



**PERBANDINGAN PENGUKURAN REGANGAN DAN
DISPLACEMENT METODE *DIGITAL IMAGE CORRELATION*
ANTARA *SOFTWARE GOM CORRELATE 2D* DAN *MATLAB
NCORR***

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar program studi
S1 Teknik Sipil.*

SKRIPSI

Oleh

**Chris Yunia Tarigan
201910301115**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JEMBER
2024**

PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala nikmat, petunjuk, dan karunia-Nya, sehingga penulis mendapatkan kemudahan dan ketenangan baik hati dan pikiran, sehingga dapat menyelesaikan skripsi sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Universitas Jember. Penulis menyadari bahwa tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak baik dari masa perkuliahan sampai penyusunan skripsi, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak, Mamak, Tigan, Adik-adik dan keluarga penulis yang senantiasa mendukung, mendoakan, dan memberi semangat sehingga penulis dapat menuntut ilmu hingga menyelesaikan skripsi ini di Teknik Sipil Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Ketut Aswatama Wiswamitra, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan serta membimbing penulis untuk dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Krisnamurti M.T. dan Bapak Dr. Erno Widayanto S.T., M.T selaku penguji siding skripsi.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Entin Hidayah M.UM selaku pembimbing akademis yang telah banyak memberikan dukungan serta bantuan kepada penulis sejak pertama kali menuntut ilmu pendidikan Teknik Sipil Universitas Jember.
5. Seluruh dosen baik dari Teknik SIPil maupun Fakultas Teknik yang telah mengajar dan memberi wawasan kepada penulis sebagai mahasiswa Teknik Sipil.
6. Mas Andra dan Mas Aldi selaku alumni Teknik Sipil Universitas Jember yang telah membantu dan mendukung saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman- teman kontrakan G31 yakni Nadia, Berliana, Badriah, Devi, Dhita, Valendhia, Hesti yang saling mendukung, menyayangi, mengejek, memarahi, memberi makan satu sama lain untuk memicu semangat dalam mengerjakan tugas akhir ini.
8. Teman-teman pejuang lab struktur yakni Berliana, Hesti, Tarisa, Alif, Iqshal, Fikri yang saling bahu membahu dalam melancarkan tugas akhir ini.
9. Bapak Akir selaku teknisi laboratorium struktur g telah mengijinkan untuk menggunakan laboratorium struktur selama pengerjaan tugas akhir berlangsung.

MOTTO

Ora et Labora
(Berdoa dan Bekerja)



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Chris Yunia Tarigan

NIM : 201910301115

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Perbandingan Pengukuran Regangan dan *Displacement* Metode *Digital Image Correlation* antara *Software* GOM *Correlate* 2D dan Matlab *Ncorr*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 8 Januari 2024

Yang menyatakan,



Chris Yunia Tarigan

NIM 201910301115

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul Perbandingan Pengukuran Regangan dan *Displacement* Metode *Digital Image Correlation* antara *Software* GOM Correlate 2D Dan Matlab Ncorr telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Senin
Tanggal : 8 Januari 2024
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing

1. Pembimbing Utama

Nama : Dr. Ketut Aswatama Wiswamitra, S.T., M.T. (... ..)
NIP : 197007132000121001

2. Pembimbing Anggota

Nama : Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T. (... ..)
NIP : 197310151998021001

Tanda Tangan

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Dr. Ir. Krisnamurti, M.T. (... ..)
NIP : 196612281999031002

2. Penguji Anggota 1

Nama : Dr. Erno Widayanto, S.T., M.T. (... ..)
NIP : 197004191998031001

ABSTRAK

Dalam dunia konstruksi salah satunya di Indonesia, beton saat ini merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan. Sifat mekanik yang dimiliki material beton terjadi akibat beban yang diterima sehingga harus dikontrol agar dapat digunakan pada konstruksi sebagaimana fungsinya termasuk tegangan-regangan (*stress strain*) dan lendutan (*displacement*). Penerapan DIC berbiaya rendah bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik beton dengan sistem pengontrol perekaman gambar jarak jauh. Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini yakni GOM *Correlate* dan Matlab *Ncorr*. Dengan maksud untuk menganalisis perbandingan hubungan antara hasil regangan dan displacement dari Metode DIC menggunakan perangkat Lunak GOM *Correlate* dan Matlab *Ncorr* dengan *Dial Indicator* pada beton silinder. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa hasil perbandingan hubungan antara hasil regangan yy dan xx pada GOM *Correlate* dengan *Dial Indicator* yakni 0,9534 dan 0,8698, sedangkan pada Matlab *Ncorr* dengan *Dial Indicator* yakni 0,9722 dan 0,8764.

