

SKRIPSI

**STUDI AKURASI PENGUKURAN REGANGAN PADA
PENGUJIAN LENTUR PROFIL BAJA WF DENGAN
METODE *DIGITAL IMAGE CORRELATION***



**ANTONIUS ADIANTO
NPM : 2016410053**

PEMBIMBING: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Liyanto Eddy, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1722/SK/BAN-PT/Akred/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2020**

SKRIPSI

**STUDI AKURASI PENGUKURAN REGANGAN PADA
PENGUJIAN LENTUR PROFIL BAJA WF DENGAN
METODE *DIGITAL IMAGE CORRELATION***



**ANTONIUS ADIANTO
NPM : 2016410053**

PEMBIMBING: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Liyanto Eddy, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1722/SK/BAN-PT/Akred/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2020**

SKRIPSI

**STUDI AKURASI PENGUKURAN REGANGAN PADA
PENGUJIAN LENTUR PROFIL BAJA WF DENGAN
METODE *DIGITAL IMAGE CORRELATION***



**ANTONIUS ADIANTO
NPM : 2016410053**

BANDUNG, 13 AGUSTUS 2020

PEMBIMBING:

KO-PEMBIMBING:

Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.

Liyanto Eddy, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1722/SK/BAN-PT/Akred/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2020**

PERNYATAAN

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

Nama : Antonius Adianto

NPM : 2016410053

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

STUDI AKURASI PENGUKURAN REGANGAN PADA PENGUJIAN LENTUR PROFIL BAJA WF DENGAN METODE *DIGITAL IMAGE CORRELATION*

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. 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 non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 31 Juli 2020



Antonius Adianto

STUDI AKURASI PENGUKURAN REGANGAN PADA PENGUJIAN LENTUR PROFIL BAJA WF DENGAN METODE *DIGITAL IMAGE CORRELATION*

Antonius Adianto
NPM: 2016410053

Pembimbing: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.
Ko-Pembimbing: Liyanto Eddy, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1722/SK/BAN-PT/Akred/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2020

ABSTRAK

Regangan merupakan salah satu parameter yang penting untuk mengamati perilaku suatu elemen struktur. Pengukuran regangan pada umumnya dapat dilakukan dengan menggunakan *strain gauge* maupun *linear transducer*. Penggunaan *strain gauge* tidak dapat digunakan berulang kali pada banyak benda uji dan *transducer* hanya mengukur nilai peralihan pada satu titik saja. Metode *Digital Image Correlation* (DIC) merupakan suatu metode analisis yang menggunakan kamera digital untuk mengamati deformasi suatu elemen struktur, dan dapat menjadi alternatif metode untuk mengukur regangan. Pengukuran regangan dengan metode DIC dilakukan pada balok baja dengan profil WF dengan dan tanpa lubang di pelat badan, yang diuji lentur. Hasil pengujian dibandingkan dengan regangan teoretis, yang juga dibandingkan dengan analisis elemen hingga menggunakan program SAP2000. Hasil pengukuran regangan normal pada balok tanpa lubang dengan metode DIC terdapat perbedaan sebesar 682,37% dari teori, sedangkan perbedaan antara regangan normal permodelan SAP2000 dengan teori sebesar 5,22%. Hasil pengukuran regangan normal pada balok berlubang dengan metode DIC terdapat perbedaan nilai regangan normal sebesar 183,93% pada potongan melintang, dan sebesar 399,46% pada potongan memanjang terhadap permodelan SAP2000. Dari hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara hasil pengujian DIC terhadap teori maupun permodelan SAP2000. Hasil pengukuran regangan normal dengan metode DIC terdapat noise yang sangat dominan pada nilai regangan normal yang kecil, serta terdapat kecenderungan hanya terbaca nilai regangan normal positif saja.

Kata Kunci: *digital image correlation*, pengukuran regangan, uji lentur, profil baja WF, *four point bending*

STUDY ON STRAIN MEASUREMENT ACCURACY ON FLEXURAL MEMBER OF WEB FLANGE STEEL BEAM USING DIGITAL IMAGE CORRELATION METHOD

Antonius Adianto
NPM: 2016410053

Advisor: Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D.
Co-Advisor: Liyanto Eddy, Ph.D.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING

(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 1722/SK/BAN-PT/Akred/VII/2018)

