

TESIS

**PERILAKU SAMBUNGAN STRUKTUR KOLOM PEDESTAL
DENGAN SOFTWARE ANSYS WORKBENCH**



ADHE MARETA PUTRA

NPM : 205103289

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA**

2023



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PERSETUJUAN TESIS

Nama : ADHE MARETA PUTRA
Nomor Mahasiswa : 205103289/PS/MTS
Konsentrasi : STRUKTUR
Judul Tesis : PERILAKU SAMBUNGAN STRUKTUR KOLOM PEDESTAL
DENGAN SOFTWARE ANSYS WORKBENCH

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. FX. Junaedi Utomo, M.Eng.

Tanggal

19/8/23

Tanda Tangan



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : ADHE MARETA PUTRA
Nomor Mahasiswa : 205103289/PS/MTS
Konsentrasi : STRUKTUR
Judul Tesis : PERILAKU SAMBUNGAN STRUKTUR KOLOM PEDESTAL
DENGAN SOFTWARE ANSYS WORKBENCH

Dosen Pembimbing

Tanggal

Tanda Tangan

Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng.

17/8/23

Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng. Ph.D.

14/08/23

Prof. Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng.

14/08/2023

Ketua Program Studi



FAKULTAS
TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Dr. Ir. Dwijoko Anusanto, M.T.

PERNYATAAN

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

PERILAKU SAMBUNGAN STRUKTUR KOLOM PEDESTAL DENGAN SOFTWARE ANSYS WORKBENCH

Benar-benar merupakan hasil karya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data 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, Juni 2023

Yang membuat pernyataan



(Adhe Mareta Putra)

INTISARI

Dengan perkembangan teknologi yang pesat, struktur baja telah banyak digunakan dalam pembangunan gedung, jembatan dan banyak struktur lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sambungan pelat dasar kolom pada kondisi momen biaksial atau dengan sejumlah besar batang angkur kompleks. Sambungan pelat dasar kolom adalah sambungan antara kolom baja dan dasar beton. Penelitian ini dilakukan untuk memahami perilaku koneksi dan mengidentifikasi efek dari parameter terkait.

Metode penelitian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu tahap input, analisis dan hasil. Pada tahap input, struktur link dimodelkan secara tiga dimensi dengan memasukkan material properties dari masing-masing komponen link. Kemudian, struktur dibagi menjadi elemen-elemen kecil dan kontak antar elemen ditentukan. Pada tahap analisis, simulasi metode elemen hingga (FEM) 3D dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS, memuat dan memilih metode penyelesaian persamaan yang sesuai. Pada langkah terakhir, hasil analisis seperti tegangan dan deformasi ditampilkan.

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh diameter baut angkur terhadap tegangan pada base plate. Semakin besar diameter baut angkur, semakin tinggi tegangan pada base plate. Namun, pengaruh diameter baut angkur terhadap tegangan berbeda-beda tergantung pada ketebalan base plate yang dianalisis. Selain itu, elastisitas baut angkur hampir sama pada setiap diameter baut angkur pada kebanyakan ketebalan pelat. Namun, pada ketebalan pelat tertentu, pengaruh diameter baut angkur terhadap regangan dapat berbeda.

Kata kunci : sambungan pelat dasar kolom, momen biaksial, batang angkur, base plate, tegangan deformasi, elastisitas, analisis simulasi ANSYS.

ABSTRACT

With the rapid development of technology, steel structures have been widely used in the construction of buildings, bridges and many other structures. This research aims to analyze column base plate joints under biaxial moment conditions or with a large number of complex anchor rods. The column base plate joint is the connection between the steel column and the concrete base. This research was conducted to understand connection behavior and identify the effects of related parameters.

The research method was carried out in three stages, namely the input, analysis, and results stages. In the input stage, the link structure is modeled in three dimensions by incorporating the material properties of each link component. Then, the structure is divided into small elements, and the contacts between elements are determined. In the analysis stage, a 3D finite element method (FEM) simulation was performed using ANSYS software, loading and selecting the appropriate equation-solving method. In the last step, analysis results such as stresses and deformations are displayed.

The results showed that the diameter of the anchor bolts had an effect on the stress on the base plate. The larger the diameter of the anchor bolt, the higher the stress on the base plate. However, the effect of anchor bolt diameter on stress varies depending on the thickness of the base plate being analyzed. In addition, the elasticity of the anchor bolts is nearly the same for any anchor bolt diameter for most plate thicknesses. However, at a certain plate thickness, the effect of anchor bolt diameter on strain can be different.

