

**ANALISIS NONLINEAR PENGARUH LOKASI DAN
PANJANG PENGAKU LONGITUDINAL TERHADAP
LIPAT WEB BALOK BAJA**

TESIS



Oleh:

**Fenita Adina Santoso
2017831032**

Pembimbing:

Prof. Bambang Suryatmono, Ph.D.

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
JULI 2019**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS NONLINEAR PENGARUH LOKASI DAN PANJANG
PENGAKU LONGITUDINAL TERHADAP LIPAT WEB BALOK BAJA**



Oleh:

**Fenita Adina Santoso
2017831032**

**Disetujui untuk Diajukan Ujian Sidang pada Hari/Tanggal:
Selasa, 23 Juli 2019**

Pembimbing:

Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D.

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
JULI 2019**

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Fenita Adina Santoso
NPM : 2017831032
Program Studi : Magister Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa Tesis dengan judul:

Analisis Nonlinear Pengaruh Lokasi dan Panjang Pengaku Longitudinal Terhadap Lipat Web Balok Baja

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan Pembimbing, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau nonformal dari pihak lain berkaitan dengan keadaan karya saya ini, saya siap menanggung segala risiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan

Bandung, Juli 2019



Fenita Adina Santoso

NPM: 2017831032

ANALISIS NONLINEAR PENGARUH LOKASI DAN PANJANG PENGAKU LONGITUDINAL TERHADAP LIPAT WEB BALOK BAJA

Fenita Adina Santoso

NPM: 2017831032

Pembimbing: Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D.

Magister Teknik Sipil

Bandung

Juli 2019

ABSTRAK

Gelagar pelat pada umumnya memiliki web yang tidak kompak sehingga diperlukan pengaku untuk mencegah terjadinya kegagalan web berupa kelelahan web dan lipatan web. Lipatan web terjadi di area lokal akibat beban tekan vertikal dari tumpuan yang disalurkan melalui flens. Pengaku longitudinal harus ditempatkan pada lokasi vertikal dan panjang yang optimum untuk mendapatkan peningkatan kekuatan lipatan web maksimum. Penelitian ini melibatkan analisis nonlinear yaitu memperhitungkan ketidaklinearan material dan efek deformasi besar. Namun demikian, lipatan web termasuk dalam analisis tekuk, maka untuk menghasilkan lipatan web pada analisis nonlinear, harus dilakukan analisis tekuk linear terlebih dahulu. Analisis tekuk linear dipakai ragam tekuk pertamanya sebagai ketidakefektifan awal pada analisis tekuk nonlinear. Ragam tekuk pertama tersebut diberi amplitudo yang bernilai kecil yaitu $(\sqrt{b_1 l_{st}})/500$ dalam satuan mm, dengan b_1 adalah lokasi pengaku dan l_{st} adalah panjang pengaku. Lokasi pengaku longitudinal divariasikan rasio (b_1/h) sebesar 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, dan 0.6. Panjang pengaku longitudinal divariasikan rasio $(l_{st}/(0.5l))$ sebesar 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, dan 1.0. Masing-masing pasangan variasi menghasilkan perbesaran kekuatan lipatan web (C_{st}). Dengan menggunakan analisis regresi *stepwise* dari data diskrit didapat persamaan C_{st} sehingga mendapat data kontinu. Lokasi vertikal pengaku yang optimum adalah saat b_1/h 0.32 dengan panjang $l_{st}/(0.5l)$ 0.62.

Kata Kunci: lipatan web, pengaku longitudinal, optimum, tekuk nonlinear, regresi *stepwise*.

NONLINEAR ANALYSIS OF THE EFFECT OF LONGITUDINAL STIFFENER LOCATION AND LENGTH TO WEB CRIPPLING STRENGTH OF STEEL BEAM

Fenita Adina Santoso
NPM: 2017831032

Adviser: Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D.