Kata Kunci : DIC, Matlab *Ncorr*, GOM *Correlate*

ABSTRACT

In the world of construction, one of which is Indonesia, concrete is currently the most widely used construction material. The mechanical properties of concrete material occur as a result of the load received, so they must be controlled so that they can be used in construction according to their function, including stress strain and displacement. The application of low-cost DIC aims to determine the mechanical properties of concrete with a remote image recording control system. The software used in this research is GOM Correlate and Matlab Ncorr. With the aim of analyzing the comparative relationship between strain and displacement results from the DIC method using GOM Correlate and Matlab Ncorr software with Dial Indicator on cylindrical concrete. Based on the results of the analysis, it was found that the results of the comparison between the yy and xx strain results in GOM Correlate with the Dial Indicator were 0.9534 and 0.8698, while in Matlab Ncorr with the Dial Indicator they were 0.9722 and 0.8764.

Keywords: DIC, Matlab *Ncorr*, GOM *Correlate*

RINGKASAN

“Perbandingan Pengukuran Regangan dan *Displacement* Metode *Digital Image Correlation* antara *Software GOM Correlate 2D* dan *Matlab Ncorr*” :
Chris Yunia Tarigan; 201910301115; 2024; 34 Halaman; Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Dalam dunia konstruksi salah satunya di Indonesia, beton saat ini merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan. Sifat mekanik yang dimiliki material beton terjadi akibat beban yang diterima sehingga harus dikontrol agar dapat digunakan pada konstruksi sebagaimana. Salah satunya pada tegangan-regangan (*stress strain*) dan lendutan (*displacement*). Penerapan DIC berbiaya rendah bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik beton dengan sistem pengontrol perekaman gambar jarak jauh. Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini yakni *GOM Correlate* dan *Matlab Ncorr*. Dengan maksud untuk menganalisis perbandingan hubungan antara hasil regangan dan displacement dari Metode DIC menggunakan perangkat Lunak *GOM Correlate* dan *Matlab Ncorr* dengan *Dial Indicator* pada beton silinder. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa hasil perbandingan hubungan antara hasil regangan yy dan xx pada *GOM Correlate* dengan *Dial Indicator* yakni 0,9534 dan 0,8698, sedangkan pada *Matlab Ncorr* dengan *Dial Indicator* yakni 0,9722 dan 0,8764.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala nikmat, petunjuk, dan karunia-Nya, sehingga penulis mendapatkan kemudahan dan ketenangan baik hati dan pikiran, sehingga dapat menyelesaikan skripsi sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Universitas Jember.

Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak, Mama, Tigan, Adik-adik dan keluarga penulis yang senantiasa mendukung, mendoakan, dan memberi semangat sehingga penulis dapat menuntut ilmu hingga menyelesaikan skripsi ini di Teknik Sipil Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Ketut Aswatama Wiswamitra, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan serta membimbing penulis untuk dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Krisnamurti M.T. dan Bapak Dr. Erno Widayanto S.T., M.T. selaku penguji siding skripsi.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Entin Hidayah M.UM selaku pembimbing akademis yang telah banyak memberikan dukungan serta bantuan kepada penulis sejak pertama kali menuntut ilmu pendidikan Teknik Sipil Universitas Jember.
5. Seluruh dosen baik dari Teknik SIPil maupun Fakultas Teknik yang telah mengajar dan memberi wawasan kepada penulis sebagai mahasiswa Teknik Sipil.
6. Mas Andra dan Mas Aldi selaku alumni Teknik Sipil Universitas Jember yang telah membantu dan mendukung saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman- teman kontrakan G31 yakni Nadia, Berliana, Badriah, Devi, Dhita, Valendhia, Hesti yang saling mendukung, menyayangi, mengejek, memarahi, memberi makan satu sama lain untuk memicu semangat dalam mengerjakan tugas akhir ini.
8. Teman-teman pejuang lab struktur yakni Berliana, Hesti, Tarisa, Alif, Iqshal, Fikri yang saling bahu membahu dalam melancarkan tugas akhir ini.
9. Bapak Khoirul Anas A.Md dan Bapak Akir selaku teknisi laboratorium struktur g telah mengijinkan untuk menggunakan laboratorium struktur selama pengerjaan tugas akhir berlangsung.

