

**ANALISIS *BUCKLING* SISTEM STRUKTUR BAJA DIAGRID PADA
ZONA SEISMIK**



**DI SUSUN OLEH :
235119536
WIRA SETIAWAN**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2025**



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PERSETUJUAN TESIS

Nama : Wira Setiawan
Nomor Mahasiswa : 235119536
Konsentrasi : Struktur
Judul tesis : Analisis *Buckling* Sistem Struktur baja Diagrid Pada
Zona Seismik

Nama Pembimbing

Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng

Tanggal

15/1/2025
.....

Tanda Tangan

.....



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TESIS

Nama : Wira Setiawan
Nomor Mahasiswa : 235119536
Konsentrasi : Struktur
Judul tesis : Analisis *Buckling* Sistem Struktur baja Diagrid Pada Zona Seismik

Dosen Penguji	Tanggal	Tanda Tangan
Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng	15/1/2025	
Prof Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D.	17/1/2025	
Prof. Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng.,IPU, ASEAN Eng	15/01/2025	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil



Dr. Ir. Nectaria Putri Pramesti, S.T., M.T.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tesis dengan Judul:

**ANALISIS *BUCKLING* SISTEM STRUKTUR BAJA DIAGRID BAJA
PADA ZONA SEISMIK**

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tesis ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tesis ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 06 Januari 2025

Yang membuat pernyataan



Wira Setiawan

NPM: 235119536

KATA PENGANTAR

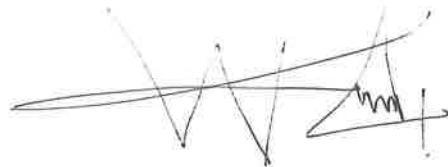
Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala Rahmat-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan proposal tesis ini. Dalam penyusunan proposal ini, tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun banyak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil.
2. Bapak Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing yang telah sabar memberikan banyak bantuan dan saran sehingga proposal tesis ini dapat selesai.
3. Segenap Dosen Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah mendidik dan membagikan banyak pengetahuan kepada penulis.
4. Rekan-rekan Program studi Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
5. Orang tua, keluarga, serta sahabat-sahabat yang memberi dukungan serta semangat mental dan moral untuk menyelesaikan Tesis ini.

Dengan segala keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, penyusun menyadari proposal ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak senantiasa diharapkan untuk peningkatan berikutnya.

Semoga proposal tesis ini dapat bermanfaat sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 06 Januari 2025



Wira Setiawan

NPM: 235119536

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN TESIS.....	i
PENGESAHAN TESIS	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
INTISARI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.1.1 Sistem struktur	6
2.1.2 Desain Berbasis Kapasitas	6
2.1.3 Teori Desain Struktur baja	10
2.1.4 Load and Resistance Factor Design – LRFD.....	12
2.1.5 Faktor Beban	13
2.1.6 Pengaruh respon seismik terhadap sistem struktur baja diagrid	15
2.1.7 Pengaruh beban lateral terhadap <i>buckling</i> struktur baja diagrid	19
2.2 Pembagian kekuatan Struktur baja diagrid dengan Rangka Utama	20
2.3 Analisis nonlinear (<i>Pushover</i>)	21
2.3.1 Statik <i>Pushover</i>	22

2.3.2	Pemodelan Sendi Plastis	23
2.3.3	Pushover Analysis Metode ASCE 41-13 NSP	24
2.3.4	Evaluasi Nilai faktor R, Ω_o dan Cd Aktual.....	24
2.4	Penjelasan tentang sistem struktur baja Diagrid.....	27
2.4.1	Modul	28
2.4.2	Nodes / Simpul baja diagrid.....	29
2.4.3	Skema Penyaluran beban pada struktur diagrid	30
2.5	Rangka Baja dengan Bresing Konsentris (RBBK).....	30
2.5.1	Jenis Tekuk pada Bresing	31
2.5.2	Sambungan.....	33
2.6	Perencanaan Elemen struktur	40
2.6.1	Klasifikasi Penampang untuk tekuk (Berdasarkan SNI 1729 : 2020)	40
2.6.2	Komponen Struktur Untuk Tekan (Berdasarkan SNI 1729 : 2020)	42
2.6.3	Panjang Efektif (K) (Berdasarkan SNI 1729 : 2020)	43
2.6.4	Komponen Struktur Untuk Tarik Aksial (Berdasarkan SNI 1729 : 2020)	44
2.7	Penelitian Terdahulu	45
BAB III METODELOGI PENELITIAN		53
3.1	Jenis Penelitian	53
3.2	Teknik Pengumpulan Data	53
3.3	Data Penelitian	53
a.	Model Struktur Bangunan	53
3.4	Tahapan penelitian.....	57
1.	Pengumpulan Data	57
2.	Pengolahan Data	57