Magister of Civil Engineering
Bandung
July 2019

ABSTRACT

Plate girder in general has noncompact web that stiffeners are needed to avoid web failure such as web yielding and web crippling. Web crippling occurs at local area as the result of pressure load from support which is distributed by flange. Longitudinal stiffener has to be placed on optimum vertical location with optimum length to achieve maximum web crippling strength. This research involved nonlinear numerical analysis where nonlinear material and large deformation were considered. However, web crippling is included in buckling analysis. To get nonlinear web crippling strength, linear buckling analysis has to be done in advance. The first buckling mode of linear buckling analysis is used to be the initial geometry imperfection of nonlinear buckling analysis. The first mode is given with very small amplitude that is $(\sqrt{b_1 l_{st}})/500$ mm, with b_1 is location of the stiffener and l_{st} is length of the stiffener. The position of longitudinal stiffener is varied with 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, and 0.6. The length of longitudinal stiffener is varied with 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0. Each variation pair results web crippling strength magnification factor (C_{st}). By using stepwise regression, C_{st} equation was obtained. The optimum vertical location of the stiffener is where b_1/h 0.32 with a length ratio $l_{st}/(0.5l)$ 0.62.

Keywords: web crippling, longitudinal stiffener, optimum, nonlinear buckling analysis, stepwise regression.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan kasih-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul *Analisis Nonlinear Pengaruh Lokasi dan Panjang Pengaku Longitudinal Terhadap Lipat Web Balok Baja*. Tesis ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat S-2 di Fakultas Teknik Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam menyusun laporan tesis ini ada hambatan dan rintangan yang penulis alami, maka dalam menyelesaikan tesis ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D. selaku dosen pembimbing tesis yang telah dengan penuh kesabaran memberikan ilmu, meluangkan waktu, dan membimbing penyusunan tesis ini;
2. Dr. Paulus Karta Wijaya dan Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen penguji yang telah memberi banyak masukan;
3. Kedua orang tua tercinta Binardi dan Lina Susanti yang senantiasa mendoakan, menghibur, memberikan semangat, dan dukungan materil serta moral agar tesis ini dapat terselesaikan dengan baik;
4. Kakak tersayang Beni Adi Santoso selaku saudara kandung penulis yang selalu mendoakan dan memberikan semangat serta penghiburan kepada penulis;
5. Dosen-dosen program studi Magister Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu pengetahuan bagi penulis;
6. Staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan yang telah mendukung penulis selama proses perkuliahan;
7. Teman-teman seperjuangan semasa kuliah S-2 dan pembuatan tesis yaitu Erwin, Benny, dan Adrian yang telah bersama-sama berjuang dan saling membantu dalam suka dan duka.
8. Teman-teman karib yaitu Astrid, Beauti, Gita, dan Clarissa yang selalu menyemangati serta menjadi tempat bertukar pikiran;

9. Semua pihak yang telah membantu, memberi dukungan dan semangat selama penulisan selama penulisan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna mengingat keterbatasan waktu dan kemampuan penulis. Penulis menerima saran dan kritik yang sifatnya membangun agar dapat memperbaikinya di masa yang akan datang.

Akhir kata penulis berharap tesis ini tidak hanya bermanfaat bagi penulis tetapi juga bagi mahasiswa lainnya dan dunia pendidikan, khususnya di bidang Teknik Sipil.