Penulis menyadari bahwa tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak baik dari masa perkuliahan sampai penyusunan skripsi, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRAK	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN TEORI.....	5
2.1 Kajian Literatur	5
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Metode Digital Image Correlation	6
2.3.1. <i>GOM Correlate 2D</i>	7
2.3.2. <i>MatLab Ncorr</i>	7
2.4 Pengujian Benda Uji.....	8
2.4.1. <i>Uji Kuat Tekan</i>	8
2.4.2. <i>Modulus Elastisitas</i>	9
2.5 Regangan (<i>Strain</i>)	10
2.6 Perpindahan (<i>Displacement</i>)	10
2.7 Persamaan Korelasi	11
2.8 Pengembangan Hipotesis	11
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	12
3.2 Populasi dan Sampel/Subyek Penelitian	12
3.3 Prosedur Penelitian.....	13

3.4	Pengumpulan Data Penelitian	14
3.4.1.	<i>Pembuatan Benda Uji</i>	14
3.4.2.	<i>Pengujian Benda Uji dan Setting Perletakan</i>	14
3.5	Metode Analisis.....	15
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1	Hasil Pengujian Laboratorium	16
4.1.1.	<i>Regangan Vertikal menggunakan Dial Gauge</i>	17
4.1.2.	<i>Regangan Horizontal menggunakan Dial Gauge</i>	18
4.2	Analisa Data Metode Digital Image Correlation (DIC)	19
4.2.1.	<i>Perpindahan</i>	20
4.2.2.	<i>Regangan</i>	22
	<i>Pada penelitian ini titik yang ditinjau oleh penulis terletak pada bagian atas tengah benda uji untuk regangan vertikal dan pada bagian dekat dial gauge untuk regangan horizontal. Pemilihan titik tersebut dikarenakan berada tepat pada alat ukur kompressometer dan peletakan dial gauge.</i>	22
4.3	Perbandingan GOM CORRELATE dan Ncorr	25
4.3.1.	<i>Regangan Vertikal</i>	25
4.3.2.	<i>Regangan horizontal</i>	27
4.4	Analisa Hubungan Korelasi	29
4.4.1.	<i>Regangan Vertikal</i>	29
4.4.2.	<i>Regangan Horizontal</i>	30
BAB 5.	KESIMPULAN, KETERBATASAN, DAN SARAN	34
5.1	Kesimpulan.....	34
5.2	Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Vertikal antara <i>Dial Indicator</i> vs GOM <i>Correlate</i>	29
Tabel 4. 2 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Vertikal antara <i>Dial Indicator</i> vs Matlab Ncorr	30
Tabel 4. 3 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Horizontal antara <i>Dial Indicator</i> vs GOM <i>Correlate</i>	30
Tabel 4. 4 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Horizontal antara <i>Dial Indicator</i> vs Matlab Ncorr	30
Tabel 4. 5 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Horizontal antara <i>Dial Indicator</i> vs Teoritis	31
Tabel 4. 6 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Horizontal antara GOM <i>Correlate</i> vs Teoritis.....	31
Tabel 4. 7 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Horizontal antara Matlab Ncorr vs Teoritis	32

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Pembuatan Benda Uji
- Lampiran 2. Pengujian Benda Uji
- Lampiran 3. Mix Design
- Lampiran 4. Tabel Hasil Regangan Vertikal dan Tegangan Bantuan *Dial Indicator*
- Lampiran 5. Tabel Hasil Regangan Horizontal dan Tegangan Bantuan *Dial Indicator*
- Lampiran 6. Tabel Hasil Regangan Vertikal dan Tegangan menggunakan Software GOM *Correlate*
- Lampiran 7. Tabel Hasil Regangan Horizontal dan Tegangan menggunakan Software GOM *Correlate*
- Lampiran 8. Tabel Hasil Regangan Vertikal dan Tegangan menggunakan Software Matlab Ncorr
- Lampiran 9. Tabel Hasil Perpindahan Vertikal dan Beban menggunakan Software GOM *Correlate*
- Lampiran 10. Tabel Hasil Perpindahan Horizontal dan Beban menggunakan Software GOM *Correlate*
- Lampiran 11. Tabel Hasil Perpindahan Vertikal dan Beban menggunakan Software Matlab Ncorr
- Lampiran 12. Tabel Hasil Perpindahan Horizontal dan Beban menggunakan Software Matlab Ncorr
- Lampiran 13. Grafik Hasil Perpindahan Vertikal dan Tegangan menggunakan Software GOM *Correlate*
- Lampiran 14. Grafik Hasil Perpindahan Horizontal dan Tegangan menggunakan Software GOM *Correlate*
- Lampiran 15. Grafik Hasil Perpindahan Vertikal dan Tegangan menggunakan Software Matlab Ncorr
- Lampiran 16. Grafik Hasil Perpindahan Horizontal dan Tegangan menggunakan Software Matlab Ncorr
- Lampiran 17. Grafik Hasil Perbandingan Regangan dan Tegangan antara Bantuan *Dial Indicator* dengan GOM *Correlate*
- Lampiran 18. Grafik Hasil Perbandingan Regangan dan Tegangan antara Bantuan *Dial Indicator* dengan Matlab Ncorr
- Lampiran 19. Tahapan Pengolahan Data Metode DIC menggunakan Software GOM *Correlate*
- Lampiran 20. Tahapan Pengolahan Data Metode DIC menggunakan Software Matlab Ncorr