BANDUNG
AUGUST 2020

ABSTRACT

Strain is one of the important parameters for observing the behavior of a structural element. Strain measurement can generally be measured using strain gauge or linear transducers. The use of strain gauge cannot be used repeatedly on many test objects and the transducer only measures the value of the displacement at one point. Digital Image Correlation (DIC) is an analysis method that uses a digital camera to observe the deformation of a structural element, and can be an alternative method for measuring strain. Strain measurements by the DIC method were measured on steel beams with WF profile sample with and without hole in the web plate, which were flexural tested. The test result are compared with the theoretical strain and also compared with finite element method analysis using SAP2000 modeling analysis. The result of normal strain measurement on beam without holes using the DIC method have a difference of 682.37% from the theory, while the difference between the normal strain of the SAP2000 modeling with the theory is 5.22%. The result of normal strain measurement on beam with holes using the DIC method, there is a difference in the normal strain value of 183.93% in cross section, and 399.46% in the longitudinal section, which is compared to SAP2000 modeling. From the test results indicate a significant difference between the results of the DIC test and, theory or SAP2000 modeling. The result of normal strain measurement using the DIC method shows that noise is very dominant at a small normal strain value, and there is a tendency that only the positive normal strain value is read.

Keywords: digital image correlation, strain measurement, WF steel profile, four point bending

PRAKATA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Studi Akurasi Pengukuran Regangan pada Pengujian Lentur Profil Baja WF dengan *Metode Digital Image Correlation*. Skripsi ini menjadi salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk lulus program sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.


Segala proses dalam menyusun skripsi ini tidaklah lepas dari dukungan dan bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak hingga dapat terselesaikan dengan baik. Maka dari pada itu, penulis hendak mengucapkan terimakasih, khususnya kepada:

1. Bapak Helmy Tjahjanto Hermawan, Ph.D dan Bapak Liyanto Eddy, Ph.D selaku dosen pembimbing dan ko-pembimbing, yang telah meluangkan waktu dan tenaga, untuk memberikan arahan, bimbingan, dan segala masukan selama penyusunan skripsi ini.
2. Orang tua penulis, Paulus Suyanto, S.Pd dan drg. Wenny Florentina yang telah memberikan dukungan, doa, dan semangat selama penyusunan skripsi ini.
3. Saudari penulis, dr. Agnes Amanda Wulandari yang telah memberikan dukungan, doa, dan semangat selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Teguh Farid dan Bapak Markus Didi, yang telah membantu seluruh aktivitas di Laboratorium Struktur Universitas Katolik Parahyangan demi terselesaikannya skripsi ini.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil yang memberikan ilmu dan wawasan selama menjalani perkuliahan.
6. Teman-teman seperjuangan skripsi, Anggin, Jonathan, Rama, Shafira, Diego, Michael, dan Ando yang telah membantu dan memberikan dukungan atas penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh teman-teman Angkatan 2016 Teknik Sipil Unpar yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

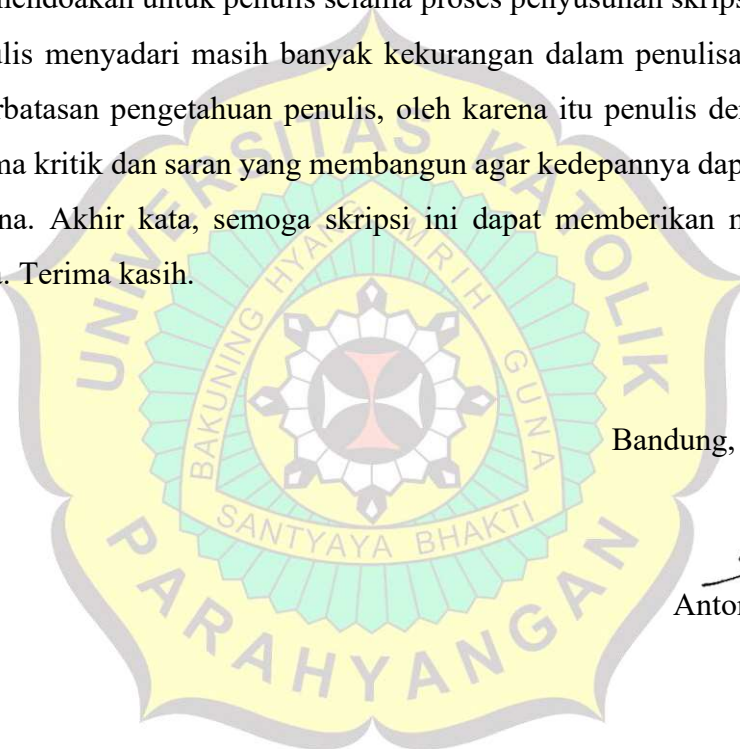
8. Anggota Tim Ekspedisi Penelusuran Gua Taman Nasional Matalawa, Nyoman, Xavier, Khema, dan Diana, serta Jojo sebagai pembimbing yang memberikan pengalaman berharga selama penulis berkuliah.
9. Anggota Tim Ekspedisi Penelusuran Gua Taman Nasional Aketajawe Lolobata, Viant, Wilmar, dan Fai, yang menghibur namun kadang membuat penulis kesal.
10. Seluruh rekan-rekan Mahitala Unpar yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
11. Semua pihak yang telah membantu, memberikan dukungan, dan mendoakan untuk penulis selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini karena keterbatasan pengetahuan penulis, oleh karena itu penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun agar kedepannya dapat lebih baik dan sempurna. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya. Terima kasih.