Bandung, Juli 2019

Penulis,



Fenita Adina Santoso

2017831032

DAFTAR ISI

ABSTRAK	
ABSTRACT	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-2
1.4 Pembatasan Masalah	1-2
1.5 Metode Penelitian.....	1-4
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1 Mekanisme Kegagalan Lipat Web Tanpa Pengaku Longitudinal.....	2-1
2.2 Mekanisme Kegagalan Lipat Web dengan Pengaku Longitudinal	2-2
2.3 Studi Eksperimental Lipat Web dengan Pengaku Longitudinal (Loaiza et al, 2018).....	2-3
2.4 Pengaruh Lokasi Vertikal Pengaku Longitudinal terhadap Kekuatan Web	2-4
2.5 Ketidaktercapaian Geometri Awal (Graciano dan Edlund, 2002).....	2-5
2.6 Lipat Lokal Web (AISC 360-16).....	2-7
2.7 Pengaku Longitudinal Web (Salmon et al, 2009)	2-8
2.8 Metode Elemen Hingga (Cook et al 2002).....	2-10
2.9 Analisis Linear dan Nonlinear (Huei-Huang Lee, 2014)	2-12
2.9.1 Kenonlinearan Geometri	2-13
2.9.2 Kenonlinearan Topologi.....	2-14
2.9.3 Kenonlinearan Material	2-14
2.10 Teori Leleh Von Mises (Huei-Huang Lee, 2014)	2-14
2.11 Perbandingan Antara Metode Aplikasi Beban (Tian Chen, 2014).....	2-15
2.12 Metode Regresi.....	2-16

BAB 3	STUDI KASUS	3-1
3.1	Pemodelan Struktur pada ANSYS <i>Workbench</i>	3-1
3.2	Pemodelan Pembebanan pada Struktur.....	3-1
3.3	Pemodelan Tumpuan	3-11
3.4	Pemodelan Ketidaksempurnaan (<i>Imperfection</i>) Geometri Struktur	3-12
3.5	Analisis Tekuk Linear.....	3-12
3.6	Analisis Tekuk Nonlinear	3-15
BAB 4	ANALISIS HASIL UJI	4-1
4.1	Verifikasi Model Terhadap Persamaan Lipat Web (AISC 360-16).....	4-1
4.2	Hasil Analisis Tekuk Linear dan Nonlinear Lipat Web Balok dengan Pengaku Longitudinal.....	4-3
4.3	Deformasi Tekuk Nonlinear	4-7
4.4	Tegangan Von Mises dan Tegangan Normal Arah Transversal.....	4-10
4.5	Persamaan Regresi Hasil Analisis Elemen Hingga	4-14
4.6	Lokasi Vertikal dan Panjang Pengaku Longitudinal yang Optimum dari Persamaan Regresi.....	4-19
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA.....		xiv
LAMPIRAN 1		L1-1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

a	: jarak antar pengaku transversal
b_l	: jarak tepi atas flens bawah ke as pengaku longitudinal
b_f	: lebar flens
C_{st}	: faktor perbesaran kekuatan lipat web balok dengan pengaku longitudinal
E	: modulus Elastisitas
F_{cr}	: beban kritis
F_{exp}	: beban eksperimental
F_R	: beban ultimit
F_y	: tegangan leleh baja
F_{yf}	: tegangan leleh flens
F_{yw}	: tegangan leleh web
h	: tinggi web
I_{st}	: momen inersia pelat pengaku
l	: panjang balok / gelagar pelat
l_b	: panjang beban terpusat
l_{st}	: panjang pengaku longitudinal
M_f	: momen plastis flens
M_w	: momen plastis web
N^o	: benda uji ke-n
P_{nst}	: beban maksimum pada analisis tekuk nonlinear balok tanpa pengaku longitudinal

- P_{st} : beban maksimum pada analisis tekuk nonlinear balok dengan pengaku longitudinal
- R_n : kekuatan lipat web (AISC)
- $R-sq$: koefisien determinasi
- t_w : tebal web
- V_{AISC} : kekuatan lipat web hasil persamaan AISC
- V_{ansys} : kekuatan lipat web hasil analisis nonlinear ANSYS
- w_1 : nilai maksimum deformasi keluar bidang kurvatur 1
- w_2 : nilai maksimum deformasi keluar bidang kurvatur 2
- α : jarak garis leleh terhadap flens atas ($25t_w$)
- μ : rasio Poisson
- σ_1 : tegangan arah sumbu lokal 1
- σ_2 : tegangan arah sumbu lokal 2
- σ_3 : tegangan arah sumbu lokal 3
- σ_y : tegangan leleh