Keywords: *column baseplate joint, biaxial moment, armature rod, base plate, deformation voltage, elasticity, ANSYS simulation analysis.*

KATA HANTAR

Bismillah. Alhamdulillah puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunia yang selalu tercurah untuk penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tesis ini.

Dalam menyusun maupun mengumpulkan data untuk Tesis ini penulis telah banyak mendapat bimbingan, bantuan, dan dorongan moral dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

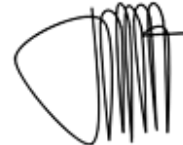
1. Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng., selaku dosen pembimbing atas bantuan dan bimbingannya mulai dari awal hingga akhir proses penyusunan Tesis;
2. Dr. Ir. Dwijoko Anusanto., M.T., sebagai Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta;
3. Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D., dan Prof. Dr., Ir., Ade Lisantono., M. Eng. selaku dosen penguji, terima kasih atas segala masukan dan usulannya;
4. Seluruh Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mendidik, mengajar, dan memberi ilmunya kepada penulis;
5. Keluarga penulis, terutama Bapak, Ibu, Istri, dan anak-anak tercinta yang selalu memberikan semangat dan senantiasa mendukung dalam doa serta kasih sayang yang luar biasa;
6. Teman-teman terkasih dan seperjuangan yang telah membantu penulis selama proses perkuliahan maupun pada saat penyusunan Laporan Tesis;
7. Teman-teman Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta;

Penulis menyadari bahwa penulisan Laporan Tesis ini masih jauh dari kata kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki. Saran dan kritik yang positif dan bersifat membangun merupakan sesuatu yang diharapkan demi kesempurnaan tulisan yang akan datang.

Akhir kata semoga Laporan Tesis ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada umumnya dan penyusun pada khususnya.

Yogyakarta, Juni 2023

Yang membuat pernyataan

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'A' followed by several vertical, overlapping strokes that form the rest of the name.

(Adhe Mareta Putra)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN TESIS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
KATA HANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR PERSAMAAN	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.1.1 Penelitian Sebelumnya	7
2.1.2 Pengantar Pelat Dasar dan Sambungan Baja	8
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Umum	10
2.2.2 Base plate	12
2.2.3 Baut Angkur	17
2.2.4 Sambungan Las	20

2.2.5	Beton.....	21
2.2.6	Tegangan Regangan	23
BAB III.....		25
METODE PENELITIAN		25
3.1	Prosedur Analisis.....	25
3.2	Permodelan dan Analisis.....	26
3.2.1	Prosedur Perencanaan.....	26
3.2.2	Desain <i>Seismik</i> Pelar Dasar	27
3.2.3	Data Penelitian.....	29
3.2.4	Pemodelan 3D FEM (<i>Finite Element Model</i>).....	30
3.2.5	Variabel Analisa.....	31
3.2.6	Diagram Alur Penelitian.....	34
BAB IV		36
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Deskripsi Penelitian.....	40
4.2	Hasil dan Pembahasan.....	56
4.2.1	Hasil Analisis Momen-Rotasi.....	56
4.2.2	Perbandingan Momen Rotasi Pada <i>Base plate</i>	59
4.2.3	Pengaruh Diameter Baut Angkur Terhadap Momen <i>Ultimate</i> . 64	
4.2.4	Tegangan dan Regangan Pada <i>Base plate</i>	64
4.2.5	Pengaruh Diameter Baut Angkur Terhadap Regangan Pada <i>Base plate</i>	75
BAB V		76
PENUTUP.....		76
5.1	Kesimpulan.....	76
5.2	Saran.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Properti material baut angkur (Dewobroto 2016).....	18
Tabel 2.2: Properti baut angkur (Dewobroto 2016)	18
Tabel 2.3 Jarak tepi minimum, dari pusat lubang standart ke tapi dari bagian yang disambung	19
Tabel 4.1 Model Yang Di Input	40
Tabel 4.2 Hasil momen-rotasi tiap model	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis Batang Jangkar Yang Di Cor Ditempat	9
Gambar 2.2 Mode Kegagalan Untuk Jangkar	10
Gambar 2.3. Contoh (a) pelat dasar permukaan dan (b) tertanam	11
Gambar 2.5 Komponen sambungan pelat dasar kolom.....	13
Gambar 2.6 Distribusi Gaya Tekan Pelat.....	13
Gambar 2.7 Batasan Kritis Pelat.....	14
Gambar 2.8 Eksentrisitas Beban (Eksentrisitas Sedang).....	15
Gambar 2.9 Cast jangkar : A). Sekrup kepala hex dengan ring, b). sekrup L, c). J-baut dan d) ujung baut.....	17
Gambar 2.10 Jangkar Tanaman Angkur tanam pascacor: a). angkur adhesif, b). angkur ujung diperlebar, c). angkur ekspansi terkontrol torsi, c1). tipe selongsong, c2). tipe stud, dan d) angkur ekspansi terkontrol perpindahan tipe drop-in	17
Gambar 2.11 Tipe-Tipe Sambungan Las.....	20
Gambar 2.12 Piramida terpacung terkait A_1 dan A_2	22
Gambar 2.13 Grafik tegangan-regangan baja	23
Gambar 3.1 Perilaku $M-\phi$ sambungan (AISC 1992)	25
Gambar 3.2. contoh pelat dasar dalam rangka berpengikat	27
Gambar 3.3. (a) Tegangan Bantalan yang Bekerja pada Pelat Dasar dan Dimensi Pelat Dasar	28
Gambar 3.3 Konfigurasi Sambungan <i>Model Inside Flange</i>	29
Gambar 3.4 Profil Kolom dan Detail Baut Angkur	29
Gambar 3.5 Detail <i>Nut</i> (a) dan <i>Washer</i> (b)	29
Gambar 3.6 kurva hubungan tegangan (f) vs regangan (ϵ) dan bagian kurva tegangan- regangan yang diperbesar	31