Bandung, 23 Juli 2020



Antonius Adianto
2016410053



DAFTAR ISI

BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-4
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-4
1.4 Batasan Masalah.....	1-5
1.5 Metode Penelitian.....	1-6
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-6
1.7 Diagram Alir Penelitian.....	1-7
BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-1
2.1 Sifat Mekanis Material Baja.....	2-1
2.2 Komponen Struktur yang Mengalami Lentur	2-3
2.2.1 Perilaku Komponen Struktur Terhadap Lentur.....	2-3
2.2.2 Kondisi Batas Kekuatan Lentur Balok Baja	2-6
2.3 Tegangan dan Regangan pada Pelat Berlubang	2-8
2.4 Pengukurang Regangan.....	2-9
2.5 <i>Digital Image Correlation</i> (DIC)	2-10
2.6 Metode Elemen Hingga.....	2-11
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	3-1
3.1 Detail Eksperimen	3-1
3.1.1 Profil WF 150x150x7x10.....	3-1
3.1.2 Persiapan Benda Uji.....	3-4
3.1.3 <i>Strain Gauge</i> dan LVDT.....	3-6
3.1.4 Pengujian.....	3-10
3.2 Permodelan SAP2000.....	3-12
3.2.1 Data Material Input	3-12
3.2.2 Kondisi Batas Model.....	3-13
BAB 4 ANALISIS DATA	4-1
4.1 Analisis Regangan Normal Balok tanpa Lubang	4-1
4.1.1 Analisis Potongan A.....	4-3
4.1.2 Analisis Potongan B.....	4-6
4.1.3 Analisis Potongan C.....	4-10

4.1.4	Analisis Kontur Regangan Balok tanpa Lubang	4-14
4.2	Analisis Regangan Normal Balok dengan Lubang	4-18
4.2.1	Analisis Balok Lentur dengan Lubang Potongan Melintang	4-19
4.2.2	Analisis Balok Lentur dengan Lubang Potongan Memanjang	4-22
4.2.3	Analisis Kontur Regangan Balok dengan Lubang	4-24
4.3	Hipotesis Analisis Metode DIC	4-28
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Simpulan	5-1
5.2	Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA.....		xvi



DAFTAR NOTASI

A	:	Luas Penampang (mm^2)
a	:	Jari-jari Lubang (mm)
A_c	:	Luas Penampang pada Area Tekan Kondisi Leleh (mm^2)
A_t	:	Luas Penampang pada Area Tekan Kondisi Tarik (mm^2)
E	:	Modulus Elastisitas atau Modulus Young (MPa)
F_u	:	Tegangan Ultimate (MPa)
F_y	:	Tegangan Leleh (MPa)
I	:	Momen Inersia (mm^4)
L	:	Panjang Spesimen (mm)
M	:	Momen (Nmm)
M_p	:	Momen Plastis (Nmm)
M_y	:	Momen Leleh (Nmm)
ΔL	:	Perubahan Panjang Spesimen (mm)
P	:	Beban Aksial (N)
S_x	:	Modulus Penampang Elastis (mm^3)
y	:	Jarak Titik dari Sumbu Netral (mm)
σ	:	Tegangan Normal (MPa)
σ_∞	:	Tegangan / Gaya pada Jarak Tak Hingga (MPa)
σ_{rr}	:	Tegangan Arah r (MPa)
$\sigma_{\theta\theta}$:	Tegangan Tegak Lurus Arah r (MPa)
ε	:	Regangan Normal
θ	:	Sudut terhadap Sumbu Tegangan/Gaya ($^\circ$)
ν	:	Rasio Poisson

