

SKRIPSI

**STUDI AKURASI PENGUKURAN REGANGAN PADA
PELAT BAJA YANG DIUJI TARIK MENGGUNAKAN
METODE *DIGITAL IMAGE CORRELATION***



**KUSPATRIA ANGGANI PARASTY
NPM : 2016410188**

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
PELAT BAJA YANG DIUJI TARIK MENGGUNAKAN
METODE *DIGITAL IMAGE CORRELATION***



**KUSPATRIA ANGGANI PARASTY
NPM : 2016410188**

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
PELAT BAJA YANG DIUJI TARIK MENGGUNAKAN
METODE *DIGITAL IMAGE CORRELATION***



**KUSPATRIA ANGGANI PARASTY
NPM : 2016410188**

BANDUNG, 7 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 : Kuspatria Anggani Parasty
NPM : 2016410188
ProgramStudi : Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

STUDI AKURASI PENGUKURAN REGANGAN PADA PELAT BAJA YANG DIUJI TARIK
MENGUNAKAN 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 KatolikParahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 4 Agustus 2020



Kuspatria Anggani Parasty

STUDI AKURASI PENGUKURAN REGANGAN PADA PELAT BAJA YANG DIUJI TARIK MENGGUNAKAN METODE *DIGITAL IMAGE CORRELATION*

Kuspatria Anggani Parasty
NPM: 2016410188

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

Digital Image Correlation (DIC) adalah metode pemeriksaan regangan menggunakan kamera sebagai alat pengambil data. Pada penelitian ini digunakan kamera yang lebih sederhana. Metode ini merupakan metode alternatif dari *strain gauge* dan LVDT yang dapat dilakukan berulang kali. Pengujian dilakukan pada dua sampel pelat baja tanpa lubang dan dengan lubang, serta satu buah sampel komposit dari pengujian yang telah dilakukan oleh Passieux, et al. (2014). Untuk menganalisis akurasi, metode DIC dibandingkan dengan dua metode lainnya yaitu Metode Elemen Hingga (MEH) dan perhitungan teoritis. Selain pada hasil olah data, DIC dibandingkan pada saat pengujian dilakukan dengan menggunakan *strain gauge* sebanyak satu buah. Beban pada benda uji tanpa lubang, dengan lubang, dan penelitian Passieux, et al diberikan dengan kondisi yang masih berada pada elastis. Dari pembebanan yang diberikan didapat perbedaan nilai regangan rata-rata metode DIC yang dibagi menjadi dua parameter, yaitu potongan memanjang dan melintang gaya. Besarnya perbedaan pada potongan memanjang DIC terhadap perhitungan teoritis berturut-turut sebesar 29.2944%, 33.1949%, dan 47.9605%. Sedangkan pada potongan melintang DIC terhadap perhitungan teoritis didapatkan sebesar 13.7963%, 65.9589%, dan 21.9521%. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya perbedaan beban yang diberikan dan lubang pada benda uji.

Kata kunci: *Digital Image Correlation*, regangan, pelat baja, kamera.

STUDY ACCURATION OF STRAIN MEASUREMENT ON STEEL PLATE BY TENSILE TEST USING DIGITAL IMAGE CORRELATION METHOD

Kuspatria Anggani Parasty
NPM: 2016410188

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

Digital Image Correlation (DIC) is a strain checking method using camera as the supporting device to record the sample's transformation. To make the test more likely to be done, this study used a simple and casual camera instead of using a camera intended for DIC. This method is an alternative method from strain gauge and LVDT which can be done more than once. The testing had been done on two steel plate sample with and without hole, also one more composite sample from the testing which was researched by Passieux, et al. (2014). DIC method was compared by two other methods which are Finite Element Method (FEM) and theoretical calculation to analyze the accuration. Aside from the analysed data, DIC also need to be compared with a single strain gauge. The loadings on the sample sample without hole, with hole and from Passieux, et al's research are given with the elastic condition. The load that was given giving a result which the difference was obtained in the average strain value of the DIC method and it was divided into two parameters. Both two parameters are lengthwise and transverse section. The magnitude of the difference in the lengthwise section of DIC against the theoretical calculations are 29.2944%, 33.1949%, and 47.9605%, respectively. Whereas the transverse section of DIC against theoretical calculations are 13.7963%, 65.9589%, and 21.9521%. That can be happen because there are differences from the loadings and holes on the sample

Keywords: Digital Image Correlation, strain, steel plate, camera

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa penulis ucapkan yang sebesar-besarnya karena berkat rahmat-Nya yang sungguh agunglah sehingga skripsi STUDI AKURASI PENGUKURAN REGANGAN PADA PELAT BAJA YANG DIUJI TARIK MENGGUNAKAN METODE *DIGITAL IMAGE CORRELATION* ini dapat dibuat dan diselesaikan.