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Bentuk benda uji silinder.....	12
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	13
Gambar 3. 3 (a) Diagram alir penggunaan program Ncorr dan (b) Diagram alir penggunaan program GOM <i>CORRELATE</i>	15
Gambar 4. 1 Hasil Speckles Benda Uji.....	16
Gambar 4. 2 Setting Perletakan dan Alat pada Benda Uji	16
Gambar 4. 3 Pengujian modulus elastisitas pada beton silinder menggunakan alat kompressometer	17
Gambar 4. 4 Grafik Tegangan vs Regangan Vertikal <i>Dial Indicator</i>	18
Gambar 4. 5 Pengujian Regangan xx pada beton silinder menggunakan dial gauge	18
Gambar 4. 6 Grafik Tegangan vs Regangan Horizontal <i>Dial Indicator</i>	19
Gambar 4. 7 Grafik Beban vs V-Displacement GOM <i>Correlate</i>	20
Gambar 4. 8 Grafik Beban vs V-Displacement MatLab Ncorr	21
Gambar 4. 9 Grafik Beban vs U-Displacement GOM <i>Correlate</i>	21
Gambar 4. 10 Grafik Beban vs U-Displacement MatLab Ncorr	22
Gambar 4. 11 Grafik Tegangan vs Regangan Vertikal GOM <i>Correlate</i>	23
Gambar 4. 12 Grafik Tegangan vs Regangan Vertikal MatLab Ncorr	23
Gambar 4. 13 Grafik Tegangan vs Regangan Horizontal GOM <i>Correlate</i>	24
Gambar 4. 14 Grafik Tegangan vs Regangan Horizontal MatLab Ncorr	24
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Regangan yy Konvensional Vs GOM <i>Correlate</i> Vs Ncorr Benda Uji 1	25
Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Regangan yy Konvensional Vs GOM <i>Correlate</i> Vs Ncorr Benda Uji 2.....	25
Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan Regangan yy Konvensional Vs GOM <i>Correlate</i> Vs Ncorr Benda Uji 3.....	26
Gambar 4. 18 Grafik Perbandingan Regangan yy Konvensional Vs GOM <i>Correlate</i> Vs Ncorr Benda Uji 4.....	26
Gambar 4. 19 Grafik Perbandingan Regangan yy Konvensional Vs GOM <i>Correlate</i> Vs Ncorr Benda Uji 5.....	26
Gambar 4. 20 Grafik Perbandingan Regangan xx Konvensional Vs GOM <i>Correlate</i> Vs Ncorr Benda Uji 1	27
Gambar 4. 21 Grafik Perbandingan Regangan xx Konvensional Vs GOM <i>Correlate</i> Vs Ncorr Benda Uji 2.....	27

Gambar 4. 22 Grafik Perbandingan Regangan xx Konvensional Vs GOM *Correlate*
Vs Ncorr Benda Uji 3..... 28

Gambar 4. 23 Grafik Perbandingan Regangan xx Konvensional Vs GOM *Correlate*
Vs Ncorr Benda Uji 4..... 28

Gambar 4. 24 Grafik Perbandingan Regangan xx Konvensional Vs GOM *Correlate*
Vs Ncorr Benda Uji 5..... 29



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi salah satunya di Indonesia, beton saat ini merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan. Sifat mekanik yang dimiliki material beton terjadi akibat beban yang diterima sehingga harus dikontrol agar dapat digunakan pada konstruksi sebagaimana fungsinya. Salah satunya pada tegangan-regangan (*stress strain*) dan lendutan (*displacement*) (Suryanita et al., 2019). Diperlukan mengenali pola retakan yang terjadi pada beton, dikarenakan regangan yang terjadi pada struktur beton dapat menimbulkan resiko yang besar seperti keruntuhan pada konstruksi.