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kurva Tegangan-Regangan Material <i>Elastic Perfectly Plastic</i>	1-3
Gambar 1.2 Tampak Depan dan Samping Balok.....	1-4
Gambar 1.3 Diagram Alir Metode Penelitian Tesis.....	1-5
Gambar 2.1 Mekanisme Kegagalan 4 Sendi Plastis untuk Web Tanpa Pengaku	2-1
Gambar 2.2 Mekanisme Kegagalan 4 Sendi Plastis untuk Web dengan Pengaku Longitudinal	2-2
Gambar 2.3 Rasio Beban Eksperimental dengan Pengaku Longitudinal dan Beban dari AISC 2016	2-4
Gambar 2.4 Model Gelagar Pelat dengan Pengaku Longitudinal.....	2-5
Gambar 2.5 Peningkatan Kapasitas Beban dari Berbagai Rasio Kelanginsgan (b_1/t_w)	2-5
Gambar 2.6 Potongan Melintang Ketidaksempurnaan Web.....	2-6
Gambar 2.7 Contoh Aplikasi dari Persamaan (2.15)	2-8
Gambar 2.8 Efek Pengaku Longitudinal pada Stabilitas Web Gelagar Pelat	2-9
Gambar 2.9 Geometri <i>SHELL</i> 181	2-12
Gambar 2.10 Gaya-Peralihan Analisis Linear	2-12
Gambar 2.11 Gaya-Peralihan Analisis Nonlinear	2-13
Gambar 2.12 Pembebanan (a) Kontrol Peralihan (b) Kontrol Beban	2-15
Gambar 2.13 Perbandingan antara Pembebanan Kontrol Gaya dan Kontrol Peralihan.....	2-16
Gambar 3.1 Model H2L2	3-3
Gambar 3.2 Model H2L4	3-3
Gambar 3.3 Model H2L6	3-3
Gambar 3.4 Model H2L8	3-4
Gambar 3.5 Model H2L10	3-4
Gambar 3.6 Model H3L2	3-4
Gambar 3.7 Model H3L4	3-5
Gambar 3.8 Model H3L6	3-5
Gambar 3.9 Model H3L8	3-5
Gambar 3.10 Model H3L10	3-6

Gambar 3.11 Model H4L2	3-6
Gambar 3.12 Model H4L4	3-6
Gambar 3.13 Model H4L6	3-7
Gambar 3.14 Model H4L8	3-7
Gambar 3.15 Model H4L10	3-7
Gambar 3.16 Model H5L2	3-8
Gambar 3.17 Model H5L4	3-8
Gambar 3.18 Model H5L6	3-8
Gambar 3.19 Model H5L8	3-9
Gambar 3.20 Model H5L10	3-9
Gambar 3.21 Model H6L2	3-9
Gambar 3.22 Model H6L4	3-10
Gambar 3.23 Model H6L6	3-10
Gambar 3.24 Model H6L8	3-10
Gambar 3.25 Model H6L10	3-11
Gambar 3.26 Arah Sumbu Global Pemodelan	3-11
Gambar 3.27 <i>Static Structural</i> dan <i>Eigenvalue Buckling</i>	3-13
Gambar 3.28 Material Baja yang Digunakan	3-13
Gambar 3.29 Pengaturan <i>Meshing</i>	3-14
Gambar 3.30 Aplikasi Beban	3-14
Gambar 3.31 Pengaturan Batasan Modus yang Dicari	3-14
Gambar 3.32 Faktor Beban Kritis dan Deformasi Arah X	3-15
Gambar 3.33 Menghubungkan <i>Eigenvalue Buckling</i> dengan <i>Mechanical ADPL</i>	3-16
Gambar 3.34 Perintah <i>upgeom</i> untuk <i>input file</i>	3-16
Gambar 3.35 Kerangka Modul Analisis Tekuk Nonlinear	3-17
Gambar 3.36 <i>Substep</i> Analisis	3-18
Gambar 3.37 Aktivasi <i>Large Deflection</i>	3-18
Gambar 4.1 Deformasi Arah Lateral dan Faktor Pengali Beban Balok Tanpa Pengaku Longitudinal	4-1
Gambar 4.2 Deformasi Arah Lateral Analisis Tekuk Nonlinear Balok Tanpa Pengaku Longitudinal	4-2