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Strain Gauge</i> (Cristian V., 2017)	1-2
Gambar 1.2 <i>Linear Variable Differential Transformer</i> (www.bditest.com)	1-2
Gambar 1.3 Konfigurasi Pengujian Profil Baja WF Lentur tanpa Lubang.....	1-5
Gambar 1.4 Konfigurasi Pengujian Profil Baja WF Lentur dengan Lubang.....	1-5
Gambar 1.5 Diagram Alir Penelitian	1-7
Gambar 2.1 Uji Tarik pada Spesimen Baja (Segui, 2013).....	2-1
Gambar 2.2 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan pada Spesimen Uji Baja	2-2
Gambar 2.3 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan yang Diidealkan	2-2
Gambar 2.4 Deformasi pada Balok Akibat Momen Lentur (Hibbeler, 2010)	2-4
Gambar 2.5 Distribusi Regangan Normal (a); Tegangan Normal (b).....	2-4
Gambar 2.6 Balok yang Mengalami Lentur Seragam (Gere, 2000)	2-6
Gambar 2.7 Balok pada Kondisi Momen Plastis (Segui, 2012)	2-6
Gambar 2.8 Balok yang Mengalami Tekuk Torsi Lateral	2-7
Gambar 2.9 Ilustrasi Persamaan Kirsch (1898) (www.fracturemechanics.org) ..	2-8
Gambar 2.10 Cara Kerja Strain Gauge (www.allaboutcircuits.com).....	2-9
Gambar 2.11 Cara Kerja LVDT (www.instrumentationtools.com).....	2-10
Gambar 2.12 Ilustrasi Facets yang Mengandung Pola Acak	2-10
Gambar 2.13 Ilustrasi Facets Sebelum dan Setelah Berdeformasi	2-11
Gambar 3.1 Foto Balok WF 150x150x7x10 untuk Pengujian Lentur	3-2
Gambar 3.2 Foto Balok WF 150x150x7x10 tanpa Lubang	3-2
Gambar 3.3 Konfigurasi Pengujian Balok Lentur tanpa Lubang.....	3-3
Gambar 3.4 Foto Balok WF 150x150x7x10 dengan Lubang	3-3
Gambar 3.5 Konfigurasi Pengujian Balok Lentur dengan Lubang.....	3-4
Gambar 3.6 Foto Pemasangan <i>Tape</i> pada Balok	3-4
Gambar 3.7 Foto Penyemprotan Cat Berwarna Putih pada Balok.....	3-5
Gambar 3.8 Foto Penyemprotan Cat Berwarna Hitam pada Balok	3-5
Gambar 3.9 Foto <i>Strain Gauge</i> yang Digunakan untuk Pengujian.....	3-6
Gambar 3.10 Konfigurasi Pemasangan <i>Strain Gauge</i> pada Balok Lentur.....	3-6
Gambar 3.11 Permukaan Letak <i>Strain Gauge</i> akan Terpasang Dihaluskan.....	3-7
Gambar 3.12 Permukaan Benda Uji Dibersihkan Menggunakan Alkohol	3-7
Gambar 3.13 Foto Pemasangan <i>Strain Gauge</i>	3-8

Gambar 3.14 Pemasangan <i>Strain Gauge</i> ke <i>Data Logger</i>	3-8
Gambar 3.15 <i>Strain Gauge</i> pada <i>Flange</i> dan <i>Web</i> Balok tanpa Lubang.....	3-9
Gambar 3.16 Posisi <i>Strain Gauge</i> pada <i>Web</i> Balok dengan Lubang	3-9
Gambar 3.17 Posisi LVDT pada Balok Selama Pengujian Lentur	3-9
Gambar 3.18 Kamera yang Digunakan dan Posisinya pada Pengujian.....	3-10
Gambar 3.19 Pemasangan Lampu Sorot	3-11
Gambar 3.20 Uji Lentur Balok Baja dengan UTM	3-12
Gambar 4.1 Grafik Beban terhadap Peralihan Uji Lentur Balok tanpa Lubang ..	4-2
Gambar 4.2 Potongan dan Lebar Daerah Analisis Balok Lentur tanpa Lubang ..	4-3
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Regangan Normal pada Potongan A	4-4
Gambar 4.4 Grafik Regresi DIC Potongan A.....	4-6
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Regangan Normal pada Potongan B	4-8
Gambar 4.6 Grafik Regresi DIC Potongan B.....	4-9
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Regangan Normal pada Potongan C	4-11
Gambar 4.8 Grafik Regresi DIC Potongan C.....	4-13
Gambar 4.9 Kontur Regangan Balok Lentur tanpa Lubang Permodelan SAP2000	4-14
Gambar 4.10 Kontur Regangan Balok Lentur tanpa Lubang Metode DIC.....	4-15
Gambar 4.11 Kontur Regangan Balok Lentur tanpa Lubang Metode DIC dengan Filter	4-15
Gambar 4.12 Peralihan saat Beban Kecil (Atas) dan Beban Lebih Besar (Bawah)	4-16
Gambar 4.13 Grafik Beban terhadap Peralihan pada Pengujian Lentur Balok dengan Lubang	4-19
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Regangan Balok dengan Lubang Potongan Melintang.....	4-20
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Regangan Balok dengan Lubang Potongan Memanjang	4-23
Gambar 4.16 Kontur Regangan Balok Lentur dengan Lubang Permodelan SAP2000.....	4-24
Gambar 4.17 Kontur Regangan Balok Lentur dengan Lubang Metode DIC.....	4-26