Karya ilmiah ini merupakan salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan pendidikan di tingkat S-1 (sarjana) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Banyak sekali dukungan, bantuan, kritik, saran, dan campur tangan dalam pembuatan skripsi ini karena penulis menyadari bahwa tidak dapat menyelesaikan penelitian ini sendirian. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya yaitu kepada:

1. Keluarga penulis, Bapak dan Ibu (Ir. Martinus Parsymon dan Puji Astuti, S.E.), telah mendukung dan mendoakan penulis di segala hal dari masa perkuliahan sampai tugas akhir. Kedua adik penulis (Briangga Herswastio Bromo dan Presensia Septa Putri) yang membantu memberikan saran dan menemani persiapan presentasi seminar dan sidang.
2. Bapak Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph. D. selaku pembimbing dan Bapak Liyanto Eddy, Ph. D. selaku ko-pembimbing, yang telah membimbing setiap hal dalam penulisan skripsi ini, selalu bersemangat membimbing dan mengajarkan praktikum secara langsung di laboratorium, ramah serta responsif terhadap setiap kebingungan-kebingungan penulis.
3. Bapak Ibu dosen penguji skripsi yang telah hadir baik saat seminar judul, seminar isi, dan sidang, yang telah memberikan banyak saran dan masukan.
4. Bapak Ir. Teguh Farid, Bapak Markus Didi yang banyak membantu dan memberi arahan dalam persiapan benda dan alat uji, dan uji eksperimental di laboratorium.

5. Alia Andynar, Adinka Rayya Putri, Audrey Muliauwan, dan Aulia Dianti Putri Purnama selaku teman – teman terdekat penulis yang selalu ada untuk memberikan dukungan moral dan semangat dari awal masa studi hingga akhir.
6. Gilberta Miranda, Zicco Santoso, Yesaya Billi Yap, Nicholas Gabrielle, Kenneth Dwiputra, Theo Wahyudi, Laurentius Andhika, Kennardy Winardo, Hafiz Baladraf, Nathanael Ryan, selaku teman-teman dekat penulis yang selalu memberikan semangat, dukungan dan keceriaan.
7. Antonius Adianto, Shafira Nadyariza, Rama Adi, Jonathan Wijaya, Michael, Diego Kevin, dan Elshando selaku teman-teman satu pembimbing yang berjuang bersama dan teman dalam bertukar pikiran.
8. Stefanus Bobby Partogi, yang sudah menemani penulis mengerjakan skripsi, mendengarkan keluh kesah penulis, dan memberikan dukungan.
9. Seluruh teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2016 yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap segala kritik dan saran agar penulisan skripsi ini dapat disempurnakan lagi. Akhir kata, penulis berharap agar penulisan skripsi ini tidak hanya berguna bagi penulis sendiri namun dapat berguna bagi rekan mahasiswa lain, bahkan masyarakat secara luas.

Bandung, Agustus 2020



Kuspatia Anggani Parasty

2016410188

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	1-7
1.6 Sistematika Penulisan	1-7
1.7 Diagram Alir Penelitian	1-8
BAB 2 STUDI PUSTAKA.....	2-1
2.1 Uji Tarik pada Material Baja Struktural	2-1
2.2 Tegangan dan Regangan Tarik pada Material Baja.....	2-2
2.3 Pengukuran Regangan	2-6
2.4 <i>Digital Image Correlation</i> (DIC).....	2-8
2.5 Metode Elemen Hingga (MEH).....	2-9
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	3-1
3.1 Hasil Uji DIC Penelitian Sebelumnya	3-1
3.2 Uji DIC di Laboratorium	3-2
3.2.1 Skema Pengujian	3-2
3.2.2 Persiapan Benda Uji	3-3
3.2.3 Detail Spesimen.....	3-5
3.2.4 Instrumentasi Uji Tarik.....	3-8
3.2.5 Instrumentasi Perekaman Gambar.....	3-15
3.2.6 Program Pengolah Data DIC	3-17
3.3 Pemodelan Numerik	3-18
3.3.1 Konfigurasi Model.....	3-18
3.3.2 Material Model	3-20
3.3.3 Jenis dan Diskretisasi Elemen	3-20
3.3.4 Pembebanan dan Metode Analisis.....	3-21
BAB 4 ANALISIS DATA.....	4-1
4.1 Analisis Regangan Normal pada Spesimen 1	4-1
4.1.1 Potongan Memanjang Gaya	4-1
4.1.2 Potongan Melintang Gaya	4-6
4.1.3 Kontur Regangan.....	4-10