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	61
4.1 Konfigurasi Bangunan.....	61
4.2 Preliminary Design.....	62
4.2.1 Preliminary pelat.....	62
4.2.2 Elemen Balok	62
4.2.3 Elemen Kolom	63
4.2.4 Elemen Struktur Baja Diagrid.....	63
4.2.5 Rekapitan Hasil Rasio penampang pada elemen struktur	64
4.3 Pembebanan.....	64
4.3.1 Pembebanan Gravitasi.....	64
4.3.2 Respon Gempa Elastis.....	65
4.3.3 Perhitungan Faktor skala gaya	75
4.3.4 Kombinasi Pembebanan.....	75
4.4 Analisis Beban gempa dinamik Respon spektrum	77
4.4.1 Rasio Partisipasi modal massa/Jumlah Ragam	77
4.4.2 Perbandingan Geser Dasar Statik dan Dinamik	78
4.5 Kontrol Ketidakberaturan Horizontal.....	79
1a. Ketidakberaturan torsi:.....	80
1b. Ketidakberaturan torsi berlebihan.....	80
1. Ketidakberaturan sudut dalam.....	81
2. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika diafragma dengan diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang memiliki daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50%, daerah diafragma bruto yang melingkupnya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ketinggian selanjutnya.....	83

3.	Ketidakberaturan penggeseran melintang terhadap bidang didefinisikan jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan lateral, pergeseran melintang terhadap bidang elemen vertikal.	83
4.	Ketidakberaturan sistem noparalel didefinisikan jika elemen penahan lateral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem penahan seismik.	84
4.6	Kontrol Ketidakberaturan Vertikal	85
1a.	Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal	86
1b.	Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal	86
2.	Pengecekan Ketidakberaturan Berat (masa)	87
3.	Pengecekan Ketidakberaturan Geometri vertikal didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem penahan seismik disemua tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem penahan seismik tingkat di dekatnya.	88
4.	Diskontinuitas arah bidang dalam ketidakberaturan elemen penahan gaya lateral vertikal didefinisikan ada jika penggeseran arah bidang elemen penahan lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen penahan di tingkat dibawahnya.	89
5a.	Diskontinuitas arah bidang dalam ketidakberaturan kuat lateral tingkat didefinisikan ada jika kuat lateral tingkat kurang dari 80% kuat lateral tingkat diatasnya. Kuat lateral tingkat adalah kuat lateral total semua elemen penahan seismik yang berbagai geser tingkat untuk arah yang ditinjau. Pengecekan ketidakberaturan 5a dapat dilihat pada tabel dibawah ini.	91
5b.	Diskontinuitas arah bidang dalam ketidakberaturan kuat lateral tingkat yang berlebihan didefinisikan ada jika kuat lateral tingkat kurang dari 65% kuat lateral tingkat diatasnya. Kuat lateral tingkat adalah kuat lateral total semua elemen penahan seismik yang berbagai geser tingkat untuk arah yang ditinjau. Pengecekan ketidakberaturan 5b dapat dilihat pada tabel dibawah ini.	91
4.7	Kesimpulan Kontrol ketidakberaturan	92
4.8	Kontrol Simpangan antar tingkat Izin	92