Digital Image Correlation (DIC) merupakan salah satu metode pengujian *non-contact* untuk mengukur regangan dan perpindahan pada struktur material tertentu, dalam hal ini menggunakan material beton. Yang dimaksud *non-contact* disini adalah regangan dan perpindahan dapat dilihat tanpa adanya kontak langsung dengan benda uji (beton). Dengan menggunakan metode *Digital Image Correlation* (DIC), hasil regangan dan perpindahan yang terjadi pada material beton juga lebih akurat namun dengan biaya yang rendah dan mudah dalam pelaksanaannya. Di Indonesia, *Digital Image Correlation* (DIC) mulai diteliti pada tahun 2017 dengan topik mengenai pemetaan pola retak pada balok beton bertulangan dengan menggunakan DIC (Suryanto & Staniforth, 2019). Sehingga pengujian *Digital Image Correlation* (DIC) masih jarang dilakukan terkhusus pada konstruksi struktur beton.

Digital Image Correlation (DIC) mengukur regangan dan perpindahan yang terjadi pada struktur beton dengan menggunakan kamera konvensional, GOM *Correlate Software*, dan MatLab Ncorr. GOM *Correlate* adalah perangkat lunak *Digital Image Correlation* (DIC) dan evaluasi untuk penelitian material, analisis komponen/perakitan, dan pengujian dampak. GOM *Correlate* dibuat untuk digunakan dengan sistem kamera 3D ARAMIS yang memungkinkan menangkap

data 3D yang akurat, termasuk perpindahan dan regangan pada objek (beton), menggunakan sensor optik beresolusi tinggi. Namun GOM *Correlate* juga dapat digunakan untuk pengujian dengan data 2D. MatLab *Software* adalah sebuah cakupan komputasi numerical dan bahasa pemrograman komputer generasi keempat. Software MatLab Ncorr dapat memberikan hasil perpindahan (*displacement*), dan regangan (*strain*) tanpa adanya kontak langsung dengan benda uji menggunakan metode DIC. Perpindahan yang dihasilkan dari jarak antara titik awal dan titik akhir terjadi akibat berat beban yang diterima oleh beton. Kamera konvensional digunakan untuk mendapatkan gambar proses perpindahan titik awal dan titik akhir melalui permukaan beton. Dengan menggunakan data perpindahan tersebut *Digital Image Correlation* (DIC) dapat menghasilkan regangan yang terjadi pada permukaan beton.

Berdasarkan hal tersebut metode *Digital Image Correlation* (DIC) dengan menggunakan GOM *Correlate Software*, MatLab Ncorr *Software*, dan kamera konvensional efektif untuk menghasilkan data regangan dan perpindahan dengan melakukan satu kali percobaan (pemotretan) pada benda uji. Sehingga perlu diketahui analisis antara hasil perpindahan dan regangan dari *Digital Image Correlation* (DIC) dengan Bantuan *Dial Indicator*.

1.2 Rumusan Masalah

Berisi Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perpindahan (*displacement*), dan regangan (*strain*) menggunakan DIC pada beton silinder dengan aplikasi GOM *Correlate* 2D dan Matlab Ncorr?
2. Bagaimana hubungan antara gaya tekan vs hasil *displacement* dan gaya tekan vs hasil regangan dengan Metode *Digital Image Correlation* (DIC) menggunakan aplikasi GOM *Correlate* 2D dan MatLab Ncorr pada beton silinder?

3. Bagaimana hubungan antara hasil dari metode DIC dengan aplikasi GOM *Correlate*, metode DIC dengan aplikasi Ncorr dan dengan Hasil Bantuan *Dial Indicator*?