4.2	Analisis Regangan Normal pada Spesimen 2	4-13
4.2.1	Potongan Memanjang Gaya.....	4-14
4.2.2	Potongan Melintang Gaya.....	4-19
4.2.3	Kontur Regangan	4-22
4.3	Analisis Regangan Normal pada Spesimen 3	4-24
4.3.1	Potongan Memanjang Gaya.....	4-26
4.3.2	Regangan Melintang Gaya.....	4-30
4.3.3	Kontur Regangan	4-33
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN.....		5-1
5.1	Simpulan.....	5-1
5.2	Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA		xvi



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

DIC : *Digital Image Correlation*

LVDT : *Linear Variable Differential Transformer*

MEH : Metode Elemen Hingga

UTM : *Universal Testing Machine*

ε : Regangan

σ : Tegangan

E : Modulus Elastisitas

δ : Perubahan Panjang Benda Uji

L_0 : Panjang Awal Benda Uji

P : Gaya

A : Luas Penampang

σ : Tegangan Normal

σ_{rr} : Tegangan Potongan Memanjang Gaya

$\sigma_{\theta\theta}$: Tegangan Potongan Melintang Gaya

a : Jari-jari Lubang

r : Jarak dari Lubang ke Titik yang Ditinjau

θ : Sudut

F_y : Tegangan Leleh

F_u : Tegangan *Ultimate*

ν : Rasio Poisson

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Strain Gauge</i>	1-1
Gambar 1.2 <i>Linear Variable Differential Transformer</i>	1-2
Gambar 1.3 Penelitian dengan 3 perbedaan skala: (a) 1x; (b) 2x; (c) 5x	1-3
Gambar 1.4 Detail Benda Uji	1-6
Gambar 1.5 Diagram Alir Penelitian.....	1-8
Gambar 2.1 Perubahan Pelat Akibat Gaya Tarik (sumber: R.C. Hibbeler, 2010)	2-2
Gambar 2.2 Hubungan Tegangan-Regangan Baja (sumber: R.C Hibbeler, 2010) ...	2-4
Gambar 2.3 Distribusi Regangan (sumber: https://www.teachengineering.org/ , 2015)	2-5
Gambar 2.4 Ilustrasi Persamaan Kirsch (sumber: Kirsch, 1898)	2-6
Gambar 2.5 Cara kerja <i>Strain Gauge</i> (sumber: https://www.robotshop.com/)	2-7
Gambar 2.6 Cara kerja LVDT (sumber: https://m-edukasi.kemdikbud.go.id/)	2-7
Gambar 2.7 Pengujian DIC (sumber: GOM Correlate <i>website</i> , 2016).....	2-8
Gambar 2.8 <i>Facet</i> (sumber: GOM manual referensi, 2016)	2-9
Gambar 2.9 Elemen <i>Shell</i> dengan empat titik nodal (SAP2000 manual referensi, 1998)	2-10
Gambar 3.1 Spesimen 1 (sumber: Passieux, et al., 2014)	3-2
Gambar 3.2 Skema Pengujian	3-3
Gambar 3.3 Pemasangan Selotip.....	3-4
Gambar 3.4 Penyemprotan Warna Dasar	3-4
Gambar 3.5 Penyemprotan Subset	3-5
Gambar 3.6 Spesimen 2 Setelah Dicoak	3-6
Gambar 3.7 Spesimen 3 Setelah Dicoak	3-7
Gambar 3.8 Alat UTM	3-9
Gambar 3.9 Penjepitan dan Lokasi Pembebanan	3-9
Gambar 3.10 <i>Strain Gauge</i>	3-11
Gambar 3.11 Permukaan Benda Uji yang Telah Dihaluskan.....	3-11
Gambar 3.12 Permukaan Benda Uji yang Telah Ditandai	3-12
Gambar 3.13 Penempelan <i>Strain Gauge</i> ke Benda Uji	3-13
Gambar 3.14 Pemasangan <i>strain gauge</i> pada <i>data logger</i>	3-14
Gambar 3.15 Posisi <i>Strain Gauge</i> pada Spesimen	3-15
Gambar 3.16 Kamera dan Tripod.....	3-16