4.9	Kontrol Efek P-Delta.....	95
4.10	Analisis Pembagian kekuatan Struktur baja diagrid dengan rangka utama	98
4.11	Analisis Nonlinear ineleastis (Statik Pushover)	100
4.11.1	Kurva Kapasitas Sistem struktur Baja Diagrid	100
4.11.2	Metode ASCE 41-13 NSP	112
4.11.3	Level Kinerja.....	113
4.11.4	Analisis Evaluasi Nilai Faktor R, Ω_0 , dan Cd aktual	115
4.12	Analisis Perbandingan bangunan tipikal dengan bangunan penelitian ..	118
4.13	Analisis perhitungan Kontrol batang tekan dan tarik struktur baja diagrid	120
4.13.1	Perhitungan batang diagonal baja diagrid	122
4.13.2	Perencanaan Baja Diagrid (Batang Tarik).....	125
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		128
5.1	Kesimpulan.....	128
5.2	Saran.....	129
DAFTAR PUSTAKA.....		130

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kurva Respon Spektrum Desain	8
Gambar 2.2 Kurva Hubungan Tegangan (f) vs Regangan (ϵ).....	10
Gambar 2.3 Modul sistem baja diagrid.....	19
Gambar 2.4 Titik Performa	22
Gambar 2.5 Hubungan gaya-deformasi nonlinear member struktur. a. Frame lentur, b. bresing.....	23
Gambar 2.6 Hubungan Beban Lateral-Perpindahan atap (Kim and Choi, 2005) .	25
Gambar 2.7 Komponen Utam rangka diagrid dan elemen dasar segitiga.....	28
Gambar 2.8 Ilustrasi Modul dan Node Diagrid (Boake, 2014).....	28
Gambar 2.9 skema modul diagrid : a. Beban gravitasi; b. Momen guling; c. Gaya geser	30
Gambar 2.10 Tipe a. V-Bresing, b. Inverted Bresing c. X Bresing, d. Diagonal Bresing	31
Gambar 2. 11 Tekuk diluar bidang.....	32
Gambar 2.12 Macam-macam sambungan kolom.....	34
Gambar 2.13 Sambungan balok Lurus.....	35
Gambar 2.14Sambungan Balok memnjang ke balok melintang	35
Gambar 2.15 Sambungan balok-ke-kolom yang dibaut dengan baut	36
Gambar 2.16 Penyangga konsentris kolom-ke-baja dari beton bertulang (atau komposit).	37
Gambar 2. 17 Sambungan diagrid baja diagrid.....	38
Gambar 2. 19 Penyaluran beban plat	39
Gambar 2. 20 Plat lantai.....	39
Gambar 2.21 (a) Notasi pada plat landasan/base plate, (b) Beban yang bekerja pada plate landasan	40
Gambar 3. 1. Denah Tipikal Model Struktur.....	54
Gambar 3. 2 Konfigurasi model Sistem struktur Baja diagrid yang digunakan ...	55
Gambar 3. 3 Bagan Alir Perencanaan	60
Gambar 3. 4 sistem struktur baja diagrid yang digunakan.....	61
Gambar 4.1 Faktor Keutamaan Gempa.....	66