Gambar 4.3 Kontur Tegangan Von-Mises Balok Tanpa Pengaku Longitudinal.	4-2
Gambar 4.4 Faktor Perbesaran Kekuatan Lipat Web Balok dengan Pengaku Longitudinal	4-6
Gambar 4.5 Deformasi Tekuk Nonlinear dengan Pengaku Longitudinal di $0.3h$	4-7
Gambar 4.6 Deformasi Tekuk Nonlinear dengan Pengaku Longitudinal $l_{st}/(0.5l) = 0.3$	4-9
Gambar 4.7 Deformasi Tekuk Nonlinear dengan Pengaku Longitudinal $l_{st}/(0.5l) = 0.4$	4-10
Gambar 4.8 Tegangan Von Mises Balok dengan Pengaku Longitudinal pada Lokasi Vertikal $0.3h$	4-11
Gambar 4.9 Tegangan Normal arah Transversal Balok dengan Pengaku Longitudinal pada Lokasi Vertikal $0.3h$	4-12
Gambar 4.10 Perkembangan Tegangan Von Mises.....	4-14
Gambar 4.11 Hasil Analisis Regresi	4-15
Gambar 4.12 Plot Persamaan 5.1 dan Hasil Analisis Elemen Hingga Tampak 3D(1)	4-18
Gambar 4.13 Plot Persamaan 5.1 dan Hasil Analisis Elemen Hingga Tampak 3D(2)	4-19

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variasi Lokasi Vertikal dan Panjang Pengaku Longitudinal	3-2
Tabel 4.1 Amplitudo Ketidaktersempurnaan Awal.....	4-4
Tabel 4.2 Hasil Analisis Tekuk Linear dan Nonlinear.....	4-5

DAFTAR LAMPIRAN

L.1 <i>Precalulation</i> Lipat Web AISC 360-16.....	L1-1
---	------

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gelagar pelat adalah balok tersusun dari elemen-elemen pelat untuk mendapatkan komponen struktur yang lebih efisien dibanding balok canai panas. Gelagar pelat banyak digunakan pada struktur jembatan karena bentangnya yang panjang dan kebutuhan akan kekuatan lentur dan geser yang tinggi. Gelagar pelat pada umumnya memiliki web yang tidak kompak sehingga dipasang pengaku-pengaku untuk mencegah kegagalan pada web, yaitu leleh web (*web yielding*) dan lipat web (*web crippling*) di area lokal akibat beban tekan vertikal terpusat yang disalurkan melalui flens. Pengaku tersebut dapat berupa pengaku transversal dan pengaku longitudinal. Pengaku transversal dapat digunakan untuk memperkuat web sehingga lipat web tidak muncul, tetapi penggunaan pengaku transversal dihindari untuk alasan-alasan praktis dan ekonomis (Marcano 2002).

Analisis lipat web merupakan bagian dari analisis tekuk. Analisis tekuk dapat dilakukan secara linear dan nonlinear. Tujuan analisis tekuk linear adalah menemukan titik batas pertama sebelum struktur menjadi tidak stabil, sedangkan analisis tekuk nonlinear dapat merekam riwayat beban-peralihan ketika struktur mengalami tekuk. Analisis tekuk nonlinear diperlukan untuk mengevaluasi beban kritis gelagar pelat dengan variasi lokasi dan panjang pengaku longitudinal dengan melibatkan ketidaknonlinearan material dan *large deformation*.

Menurut Graciano dan Edlund (2002) pengaku longitudinal dapat meningkatkan kekuatan penampang terhadap lipatan web di daerah lapangan dengan lokasi vertikal kurang dari $40 t_w$. Menurut Salmon (2009), lokasi pengaku longitudinal untuk web yang mengalami geser saja, pengaku longitudinal seharusnya diletakkan pada setengah tinggi web sedangkan untuk kombinasi geser dan lentur, pengaku sebaiknya diletakkan di $h/5 < m < h/2$. Pada studi ini, akan dianalisis pengaruh lokasi vertikal dan panjang pengaku longitudinal gelagar pelat di daerah tumpuan yang mengalami dominan gaya geser.