Gambar 3.7.Fungsi Probabilitas Tahanan dan Beban	33
Gambar 3.8 Diagram Alur Penelitian	34
Gambar 4.1 a. pemilihan jenis Elemen Pada Material Baja; b. pemilihan Jenis Elemen Pada Material Beton	34
Gambar 4.2 Input Material <i>Concrete</i>	39
Gambar 4.3 Input Material <i>Structur Steel</i>	40
Gambar 4.4 Model	42
Gambar 4.5 Permodelan Struktur Baja	40
Gambar 4.6 Input Properti Material	43
Gambar 4.7 Input <i>Nilai Friction</i> dan <i>Rough</i>	45
Gambar 4.8 Melakukan Input <i>Meshing</i>	46
Gambar 4.9 Menu <i>Element Attribute</i>	48
Gambar 4.10 Contoh Model Setelah diberikan Batas Tumpuan	49
Gambar 4.11 Menu dialog- <i>Apply Pres on Area</i>	50
Gambar 4.12 Perintah dialog <i>Apply F/M on Nodes</i>	51
Gambar 4.13 Contoh obyek setelah diberikan beban	51
Gambar 4.14 Input Beban <i>Base plate</i>	52
Gambar 4.15 Input Tumpuan <i>Base plate</i>	53
Gambar 4.16 Memasukkan Beban Sebesar 32Mpa	53
Gambar 4.17 Mendefinisikan Bagian Bawah <i>Concrete</i>	54
Gambar 4.18 Memasukkan Nilai <i>Force 25000 N</i>	54
Gambar 4.19 <i>Total Deformation</i>	55
Gambar 4.20 <i>Equivalent Elastic Strain</i>	55
Gambar 4.21 <i>Equivalent Stress</i>	56
Gambar 4.22 Hasil permodelan pada ANSYS	57

Gambar 4.23 Total Deformasi T 16-M 16	58
Gambar 4.24 Total Deformasi T 20-M 20	59
Gambar 4.25 Total Deformasi T 22-M 22	59
Gambar 4.26 Grafik Momen Rotasi <i>Base Plate</i> Dengan Ketebalan Pelat Berbeda Pada Diameter Baut Angkur 16 mm	60
Gambar 4.27 Grafik Momen Rotasi Pada Ketebalan Pelat 16 mm Dengan Diameter Baut Angkur Yang Berbeda	60
Gambar 4.28 Grafik Momen Rotasi Pada Ketebalan Pelat 20 mm Dengan Diameter Baut Angkur Yang Berbeda	61
Gambar 4.29 Grafik Momen Rotasi Pada Ketebalan Pelat 22 mm Dengan Diameter Baut Angkur Yang Berbeda	62
Gambar 4.30 Grafik Kapasitas Rotasi Pada Ketebalan Pelat Yang Berbeda Dan Diameter Baut Angkur Yang Berbeda	63
Gambar 4.31 Grafik Hubungan Diameter Baut Angkur Terhadap Momen <i>Ultimate</i>	64
Gambar 4.32 Tegangan Maksimum <i>Base Plate</i> Tebal 16 mm	65
Gambar 4.33 Tegangan Maksimum <i>Base Plate</i> Tebal 20 mm	65
Gambar 4.34 Tegangan Maksimum <i>Base Plate</i> Tebal 22 mm	66
Gambar 4.35 Grafik Tegangan Maksimum Pada Diameter Baut Angkur	67
Gambar 4.36 Regangan Maksimum <i>Base Plate</i> Tebal 16 mm	68
Gambar 4.37 Regangan Maksimum <i>Base Plate</i> Tebal 20 mm	68
Gambar 4.38 Regangan Maksimum <i>Base Plate</i> Tebal 22 mm	69
Gambar 4.39 Grafik Tegangan-Regangan pada <i>Base Plate</i> T 16-M 16	70
Gambar 4.40 Grafik Tegangan-Regangan pada <i>Base Plate</i> T 16-M 20	70
Gambar 4.41 Grafik Tegangan-Regangan pada <i>Base Plate</i> T 16-M 22	71