Gambar 4.18 Kontur Regangan Balok Lentur dengan Lubang Metode DIC dengan Filter 4-26

Gambar 4.19 Peralihan pada Balok Lentur dengan Lubang 4-27



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Regangan normal di Titik Pemasangan <i>Strain Gauge</i> pada <i>Web</i>	4-1
Tabel 4.2 Regangan normal di Titik Pemasangan <i>Strain Gauge</i> pada <i>Flange</i>	4-1
Tabel 4.3 Perbandingan Regangan Normal pada Potongan A.....	4-3
Tabel 4.4 Perbandingan Regangan Normal pada Potongan B.....	4-7
Tabel 4.5 Perbandingan Regangan Normal pada Potongan C.....	4-10
Tabel 4.6 Regangan di Titik Pemasangan <i>Strain Gauge</i> pada <i>Web</i> Lubang	4-18
Tabel 4.7 Perbandingan Regangan Balok Lentur dengan Lubang Potongan Melintang	4-19
Tabel 4.8 Perbandingan Regangan Balok Lentur dengan Lubang Potongan Memanjang.....	4-22



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN KEKOMPAKAN PENAMPANG	L1-1
LAMPIRAN 2 PERHTUNGAN NILAI E DAN FY	L2-1
LAMPIRAN 3 PERHTUNGAN NILAI RENGAN TEORETIS	L3-1



BAB 1

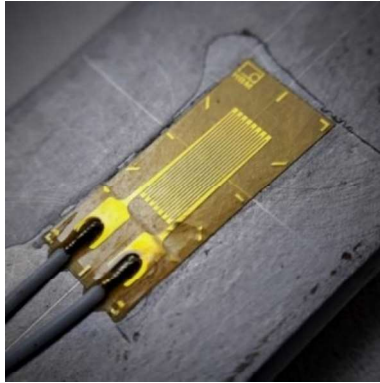
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Regangan merupakan salah satu parameter untuk mengetahui karakteristik suatu material dan perilaku suatu elemen struktur pada saat dibebani. Nilai regangan diperlukan untuk mengetahui kondisi batas suatu material. Untuk mengetahui nilai regangan suatu material yang dibebani perlu dilakukan pengujian.

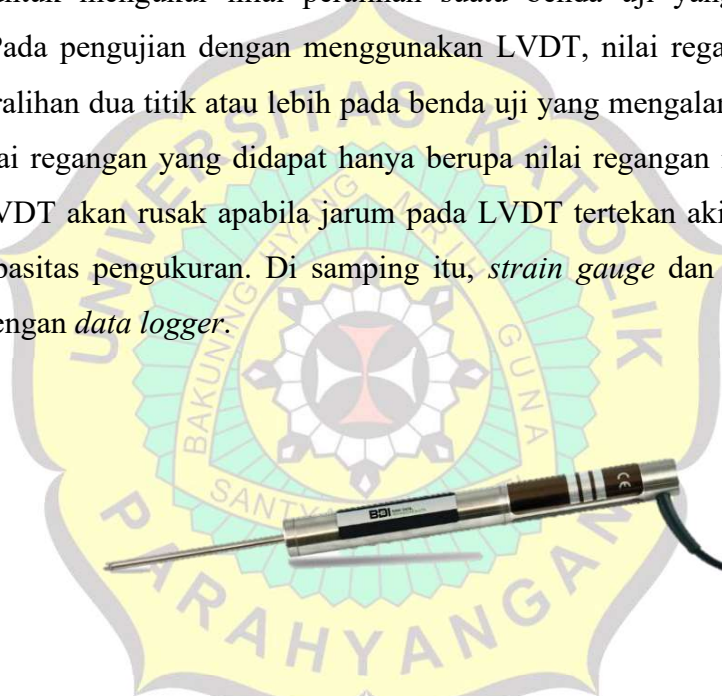
Secara umum pengujian regangan dilakukan menggunakan *strain gauge* dan *Linear Variable Differential Transformer* (LVDT). Pengukuran regangan dengan menggunakan *strain gauge* dilakukan dengan cara menempelkannya di suatu titik pada benda uji yang ingin diketahui nilai regangannya. Nilai regangan hasil pengukuran *strain gauge* didapat dari perubahan hambatan listrik akibat perubahan panjang kawat pada *strain gauge* saat benda uji mengalami deformasi. LVDT merupakan sensor linear, berfungsi sebagai transduser elektromagnetik yang mengonversi gerak lurus pada suatu material menjadi sinyal listrik. Nilai peralihan suatu titik pada benda uji yang mengalami deformasi dapat diukur dengan menggunakan LVDT dan nilai regangan rata-rata dapat diperoleh dari nilai peralihan beberapa titik pada benda uji.