Gambar 3.17 Posisi Kamera	3-16
Gambar 3.18 Program GOM <i>Correlate</i>	3-17
Gambar 3.19 Konfigurasi Model	3-19
Gambar 3.20 Kondisi Batas Model.....	3-21
Gambar 3.21 Ilustrasi Panjang <i>Mesh</i>	3-22
Gambar 4.1 Potongan Memanjang Spesimen 1 (satuan: mm).....	4-2
Gambar 4.2 Nilai Peralihan Awal Pengujian Potongan Memanjang.....	4-2
Gambar 4.3 Regangan Normal Potongan Memanjang Spesimen 1.....	4-3
Gambar 4.4 Nilai Peralihan Akhir Pengujian Potongan Memanjang	4-4
Gambar 4.5 Grafik Regangan Normal Memanjang Gaya Spesimen 1	4-5
Gambar 4.6 Potongan Melintang Spesimen 1 (satuan: mm)	4-7
Gambar 4.7 Nilai Peralihan Awal Pengujian Potongan Melintang	4-7
Gambar 4.8 Regangan Normal Potongan Melintang Spesimen 1	4-8
Gambar 4.9 Nilai Peralihan Akhir Pengujian Potongan Melintang.....	4-9
Gambar 4.10 Grafik Regangan Normal Melintang Spesimen 1	4-10
Gambar 4.11 Kontur Regangan Spesimen 1	4-11
Gambar 4.12 Grafik Beban vs Peralihan Spesimen 2.....	4-14
Gambar 4.13 Potongan Memanjang Gaya Spesimen 2 (satuan: mm)	4-15
Gambar 4.14 Nilai Peralihan Potongan Memanjang	4-15
Gambar 4.15 Grafik Memanjang Gaya Spesimen 2	4-18
Gambar 4.16 Potongan Melintang Gaya Spesimen 2 (satuan: mm).....	4-19
Gambar 4.17 Nilai Peralihan Potongan Melintang.....	4-20
Gambar 4.18 Grafik Melintang Gaya Spesimen 2.....	4-21
Gambar 4.19 Kontur Regangan Spesimen 2.....	4-23
Gambar 4.20 Grafik Beban vs Peralihan Spesimen 3.....	4-25
Gambar 4.21 Potongan Memanjang Gaya Spesimen 3 (satuan: mm)	4-26
Gambar 4.22 Nilai Peralihan Potongan Memanjang	4-27
Gambar 4.23 Grafik Regangan Normal Potongan Memanjang Gaya Spesimen 3.....	4-29
Gambar 4.24 Potongan Melintang Gaya Spesimen 3	4-31
Gambar 4.25 Nilai Peralihan Potongan Melintang.....	4-31
Gambar 4.26 Grafik Regangan Normal Potongan Melintang Spesimen 3.....	4-33
Gambar 4.27 Kontur Regangan Spesimen 3.....	4-34

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Material Spesimen 1	3-1
Tabel 3.2 Data Material Spesimen 2 dan Spesimen 3	3-8
Tabel 3.3 Konfigurasi Model	3-18
Tabel 3.4 Spesifikasi Material Model	3-20
Tabel 4.1 Nilai Regangan Normal Potongan Memanjang Spesimen 1	4-4
Tabel 4.2 Nilai Regangan Normal Potongan Melintang Spesimen 1	4-9
Tabel 4.3 Regangan Normal di Titik Pemasangan <i>Strain Gauge</i> pada Spesimen 2 ...	4-13
Tabel 4.4 Nilai Regangan Potongan Memanjang Spesimen 2	4-16
Tabel 4.5 Nilai Regangan Normal Potongan Melintang Spesimen 2	4-20
Tabel 4.6 Regangan Normal di Titik Pemasangan <i>Strain Gauge</i> pada Spesimen 3 ...	4-25
Tabel 4.7 Nilai Regangan Normal Potongan Memanjang Spesimen 3	4-27
Tabel 4.8 Nilai Regangan Normal Potongan Melintang Spesimen 3	4-32



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN NILAI MODULUS ELASTISITAS (E) DAN NILAI TEGANGAN LELEH (F_y)	L1-1
LAMPIRAN 2 PERGHITUNGAN NILAI REGANGAN TEORITIS	L2-1
LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN NILAI EKSENTRISITAS	L3-1



