pada *bracing* II sebesar 4623,263 kN-m pada sumbu X dan 383,297 kN-m pada sumbu Y.

Dinding geser yang digunakan untuk analisis struktur pada program SAP 2000, hanya memberikan informasi mengenai gaya dalam. Maka dari itu dilakukan perhitungan lanjutan untuk merancang penulangan agar berkapasitas untuk menerima beban – beban yang ada.

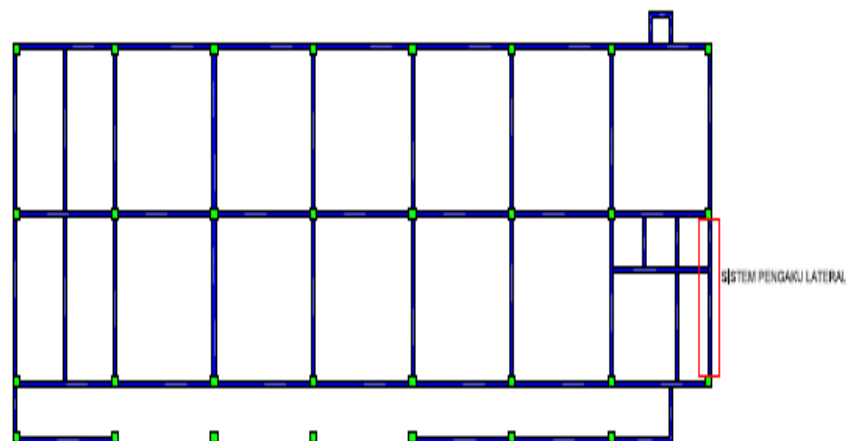
Optimalisasi dari dimensi dari profil *bracing* baja yang digunakan, dilakukan perhitungan seperti menganalisis momen lentur, geser dan sambungan pada pertemuan balok kolom.

Penelitian tersebut juga meninjau mengenai kolom, akan tetapi hanya pada lantai 1 saja, dikarenakan lantai 1 yang paling besar menerima gaya aksial. Kolom yang ditinjau juga dicek mengenai momen yang terjadi akibat eksentrisitas dari gaya aksial. Peninjauan kolom berdasarkan ketiga struktur tersebut dengan

memakai beban ultimate. Kolom yang paling kecil menerima gaya adalah *bracing* II yaitu P_u sebesar 4615,725 kN, T_u 0,171 kN-m dan momen maksimal pada sumbu Y sebesar 177,886 kN-m.

2.4 Analisis Perbandingan Perilaku Dinamik Bangunan Gedung 7 Lantai Menggunakan Sistem Pengaku Lateral Dinding Geser dan *Bracing* Baja Konsentris.

Bangunan yang ditinjau adalah Gedung Fakultas Hukum Universitas Gadjah Mada yang memiliki 7 lantai dan berada di Kota Yogyakarta. Riwayat gempa Yogyakarta tahun 2006 membuat perkuatan bangunan di kota tersebut menjadi perhitungan yang sangat krusial. Sistem pengaku lateral eksisting pada gedung tersebut adalah dinding geser. Pada penelitian ini akan dibandingkan perilaku dinamik pengaku lateral dinding geser (eksisting), *bracing* tipe *inverted-V* dan tipe-X. Berikut dibawah ini adalah gambar letak seluruh pengaku lateral yang akan ditinjau.



Gambar 2.10 Letak pengaku lateral yang ditinjau

Analisis struktur menggunakan SAP 2000 yang dimodelkan secara 3D. Permodelan pada program meletakkan pengaku lateral ditempat yang sama, yaitu pada sumbu lemah bangunan. Permodelan 1 menggunakan pengaku eksisting yaitu dinding geser, model 2 menggunakan *bracing* tipe – X dan yang ketiga menggunakan *bracing inverted – V*. Perhitungan beban menggunakan beban hidup, beban mati, beban mati tambahan, beban gempa dinamik (SNI 1726 – 2012) dan beban angin. Informasi kecepatan angin diperoleh dari BMKG pada tanggal 30 Oktober 2018 s/d 28 November 2018.