Strain gauge, seperti pada Gambar 1.1, dapat mengukur nilai regangan di suatu titik pada benda uji yang berdeformasi, namun penggunaannya memiliki kelemahan. Salah satu kelemahannya yaitu *strain gauge* menempel pada benda uji sehingga tidak dapat digunakan berulang kali pada benda uji lainnya. Kendala lain dari penggunaan *strain gauge* yaitu pemasangannya pada benda uji kurang praktis. Sebelum *strain gauge* dipasang, permukaan benda uji harus dihaluskan hingga terbebas dari cat dan karat agar pengukuran regangan akurat. Kelemahan lain yaitu *strain gauge* memiliki batas nilai regangan maksimal yang dapat diukur dan dapat lepas jika benda uji mengalami retak. *Strain gauge* juga hanya dapat mengukur nilai regangan di satu titik saja pada benda uji sehingga dibutuhkan banyak *strain gauge* untuk mengukur nilai regangan di banyak titik.



Gambar 1.1 *Strain Gauge* (Cristian V., 2017)

LVDT, seperti pada Gambar 1.2, merupakan suatu alat uji yang dapat digunakan untuk mengukur nilai peralihan suatu benda uji yang mengalami deformasi. Pada pengujian dengan menggunakan LVDT, nilai regangan didapat dari nilai peralihan dua titik atau lebih pada benda uji yang mengalami deformasi, sehingga nilai regangan yang didapat hanya berupa nilai regangan rata. Kendala lain yaitu LVDT akan rusak apabila jarum pada LVDT tertekan akibat peralihan melebihi kapasitas pengukuran. Di samping itu, *strain gauge* dan LVDT harus terhubung dengan *data logger*.



Gambar 1.2 *Linear Variable Differential Transformer* (www.bditest.com)

Metode *Digital Image Correlation* (DIC) dapat digunakan sebagai alternatif pengukuran regangan. DIC merupakan metode pengambilan gambar suatu benda uji yang mengalami deformasi lalu diolah secara digital. Sampel gambar pengujian yang terekam kamera, dianalisis perubahannya dari bentuk awal hingga akhir pengujian. Metode DIC dapat menganalisis nilai peralihan maupun regangan pada benda uji yang mengalami deformasi. Kelebihan metode DIC yaitu dapat mengukur nilai regangan maupun peralihan di seluruh titik pengamatan pada permukaan benda uji yang mengalami deformasi. Metode DIC juga tidak bersentuhan langsung dengan benda uji sehingga dapat digunakan berulang kali.

Gilbert Hobrough merupakan orang pertama yang menggunakan metode *image correlation*. Hobrough (1961) mengukur perubahan kondisi tanah dengan menggunakan ilmu fotografi, dan didapatkan informasi perubahannya dengan mencocokkan perubahan tersebut dari data gambar. Pada tahun 1982, Peters dan Ranson mengusulkan penggunaan gambar *ultrasound* yang dianalisis digital untuk memperkirakan perpindahan posisi dari bagian-bagian kecil (*subsets*) pada suatu benda uji pada saat sebelum dan setelah mengalami deformasi. Melalui pendekatan tersebut, Sutton dkk. mengembangkan algoritma numerik dan melakukan penelitian menggunakan rekaman gambar, yang sekarang dikenal sebagai 2D-DIC. Metode 2D-DIC dilakukan dengan menggunakan satu kamera dan penggunaannya hanya dapat digunakan untuk pengujian benda uji yang sebidang atau planar. Selanjutnya, metode DIC dikembangkan menjadi 3D-DIC dan Volumetric DIC.

Penggunaan metode DIC dapat diaplikasikan pada berbagai bidang ilmu, salah satunya pada bidang konstruksi. Malesa dkk. melakukan pengamatan pada jembatan kereta api aktif dengan menggunakan metode DIC . Pada tahun 2009, Yoneyama dan Ueda melakukan penelitian tentang koreksi pada pengukuran peralihan jembatan menggunakan DIC yang disebabkan pergerakan kamera akibat angin, goyangan dan ketidakstabilan tanah.