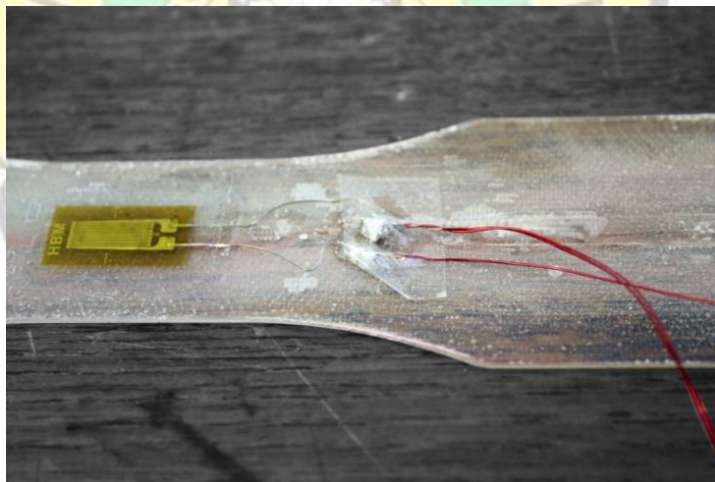
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengukuran regangan dibutuhkan untuk mengetahui karakteristik material, indikasi kegagalan material struktur, serta perilaku bahan dan elemen struktur pada saat dibebani. Nilai regangan pada benda uji dapat diukur dengan menggunakan alat seperti *Strain Gauge* dan *Linear Variable Differential Transformer*.

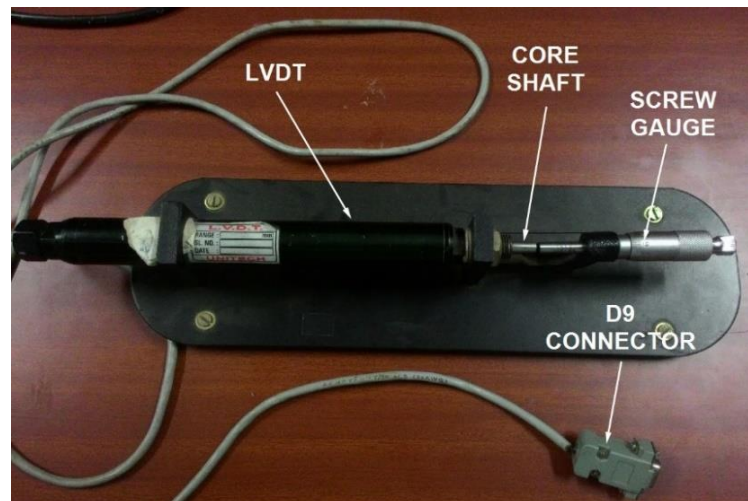
Strain Gauge umumnya digunakan untuk mengukur regangan, seperti pada Gambar 1.1. Alat ini merupakan komponen elektronika terbuat dari logam yang bersifat insulatif. Cara menggunakan adalah *Strain Gauge* ditempelkan pada benda yang akan diuji. Regangan diukur dengan adanya perubahan tahanan listrik pada *Strain Gauge*. Namun *Strain Gauge* memiliki beberapa kelemahan, yaitu *Strain Gauge* hanya dapat digunakan satu kali karena menempel pada benda uji, deformasi benda uji tidak dapat diukur, serta lebih berpotensi terjadi kesalahan dalam pemasangan.



Gambar 1.1 *Strain Gauge*

Peralihan umumnya diukur dengan menggunakan *Linear Variable Differential Transformer* (LVDT), seperti pada Gambar 1.2. Cara menggunakannya yaitu dengan menempelkan ujung alat yang berbentuk seperti jarum dan mengukur deformasi yang terjadi pada benda uji pada saat dibebani. Alat ini memiliki kelemahan yaitu deformasi yang diukur terbatas sesuai dengan kapasitas LVDT, apabila benda uji mengalami deformasi memendek secara berlebih maka terdapat kemungkinan LVDT akan rusak. Serta terdapat juga kemungkinan LVDT akan terlepas dari benda uji jika terjadi impact

pada saat beban yang besar. Sampai saat ini, LVDT belum bisa mengukur regangan, sehingga regangan yang dapat dihitung adalah regangan rata-rata hasil pengukuran deformasi dari dua titik yang diukur LVDT. Disamping itu, *Strain Gauge* dan LVDT harus terhubung dengan *data logger* untuk memperoleh nilai regangan dan peralihan.



Gambar 1.2 *Linear Variable Differential Transformer*

Kelemahan-kelemahan yang dimiliki oleh kedua alat tersebut dapat diatasi dengan alternatif lain, yaitu metode *Digital Image Correlation* (DIC). Metode ini mampu mendapatkan peralihan dan regangan pada pengujiannya, serta dipakai berulang-ulang. Cara menggunakannya adalah dengan merekam benda uji yang sedang dibebani. Regangan dan deformasi diukur berdasarkan perubahan-perubahan gambar yang terjadi selama benda uji dibebani.