1.3 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam proposal ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan Mix Design menggunakan SNI 03-2834-2000
2. Menggunakan semen tipe PPC
3. Benda uji beton silinder dengan ukuran 15 x 30 cm sebanyak 5 sampel pada umur 28 hari.
4. Hanya menguji Regangan dan *Displacement* pada metode DIC menggunakan *Software* GOM *Correlate* dan Matlab Ncorr.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menganalisis hasil perpindahan (*displacement*), dan regangan (*strain*) menggunakan DIC pada beton silinder dengan aplikasi GOM *Correlate* 2D dan MatLab Ncorr.
2. Menganalisis hubungan antara gaya tekan vs hasil *displacement* dan gaya tekan vs hasil regangan dengan *Metode Digital Image Correlation* (DIC) menggunakan aplikasi GOM *Correlate* dan MatLab Ncorr pada beton silinder.
3. Menganalisis hubungan antara hasil dari metode DIC dengan *software* GOM *Correlate*, metode DIC dengan aplikasi Ncorr dan dengan hasil Bantuan *Dial Indicator*.

1.5 Manfaat Penelitian

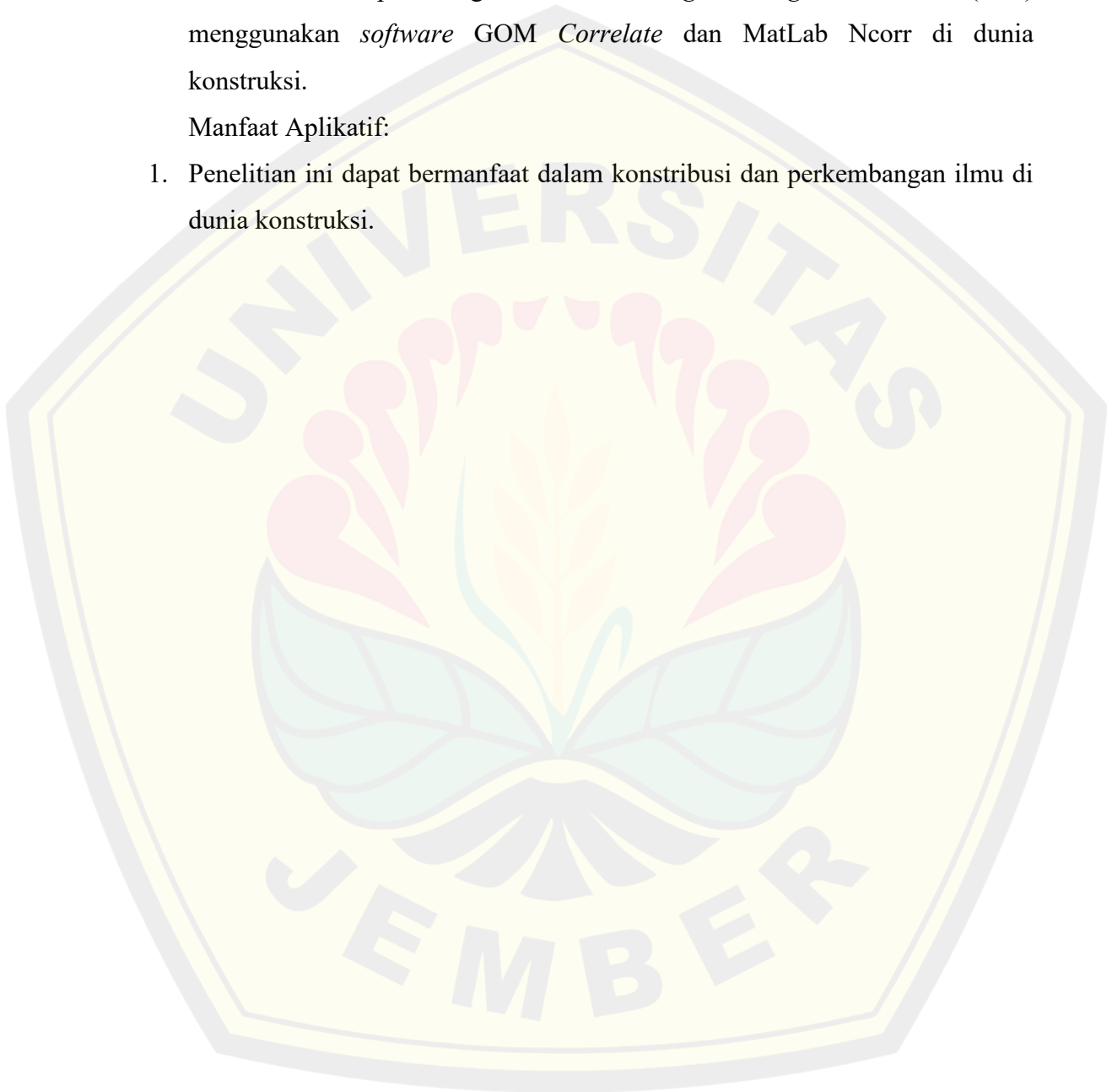
Berdasarkan tujuan dari penelitian ini, diharapkan mampu memberikan manfaat diantaranya:

Manfaat Teoritis:

1. Penelitian ini dapat mengetahui metode *Digital Image Correlation* (DIC) menggunakan *software* GOM *Correlate* dan MatLab Ncorr di dunia konstruksi.