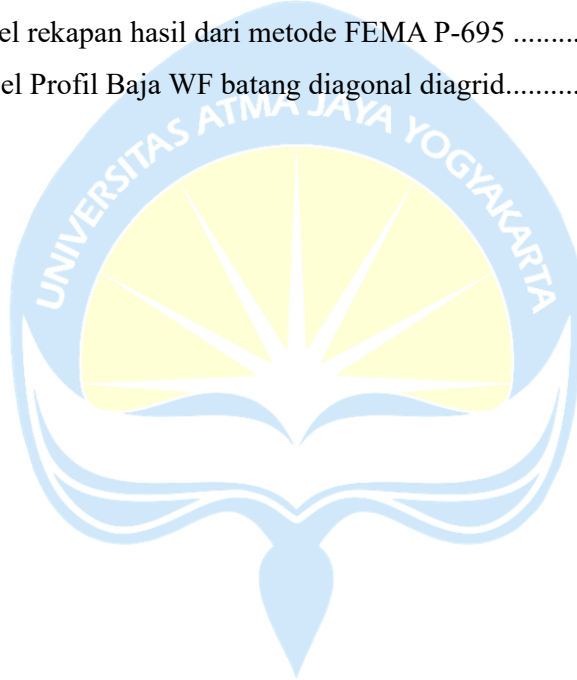
Gambar 4. 2 Koefisien situs, F_a	66
Gambar 4. 3 Koefisien situs, F_v	67
Gambar 4. 4 Grafik Desain Respon Spektrum	69
Gambar 4. 5 Ketidakberaturan 1a dan 1b	80
Gambar 4. 6 Ilustrasi Ketidakberaturan sudut dalam	82
Gambar 4. 7 Ketidak beraturan 3	83
Gambar 4. 8 Ketidakberaturan 4	83
Gambar 4. 9 Bangunan sistem struktur diagrid	84
Gambar 4. 10 Ketidakberaturan 5	84
Gambar 4. 11 Tampak atas dan 3D bangunan sistem struk baja digarid	85
Gambar 4. 12 Ketidakberaturan 1a dan 1b	86
Gambar 4.13 Ketidakberaturan berat (masa)	87
Gambar 4. 14 Ketidakberaturan 3	88
Gambar 4. 15 Ketidakberaturan 4	90
Gambar 4. 16 Tampak depan dan 3-D, sistem struktur diagrid	90
Gambar 4. 17 Ketidakberaturan 5a dan 5b	91
Gambar 4. 18 Grafik Simpangan antar tingkat arah X	93
Gambar 4. 19 Grafik Simpangan antar tingkat arah Y	94
Gambar 4. 20 Grafik Pengecekan P-Delta arah X	96
Gambar 4. 21 Grafik Pengecekan P-Delta arah Y	96
Gambar 4. 22 Gabungan presentase pembagian kekuatan struktur baja diagrid dengan rangka pemikul momen atau rangka utama	99
Gambar 4. 23 Grafik kapasitas, arah X	102
Gambar 4. 24 Grafik kapasitas, arah Y	102
Gambar 4. 25 Pushover arah X dan Y Step 1 dan 2	106
Gambar 4. 26 Pushover arah X dan Y Step 3 dan 4	106
Gambar 4. 27 Pushover arah X dan Y Step 5 dan 6	107
Gambar 4. 28 Pushover arah X dan Y Step 7 dan 8	107
Gambar 4. 29 Pushover arah X dan Y Step 9 dan 10	107
Gambar 4. 30 Pushover arah X dan Y Step 11 dan 12	108
Gambar 4. 31 Pushover arah X dan Y Step 13 dan 14	108
Gambar 4. 32 Pushover arah X dan Y Step 15 dan 16	108

Gambar 4. 33 Pushover arah X dan Y Step 17 dan 18	109
Gambar 4. 34 Pushover arah X dan Y Step 19 dan 20	109
Gambar 4. 35 Pushover arah X dan Y Step 21 dan 22	109
Gambar 4. 36 Pushover arah X dan Y Step 23 dan 24	110
Gambar 4. 37 Pushover arah X dan Y Step 25 dan 26	110
Gambar 4. 38 Pushover arah X dan Y Step 27	110
Gambar 4. 39 Pushover arah X step 32 dan arah Y Step 34	111
Gambar 4. 40 Yield Limit State X-X	111
Gambar 4. 41 Yield Limit State Y-Y	111
Gambar 4. 42 Grafik Perpindahan Base Shear (N) vs Displacement (mm).....	112
Gambar 4.43 Kurva kapasitas pushover dan kurva elastik, arah X	116
Gambar 4.44 Kurva kapasitas pushover dan kurva elastik, arah Y	117
Gambar 4. 45 a)denah bangunan tipikal b)denah bangunan penelitian	119
Gambar 4. 46 a)Tampak bangunan penelitian b) denah bangunan tipikal	119
Gambar 4. 47 Grafik perbandingan periode struktur	120
Gambar 4. 48 Grafik perbandingan kapasitas gaya geser vs perpindahan.....	120
Gambar 4.49 Ilustrasi penampang profil baja WF diagrid.....	121
Gambar 4. 50 Tampak Depan Baja Diagrid	122