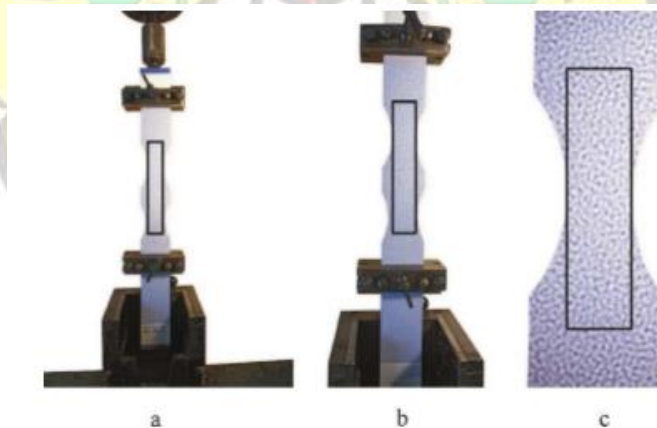
Kamera yang digunakan untuk penelitian DIC pada umumnya adalah kamera dengan spesifikasi yang lebih baik dibandingkan kamera digital biasa. Pada kamera untuk penelitian DIC digunakan sensor CCD, sedangkan pada kamera digital biasa digunakan sensor CMOS. Sensor CCD memiliki kualitas yang lebih baik dalam hal ketajaman dan sensitivitas cahaya dibandingkan dengan sensor CMOS. Kamera dengan sensor CCD menghasilkan piksel dengan kinerja yang seragam, untuk sensor CMOS setiap piksel tidak bekerja seragam dan terdapat transistor di dalam masing-masing piksel yang menyebabkan menurunnya sensitivitas.

Penelitian yang dilakukan oleh Gilbert Hobrough pada sekitar tahun 1961 menjadi langkah awal untuk memperkenalkan DIC. Penelitian ini menghasilkan alat yang mampu mengukur perubahan kondisi lahan melalui fotografi. Tahun 1982, Peters

dan Ranson mengusulkan alat yang dapat merekam gelombang ultrasonik. Pantulan gelombang tersebut digunakan untuk menganalisa hasil rekaman. Melalui pendekatan tersebut pada tahun 1983, Sutton, dkk mengembangkan algoritma numerik dan melakukan eksperimen menggunakan rekaman secara optik, yang sekarang dikenal dengan 2D-DIC, digunakan untuk mengukur deformasi pada benda uji yang dibebani dengan arah sebidang.

Perkembangan terus berlanjut hingga menjadi 3D-DIC seiring dengan berkembangnya teknologi komputer. Metode ini digunakan untuk mengukur pergerakan dan deformasi dari benda uji secara 3 dimensi. 3D-DIC dikembangkan menjadi V-DIC, yang digunakan untuk mengukur deformasi bagian dalam atau volume dari benda uji yang padat.

Pada tahun 2018, G. Stoilov, dkk melihat bahwa metode *Digital Image Correlation* dapat diaplikasikan dalam meneliti deformasi pada aluminium. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui perilaku regangan secara teliti dengan melampirkan hasil visual menggunakan skala yang berbeda-beda, dengan hasil seperti Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Penelitian dengan 3 perbedaan skala: (a) 1x; (b) 2x; (c) 5x

Berdasarkan studi tersebut, metode DIC kemungkinan dapat diaplikasikan untuk mempelajari perilaku elemen baja yang memiliki dimensi lebih besar, namun menggunakan spesifikasi kamera yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena benda uji untuk mempelajari perilaku struktur baja lebih besar dari penelitian-penelitian yang sebelumnya dilakukan. Benda uji eksperimen yang lebih besar memungkinkan penggunaan kamera dengan spesifikasi yang lebih rendah.

Baja merupakan material yang banyak ditemukan sebagai material utama pembangunan, seperti gedung dan jembatan. Hal tersebut tidak lepas dari kemampuannya menahan kuat tekan dan tarik, adanya sifat daktilitas yang lebih baik, dan proses pengerjaan yang lebih cepat.

Untuk mengetahui potensi digunakannya metode DIC dalam mempelajari perilaku elemen baja, maka dilakukan studi pada benda uji yang sederhana yaitu uji tarik pada pelat baja. Pada umumnya, baja struktural memiliki gangguan seperti lubang. Adanya lubang dapat mengakibatkan distribusi regangan pada elemen baja. Pada studi ini, keandalan metode DIC untuk mengukur adanya perubahan regangan akibat gangguan tersebut juga akan dipelajari.

1.2 Inti Permasalahan

Pada penelitian ini digunakan kamera dengan spesifikasi yang lebih rendah dibandingkan dengan metode DIC pada umumnya. Perlu diketahui tingkat akurasi pengukuran regangan dari metode *Digital Image Correlation* pada pelat baja dengan dan tanpa lubang yang dibebani gaya tarik. Pengukuran regangan ini akan dibandingkan dengan metode elemen hingga dan hasil perhitungan dengan rumus teoritis.