Pada umumnya, kamera yang digunakan pada metode DIC memiliki spesifikasi yang lebih baik dibandingkan kamera digital biasa. Secara umum, kamera yang biasa digunakan untuk pengujian DIC menggunakan sensor CCD, sedangkan kamera digital biasa lebih banyak menggunakan sensor CMOS. Sensor CCD memiliki kualitas yang lebih baik dalam hal ketajaman dan sensitivitas cahaya dibandingkan sensor CMOS. Kamera dengan sensor CCD menghasilkan piksel dengan kinerja yang seragam (sensitivitas tinggi) sedangkan pada kamera dengan sensor CMOS, setiap piksel tidak bekerja seragam dan terdapat transistor didalam masing-masing piksel sehingga menyebabkan menurunnya sensitivitas. Pada kamera khusus pengujian DIC, umumnya terdapat spesifikasi yang menunjukkan tingkat akurasi dan presisi, serta rentang nilai regangan yang dapat terukur. Penggunaan kamera digital biasa dengan sensor CMOS lebih memungkinkan terdapat *noise* pada gambar yang dihasilkan.

Baja merupakan material yang penggunaannya sangat luas dan umum dipakai dalam bidang konstruksi. Pada bidang konstruksi, umumnya baja digunakan sebagai tulangan untuk beton, namun belakangan ini penggunaan baja sebagai struktur utama mulai populer. Material baja dapat dipakai untuk membuat jembatan maupun gedung. Keunggulan baja yaitu memiliki daktilitas yang tinggi, dapat diproduksi dengan kualitas yang seragam, dan fleksibilitas dalam konstruksi. Material baja juga memiliki berbagai bentuk dan penampang serta mudah disambung.

Batang baja lentur umumnya dipakai untuk balok pada bangunan. Batang lentur merupakan batang struktur yang menahan beban transversal atau beban yang tegak lurus sumbu batang. Pada saat mengalami lentur, bagian atas garis netral akan tertekan dan pada bagian bawah garis netral akan tertarik atau sebaliknya. Apabila batang baja diberikan gangguan, berupa lubang atau dicoak, maka distribusi regangan akan berubah.

1.2 Inti Permasalahan

Perlu diketahui tingkat akurasi pengukuran regangan dari metode *Digital Image Correlation* menggunakan kamera digital biasa dengan sampel baja berlubang dan tidak berlubang pada profil baja WF yang diuji lentur. Untuk mengetahui akurasi, maka hasil pengujian regangan dengan metode DIC dibandingkan dengan perhitungan teoretis dan metode elemen hingga.

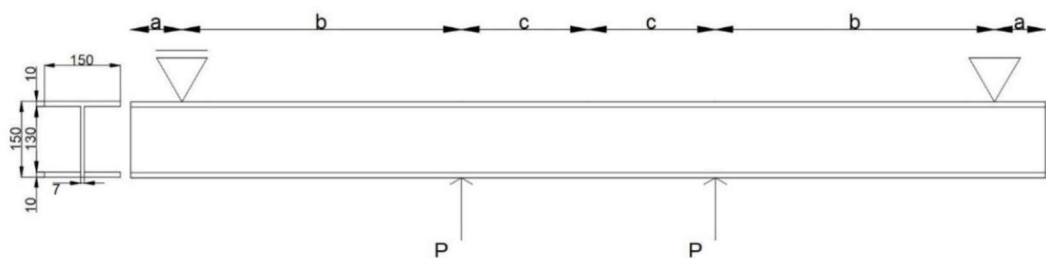
1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk:

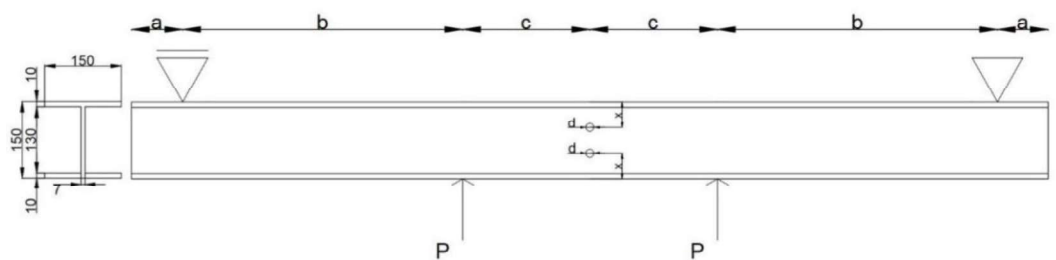
1. Melakukan analisis regangan pada batang lentur tanpa dan dengan gangguan berupa lubang menggunakan metode DIC.
2. Membandingkan hasil pengujian metode DIC dengan perhitungan teoretis maupun dengan hasil simulasi metode elemen hingga (SAP2000).
3. Mempelajari keakuratan metode DIC.