Manfaat Aplikatif:

1. Penelitian ini dapat bermanfaat dalam kontribusi dan perkembangan ilmu di dunia konstruksi.



BAB 2. TINJAUAN TEORI

2.1 Kajian Literatur

Digital Image Correlation (DIC) merupakan teknik optik 3D, non-kontak, non-destruktif, *full-field* yang mengukur perpindahan, deformasi, kontur, regangan, dan vibrasi dalam setiap material (Saxena & Patil, 2018). Menurut (Atkinson & Becker, 2021) *Digital Image Correlation* (DIC) merupakan salah satu teknik metrologi optik yang dapat menentukan deformasi serta perpindahan yang dialami oleh objek berdasarkan gambar yang diambil dari permukaan objek tersebut. Teknik ini membandingkan dua gambar yakni, gambar pertama permukaan objek yang diambil sebelum deformasi dan gambar kedua diambil setelah deformasi.

Benda uji dalam penelitian ini berupa beton silinder. Dimana beton adalah salah satu material yang biasa digunakan dalam konstruksi bangunan. Material penyusun beton terdiri dari semen (*Portland Cement*), agregat kasar, agregat halus, serta air. Perbandingan proporsi penyusun campuran beton perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil sesuai mutu rencana. Perhitungan Mix Design sesuai SNI 03-2834-2000 menjadi patokan perbandingan proporsi penyusun beton.

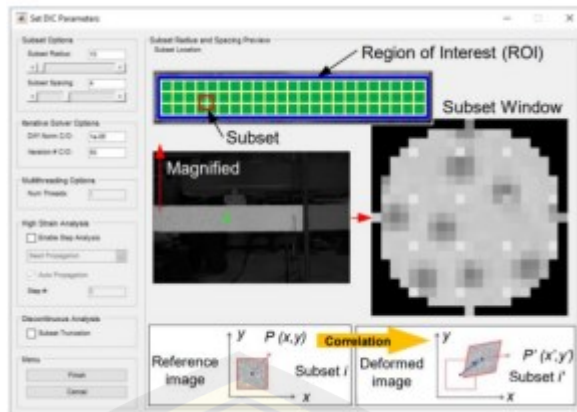
Beton silinder ini akan dianalisis regangan dan *displacement* yang terjadi menggunakan metode DIC. Regangan merupakan suatu nilai perbandingan antara besar perubahan bentuk suatu benda terhadap bentuk semula dari benda tersebut. Regangan terdiri dari dua jenis yakni, regangan geser maksimum dan regangan normal (minimum dan maksimum). Sedangkan perpindahan merupakan deformasi atau perubahan bentuk yang diakibatkan timbulnya gaya seperti beban, tekanan, dan temperatur. Berdasarkan buku "*Advanced Mechanics of Materials and Applied Elasticity*", Perpindahan dinyatakan dengan fungsi u , v , w (Ugural & Fenster, 2012). Pada metode elemen hingga dengan menggunakan metode diskritisasi, elemen hingga digunakan untuk menentukan perpindahan node/link serta gaya yang terdapat dalam struktur. Diskritisasi elemen ini mengacu pada metode matriks, dimana diskritisasi ini dapat berupa elemen satu dimensi, dua dimensi, atau tiga dimensi (Suryanita et al., 2019).

2.2 Penelitian Terdahulu

Penggunaan metode *Digital Image Correlation* (DIC) pada material beton di Indonesia masih jarang dilakukan. (Aldi, 2022) pernah melakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis hubungan antara hasil dari DIC menggunakan Ncorr dengan hasil Bantuan *Dial Indicator*. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan bahwa metode DIC dengan menggunakan aplikasi Ncorr memiliki kemiripan yang dekat dengan data regangan dan perpindahan secara konvensional. Selain itu, (Fathur Rahman et al., 2019) juga melakukan penelitian tentang perpindahan dan regangan menggunakan DIC pada beton kubus untuk mengetahui *stiffness* dan *poisson ratio* dengan menggunakan DIC.