1.2 Inti Permasalahan

Lokasi vertikal dan panjang pengaku longitudinal pada gelagar pelat berpengaruh pada kekuatan terhadap lipatan web balok baja. Untuk menghasilkan desain yang efisien, dibutuhkan lokasi dan panjang pengaku longitudinal yang optimum yaitu yang menghasilkan beban kritis terbesar di tumpuan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan tesis ini adalah:

- 1) Menentukan lokasi dan panjang pengaku longitudinal yang optimum dengan mempertimbangkan faktor-faktor nonlinear.
- 2) Menghasilkan persamaan untuk mencari faktor perbesaran kekuatan lipatan web untuk variasi lokasi vertikal dan panjang pengaku longitudinal.

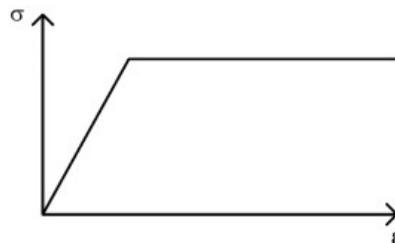
1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada tesis ini adalah sebagai berikut:

- 1) Komponen struktur yang dianalisis adalah gelagar pelat dengan bentang 3 m.

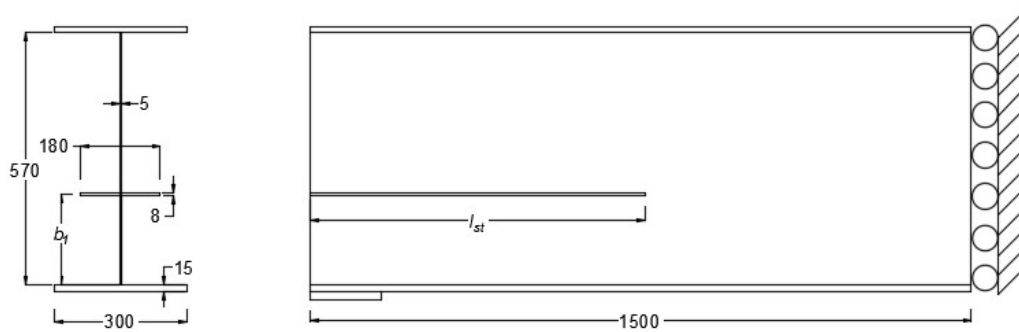
- 2) Balok diberi beban terbagi merata di flens atas dengan arah gravitasi.
- 3) Lipat web yang dianalisis adalah di lokasi tumpuan.
- 4) Analisis menggunakan prinsip simetri sehingga panjang balok yang dimodelkan adalah 1.5 m dengan tumpuan sebagai sendi di satu ujung dan jepit rol di ujung lainnya.
- 5) Pemodelan menggunakan perangkat lunak *ANSYS Workbench*.
- 6) Ragam tekuk pertama dari analisis tekuk linear akan digunakan sebagai bentuk ketidaksempurnaan awal analisis tekuk nonlinear.
- 7) Amplitudo dari ragam tekuk ketidaksempurnaan awal adalah $\frac{\sqrt{b_1 l_{st}}}{500}$.
- 8) Material baja yang digunakan adalah BJ 41 ($F_y = 250$ MPa).
- 9) Semua elemen baja diasumsikan *fully bonded*.
- 10) Kurva tegangan-regangan yang digunakan adalah *elastic perfectly plastic*.

(Gambar 1.1)



Gambar 1.1 Kurva Tegangan-Regangan Material *Elastic Perfectly Plastic*

- 11) Tinggi web (h) adalah 570 mm, lebar flens (b_f) adalah 300 mm, tebal web (t_w) adalah 5 mm, dan tebal flens (t_f) adalah 15 mm (Gambar 1.2).