Gambar 4.42 Grafik Tegangan-Regangan pada <i>Base Plate</i> T 20-M 16	71
Gambar 4.43 Grafik Tegangan-Regangan pada <i>Base Plate</i> T 20-M 20	72
Gambar 4.44 Grafik Tegangan-Regangan pada <i>Base Plate</i> T 20-M 22	72
Gambar 4.45 Grafik Tegangan-Regangan pada <i>Base Plate</i> T 22-M 16	73
Gambar 4.46 Grafik Tegangan-Regangan pada <i>Base Plate</i> T 22-M 20	73
Gambar 4.47 Grafik Tegangan-Regangan pada <i>Base Plate</i> T 22-M 22	74
Gambar 4.48 Grafik Hubungan Diameter Baut dan Regangan Pada <i>Base Plate</i>	75

DAFTAR PERSAMAAN

2.1. Penentuan Permukaan Pelat (A_1)	14
2.2. Panjang Pelat (in)	14
2.3. Tebal Pelat (in)	15
2.4. Gaya $f_{l.2}$	15
2.5. Gaya Maksimum f_l	16
2.6. Panjang Distribusi Tegangan (α)	16
2.7. Kekuatan geser desain ϕV_{sa}	17
2.8. kuat geser nominal baut angkur dan faktor reduksi kuat baut angkur terhadap geser....	17
2.9. Luas penampang efektif terhadap geser. Untuk tipe pasca pasang Ase.N sesuai spesifikasi pabrik	19
2.10. Pemotongan Las	21
2.11. Luas beton tumpuan/Luas Pelat Landasan	22
2.12. tegangan tumpuan nominal	22
2.13. Luas beton tumpuan	22
2.14. luas pelat landasan	22
2.15. tegangan (MPa)	23
3.1. matriks kekakuan elemen-E	26
3.2. kekuatan Tarik	30
3.3. resistansi desain	32

DAFTAR NOTASI

f_c	Mutu beton (ksi)
A_1	Luas base plate (in^2)
A_2	Luas beton dasar (bantalan) (in^2)
ϕ_c	Faktor resistensi pada beton, 0.6
P_u	Beban vertikal (kip)
N	Panjang pelat (in)
A_1	Luasan pelat (in^2)
Δ	$0.5 (0.9d - 0.8bf)$ (in)
B	Lebar pelat (in)
t_p	Tebal pelat (in)
B, N	dimensi base plate (in)
c	$N/2$ (in)
I	momen inersia, $B \times N^3 / 12$ (in^4)
f_l	gaya tekan maksimum
e	eksentrisitas
a	Panjang tegangan yang terjadi, $3 (N/2 - e)$ (in^2)
F_p	Gaya tekan ijin (ksi)
P	Gaya vertikal (kip)
M	Gaya momen (kip)
V_{sa}	kuat geser nominal baut angkur.
ϕ	faktor reduksi kuat baut angkur terhadap geser. 0,65 (baja daktail) 0,60 (baja getas)
$A_{se.V}$	Luas penampang efektif terhadap geser

n_t	jumlah (ulir/mm)
P	pitch, (mm/ulir).
f_{uta}	kuat tarik baut angkur yang disyaratkan, $>1.9f_{ya}$ atau 860 MPa.
A_{las}	Luas efektif las (in^2)
F^{exx}	Kelas kuat las baja (ksi)
σ	tegangan (MPa)
E	modulus elastisitas (MPa)
ε	regangan
$[k]$	matriks kekakuan elemen e
$\{\delta\}_e$	vektor perpindahan titik-titik nodal elemen e
$\{F\}_e$	vektor gaya pada titik-titik nodal elemen e
N_e	jumlah seluruh elemen.
f_e	batas elastis
f_{yu}, f_y	tegangan leleh atas dan bawah
f_u	tegangan putus
ε_{sh}	regangan saat mulai terjadi efek strain-hardening (penguatan regangan)
ε_u	regangan saat tercapainya tegangan putus