1.4 Batasan Masalah

1. Profil baja yang digunakan WF 150x150x7x10.
2. Mutu baja didapat dari pengujian material yang dipakai.
3. Konfigurasi yang dipakai pada pengujian yaitu profil baja WF 150x150x7x10 yang diletakan dengan perletakan sendi dan roll. Pembebanan yang diberikan sebanyak dua beban terpusat yang bertujuan untuk menghindari gaya geser yang terjadi pada daerah pengamatan (pengujian lentur seragam). Untuk pengujian batang lentur dengan lubang, profil baja akan dilubangi sebanyak dua buah pada tengah bentang.
4. Konfigurasi pengujian profil baja WF lentur terdiri dari konfigurasi tanpa lubang (Gambar 1.3) dan konfigurasi dengan lubang pada pelat badan (Gambar 1.4).
5. Program metode elemen hingga yang digunakan adaah SAP2000.
6. Hasil regangan berdasarkan metode DIC akan dibandingkan perhitungan regangan teoretis maupun dengan metode elemen hingga.



Gambar 1.3 Konfigurasi Pengujian Profil Baja WF Lentur tanpa Lubang



Gambar 1.4 Konfigurasi Pengujian Profil Baja WF Lentur dengan Lubang

1.5 Metode Penelitian

Pada skripsi ini metode yang digunakan adalah:

1. Studi literatur
2. Studi eksperimental
3. Studi analitikal

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan karya ilmiah dibagi menjadi 5 bagian yaitu,

1. BAB 1 Pendahuluan

Menjelaskan latar belakang penelitian, inti permasalahan, tujuan diadakan penelitian, lingkup bahasan permasalahan, metode penelitian yang digunakan untuk mendapatkan kesimpulan dan saran dari penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian.

2. BAB 2 Studi Pustaka

Menjelaskan dasar teori dan studi mengenai *Digital Image Correlation*.

3. BAB 3 Metode Analisis

Menjelaskan langkah dan alur penelitian secara rinci serta metode analisis yang digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian.

4. BAB 4 Data dan Analisis Data

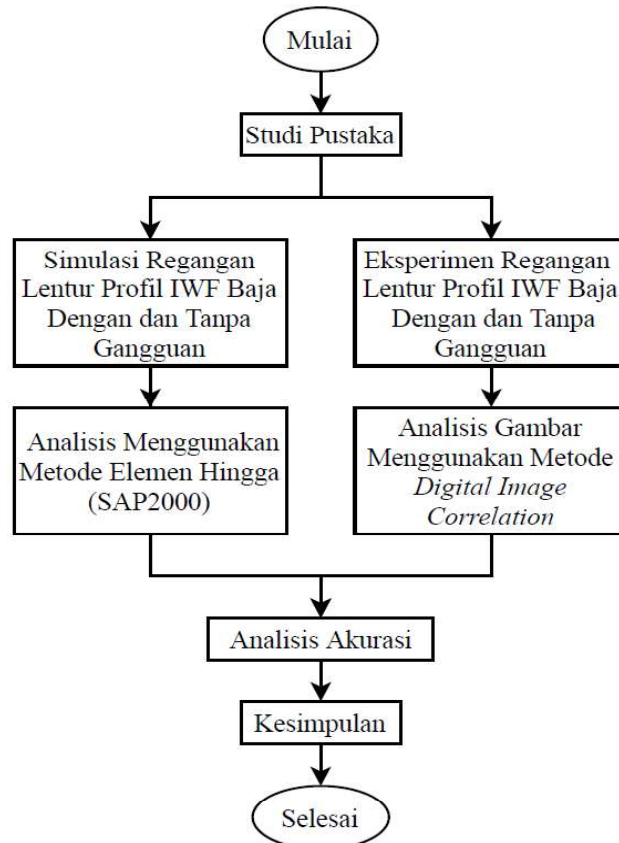
Menampilkan data hasil eksperimen kemudian dianalisis.

5. BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Memberi kesimpulan atas hasil analisis dan memberi saran untuk penelitian selanjutnya.

1.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir di bawah ini bertujuan untuk menggambarkan jalannya penelitian secara lebih ringkas. Diagram dapat dilihat pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Diagram Alir Penelitian