Gambar 1.2 Tampak Depan dan Samping Balok

- 12) Lokasi pengaku longitudinal divariasikan rasio (b_l/h) yaitu sebesar 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60. b_l adalah jarak vertikal sisi dalam flens ke as pengaku longitudinal.
- 13) Panjang pengaku longitudinal divariasikan rasio ($l_{st}/(0.5l)$) yaitu sebesar 0.20, 0.40, 0.60, 0.80, 1.00.
- 14) Tegangan sisa tidak diperhitungkan.

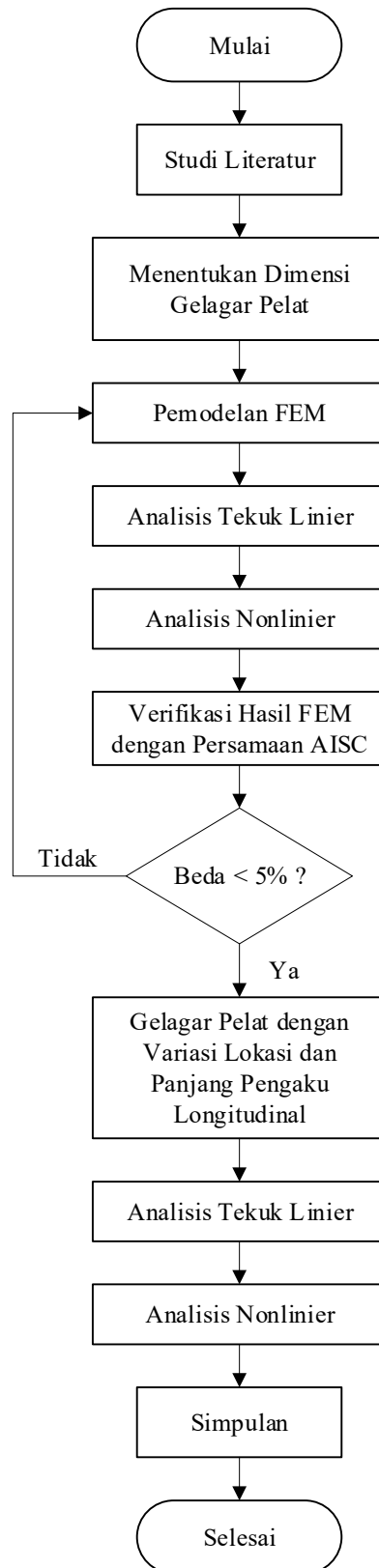
1.5 Metode Penelitian

1. Studi literatur

Bahan-bahan yang digunakan sebagai referensi berasal dari buku-buku, *paper*, dan peraturan mengenai lipat web, pengaku longitudinal, dan analisis nonlinear.

2. Studi numerikal

Analisis linear dan nonlinear menggunakan bantuan program *ANSYS Workbench* 18, yaitu dengan memodelkan gelagar pelat, tanpa dan dengan pengaku longitudinal, yang mengalami lipat web. Dalam proses perhitungan juga digunakan bantuan program *Mathcad*, *Microsoft Excel*, *Minitab*, dan *Matlab*.



Gambar 1.3 Diagram Alir Metode Penelitian Tesis

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut ini adalah sistematika penulisan tesis:

1) BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan tesis.

2) BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi studi terdahulu dan teori-teori yang digunakan dalam pemodelan dan perhitungan untuk analisis tesis ini.

3) BAB 3 STUDI KASUS

Bab ini berisi pemodelan analisis tekuk linear dan analisis tekuk nonlinear yang dibantu dengan perangkat lunak *ANSYS Workbench 18*.

4) BAB 4 ANALISIS HASIL UJI

Bab ini berisi analisis dan pengolahan data yang dihasilkan dari pemodelan dan perhitungan yang dilakukan.

5) BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas tentang simpulan hasil analisis dan saran untuk menunjang penelitian berikutnya.