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batasan Deformasi untuk Tingkat kinerja struktur ATC-40	24
Tabel 2.2 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian saat ini	48
Tabel 3.1Tinggi Antar Lantai	56
Tabel 4 1Ketebalan minimum pelat satu arah	62
Tabel 4 2 Profil Baja WF struktur baja diagrid	63
Tabel 4 3 rekapitan kapasitas rasio yang diijinkan	64
Tabel 4.4Nilai S_a untuk $T_s < T < 1,0$	68
Tabel 4 5 Koefesien untuk Batas atas pada periode yang dihitung	69
Tabel 4 6 Koefesien untuk batas atas pada periode yang dihitung	69
Tabel 4.7 Faktor R , C_d , Ω untuk sistem pemikul gaya seismik	71
Tabel 4 8 Rangkuman parameter yang di perhitungkan	72
Tabel 4 9 Distribusi gaya gempa statik ekivalen bangunan perlantai	73
Tabel 4 10 Distribusi gaya gempa statik ekivalen bangunan perlantai	74
Tabel 4.11 Kombinasi pembenanan yang digunakan	77
Tabel 4 12 Ringkasan Rasio partisipasi modal massa	78
Tabel 4.13 Pengecekan Gempa statik dan Gempa Dinamik	79
Tabel 4 14 Ketidakberaturan horizontal pada struktur	79
Tabel 4 15 Ketidakberaturan Horizontal torsi 1a dan 1b	80
Tabel 4 16 Pengecekan ketidakberaturan sudut dalam	82
Tabel 4 17 Perhitungan ketidakberatura 3	83
Tabel 4 18 Ketidakberaturan vertikal pada struktur	85
Tabel 4 19 Pengecekan Ketidakberaturan vertikal 1a dan 1b	86
Tabel 4 20 Pengecekan ketidakberaturan berat (masa)	88
Tabel 4 21 Perhitungan ketidakberaturan vertikal 3	89
Tabel 4 22 Pengecekan ketidakberaturan vertikal 5a dan 5b	91
Tabel 4 23 simpangan antar tingkat izin	93
Tabel 4 24 Pengecekan simpangan antara tingkat arah X dan arah Y	94
Tabel 4 25 Pengecekan P-Delta arah X dan Y	97
Tabel 4.26 Perhitungan pembagian kekatan baja diagrid dengan rangka	98
Tabel 4.27 Presentase Pembagian kekuatan	99

Tabel 4.28 Perpindahan vs Gaya gempa dasar, Arah X dan Y	101
Tabel 4.29 Hasil Analisis Pushover untuk arah X.....	103
Tabel 4.30 Rekap status sendi plastis saat leleh ultimit arah X.....	104
Tabel 4.31 Hasil Analisis Pushover untuk arah Y	104
Tabel 4.32 Rekap status sendi plastis saat leleh ultimit arah Y	105
Tabel 4.33 Parameter Hitungan Metode ASCE 41-13 NSP	113
Tabel 4.34 Rekap hasil target perpindahan dan level kinerja dengan metode AT -40	114
Tabel 4.35 Gaya geser antar lantai sebagai beban dorong, arah X	116
Tabel 4.36 Gaya geser antar lantai sebagai beban dorong, arah Y	117
Tabel 4.37 Tabel rekap hasil dari metode FEMA P-695	118
Tabel 4.38 Tabel Profil Baja WF batang diagonal diagrid.....	121



INTISARI

Pada struktur diagrid untuk bangunan tinggi, batang diagonal sangat berperan penting untuk ketahanan suatu bangunan gedung, sebagai penahan lateral serta penerimaan beban yang paling banyak dibandingkan anggota struktur lain, oleh karena itu menentukan sudut diagonal sangat penting agar struktur mengalami kekakuan yang sangat besar, pada beban siklik bangunan struktur baja diagrid mengalami simpangan antar tingkat yang sangat besar.

Pada saat kinerja struktur diagrid akibat beban lateral, struktur mengalami kerusakan tidak begitu parah, begitupun pada saat leleh ultimit batang diagonal mengalami tekuk global, serta mengalami kegagalan yang sangat besar membuat kekakuan menurun drastis.