Irfani (2019) menemukan pada mode 1, 2, 3 pada setiap permodelan struktur, memenuhi syarat SNI 1726 – 2012, yaitu pada mode 1 dan 2 terjadi translasi pada salah satu arah dan pada mode 3 terjadi rotasi.

Hasil dari perhitungan periode alami fundamental dinding geser sebesar 0,65822873 s dikalikan 1,4 menjadi 0,9215022 s. Periode yang didapat dari dinding geser pada mode 1 sebesar 0,78121 s. Dinding geser memenuhi syarat periode. Batas periode dari pengaku lateral *bracing* sebesar 0,7849 s, dikalikan 1,4 menjadi 1,0988 s. Permodelan 2 dan 3 mempunyai periode pada mode 1 sebesar 0,93492 dan 0,95622. *Bracing* tersebut memenuhi syarat periode. Hal ini berpengaruh pada simpangan antar lantai. Simpangan antar lantai pada analisis struktur, didapat model 3 yang paling besar simpangannya, baik arah X sebesar 23,333 mm maupun Y sebesar 21,478 mm, karena mode 3 memiliki periode yang paling besar diantara permodelan yang lain. Tetapi masih memenuhi syarat batas simpangan, yaitu sebesar 40 mm.

Rasio partisipasi massa pada ketiga permodelan tersebut semua memenuhi persyaratan yaitu sebesar $>0,9$. Model 1 (Mode 70) arah X sebesar 0,9181 dan arah Y sebesar 0,9337. Model 2 (Mode 70) arah X sebesar 0,9101 dan arah Y sebesar 0,91206. Model 3 (Mode 73) arah X sebesar 0,9195 dan arah Y sebesar 0,9437.

Pengecekan gaya geser dasar berdasarkan SNI 1726 – 2012 yang mensyaratkan gaya geser dasar harus lebih besar dari 85% gaya geser statik. Sebelumnya harus ada perhitungan beban gempa static ekuivalen dengan data dari peta Indonesia. Didapat pada Model 1 sumbu X sebesar 130,25 % dan sumbu Y sebesar 86,24%. Model 2 sumbu X sebesar 127,04% sumbu Y sebesar 86,24%. Model 3 sumbu X sebesar 127,04% sumbu Y sebesar 85,86%. Maka gaya geser dasar pada ketiga model memenuhi syarat.

Bracing memiliki prinsip harus lebih lemah saat perhitungan dari komponen lain, agar saat terjadi beban lateral, *bracing* akan mengalami kegagalan terlebih dahulu, tetapi kuat tersedia pada profil tetap sama sesuai dimensinya. Metode yang digunakan adalah pengurangan luasan profil dengan Ag takik. Profil *bracing* yang dipakai adalah IWF 298 x 149 x 5.5 x 8 yang semula 4080 mm² menjadi 3039,453 mm², dengan perbandingan kuat tersedia dan kuat perlu sebesar 0,8. Sambungan pada *bracing* dengan pertemuan balok kolom menganalisis pada bagian plat, baut dan kombinasi tarik dan geser sambungan.

Dari hasil analisis, kuat dukung penampang *bracing inverted - V* membutuhkan penampang yang lebih besar dibanding tipe-X dikarenakan tipe – X memiliki panjang yang lebih pendek dari *inverted - V*.

Jenis penahan lateral berpengaruh pada komponen struktur lainnya. Kolom merupakan salah satu yang paling terdampak. Pada model 1 gaya dalam kolom sangat besar antara lain gaya aksial tarik, geser arah X dan Y dan momen arah X dan Y. Hal ini menunjukkan bahwa bangunan model 1 bersifat sangat kaku.