1.3 Tujuan Penelitian

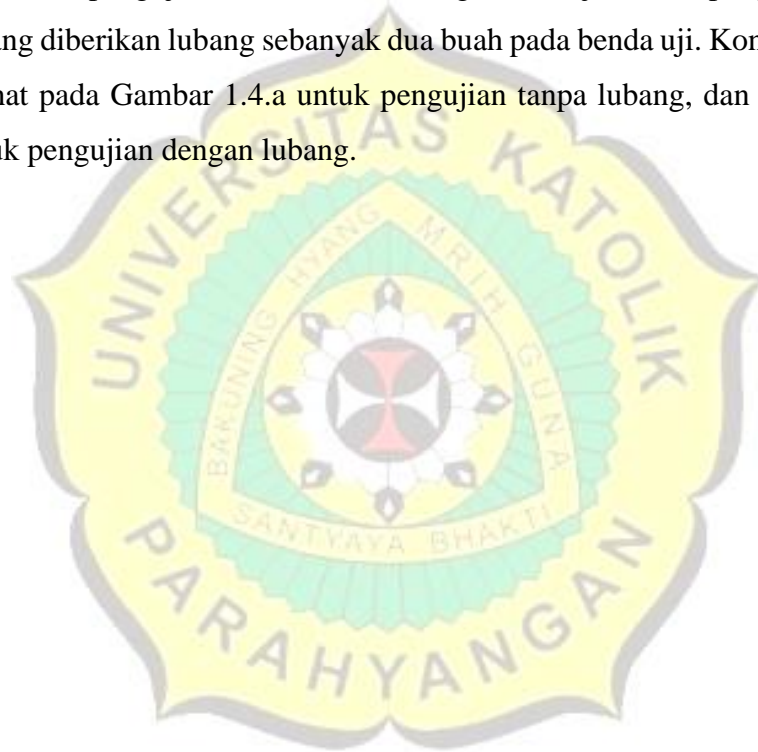
Penelitian bertujuan untuk:

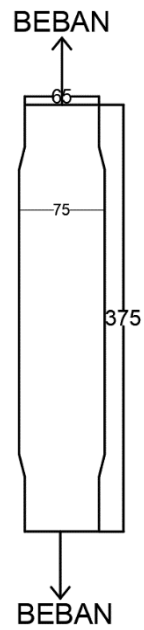
1. Melakukan analisis regangan pada spesimen tarik tanpa dan dengan gangguan menggunakan metode *Digital Image Correlation*.
2. Membandingkan hasil pengujian eksperimen metode *Digital Image Correlation* dengan Metode Elemen Hingga dan rumus teoritis.
3. Mempelajari keakuratan metode *Digital Image Correlation* dengan kamera dengan spesifikasi yang lebih rendah.

1.4 Batasan Masalah

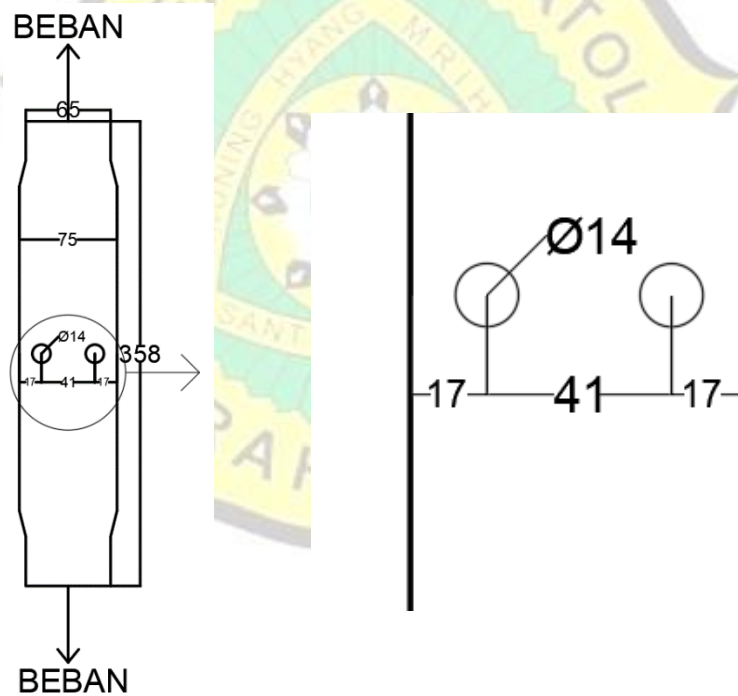
Dalam skripsi ini terdapat beberapa batasan masalah yang ditinjau, yaitu:

1. Baja yang digunakan adalah pelat baja dengan ukuran untuk benda uji tanpa lubang adalah panjang 375 mm, lebar 75 mm, dan tebal 5 mm, sedangkan untuk benda uji dengan lubang adalah panjang 358 mm, lebar 75 mm, dan tebal 5 mm.
2. Mutu baja didapatkan dari pengujian benda uji.
3. Program Metode Elemen Hingga yang digunakan adalah SAP2000.
4. Benda uji adalah pelat baja dengan dan tanpa lubang sebagai gangguan. Dilakukan pengujian tarik searah bidang benda uji. Untuk pengujian dengan lubang diberikan lubang sebanyak dua buah pada benda uji. Konfigurasi dapat dilihat pada Gambar 1.4.a untuk pengujian tanpa lubang, dan Gambar 1.4.b untuk pengujian dengan lubang.





(a) Detail Benda Uji Tanpa Lubang (satuan: mm)



(b) Detail Benda Uji Dengan Lubang (satuan: mm)

Gambar 1.4 Detail Benda Uji

5. Hasil regangan yang diukur pada eksperimen dengan menggunakan metode DIC akan dibandingkan dengan hasil simulasi metode elemen hingga dan rumus.

1.5 Metode Penelitian

Pada skripsi ini metode yang digunakan adalah

1. Studi Literatur

Pada studi literatur akan dipelajari lebih lanjut mengenai teori dan konsep yang berhubungan dengan topik penelitian. Beberapa sumber yang digunakan dalam studi literatur ini di antaranya adalah jurnal, artikel, buku dan referensi lainnya yang berhubungan dengan topik penelitian.

2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental dilakukan untuk mendapatkan data hasil eksperimen dan diolah menjadi data analisis.

3. Studi Analitikal

Studi analitikal dilakukan dengan analisis metode elemen hingga dan perhitungan teoritis, kemudian dibandingkan dengan metode DIC.

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 baja, regangan, *Digital Image Correlation*, Metode Elemen Hingga.

3. BAB 3 Metodologi Penelitian

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

4. BAB 4 Analisis Data

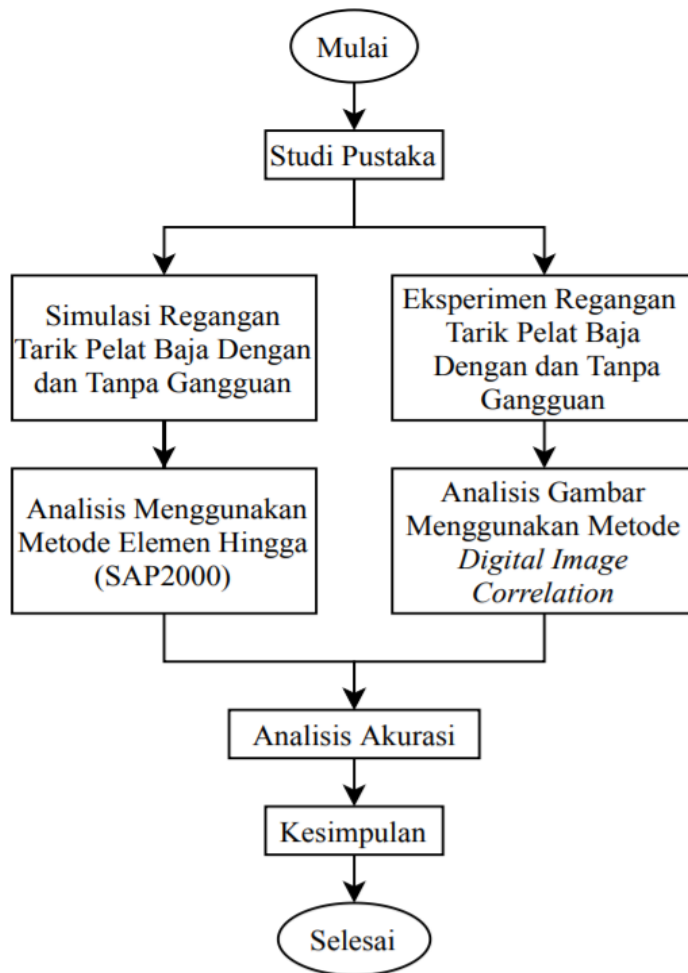
Menampilkan data hasil eksperimen kemudian dianalisa.

5. BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Memberi kesimpulan atas hasil analisa dan memberi saran untuk penelitian lanjutan.

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