2.3 Metode Digital Image Correlation

Prinsip dasar dari metode *Digital Image Correlation* (DIC) yakni melihat gambar permukaan suatu objek yang telah mengalami deformasi dengan menggunakan kamera digital. Dilakukan penentuan perpindahan yang terjadi dengan mencari posisi bagian tertinjau setelah mengalami deformasi. Untuk mendapatkan hasil dengan bidang deformasi penuh maka citra suatu objek perlu didetailkan menjadi bagian kecil. DIC mengharuskan setiap *subset* harus ditandai dengan pola yang unik, bertujuan agar algoritme dapat membedakan kesamaan *subset* sehingga secara efektif mencocokkan blok *subset* target dengan blok *subset* referensi yang dapat dilihat pada Gambar 2.1. Berdasarkan lokasi titik pusat pada kedua gambar referensi dan target, vector perpindahan local dihasilkan dan deformasi dalam setiap subset dihitung. Proses ini diulang pada seluruh permukaan objek di setiap subset blok guna mendapatkan peta perpindahan penuh. Dengan demikian regangan dapat dihasilkan.



Gambar 2. 1 Gambar Referensi diubah menjadi gambar subsets

Penulis menggunakan aplikasi GOM *Correlate 2D* dan MatLab Ncorr untuk mengolah data menggunakan metode DIC.

2.3.1. GOM *Correlate 2D*

GOM *Correlate* adalah perangkat lunak *Digital Image Correlation* (DIC) dengan menentukan koordinat 2D atau 3D. Koordinat ini dapat digunakan untuk menyimpulkan perpindahan dan regangan *specimen* untuk aplikasi dalam pengujian material dan komponen. Dalam penelitian ini menggunakan koordinat dengan 2D dengan memanfaatkan hasil foto yang sudah ada sebagai data awal. Nilai *displacement* didapat dari GOM *CORRELATE* dan besar beban didapat dari foto yang telah diambil.

2.3.2. MatLab Ncorr

MATLAB atau singkatan dari *Matrix LABORatory* merupakan sebuah bahasa pemrograman komputer generasi keempat dan komputasi numerical. Ncorr merupakan program MATLAB korelasi digital 2D *open-source*. Ncorr dapat digunakan untuk menangani deformasi besar, deformasi benda tegar, komputasi multiutas, dan diskontinuitas yang kuat. Untuk menganalisis DIC menggunakan Ncorr, format nama untuk foto harus diubah menjadi “nama_urutan”. Nilai *displacement* didapat dari ncorr dan besar beban didapat dari foto yang telah diambil.

2.4 Pengujian Benda Uji

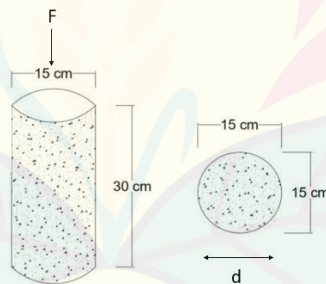
Pengujian benda uji yang sudah mencapai umur rencana akan dilaksanakan untuk mendapatkan hasil benda uji:

2.4.1. Uji Kuat Tekan

Dilakukan beberapa pengujian untuk mendapatkan hasil uji jika beton sudah mencapai umur yang telah direncanakan. Kontrol kualitas yang bertujuan untuk melihat pekerjaan yang dilakukan memenuhi persyaratan dapat ditinjau menggunakan metode statistika, sebagai berikut:

1. Kuat tekan didapat dari rumus beban yang tertulis pada mesin *compressive* test yang dibagi luasan permukaan benda uji. Rumus tertulis sebagai berikut. Sketsa rumus dapat dilihat pada Gambar 2.2.

$$f'c = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$



Gambar 2. 2 Sketsa gambar beton silinder

Dengan:

$f'c$: Kuat tekan beton (MPa)

F : Gaya tekan (N)

A : Luasan permukaan (mm^2)

2. Rata-rata adalah jumlah dari data kemudian dibagi terhadap banyaknya data. Nilai rata-rata dilakukan penghitungan dengan rumus berikut:

$$\overline{f'c} = \frac{\sum f'c}{n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan:

$\overline{f'c}$: Kuat tekan Beton (MPa)

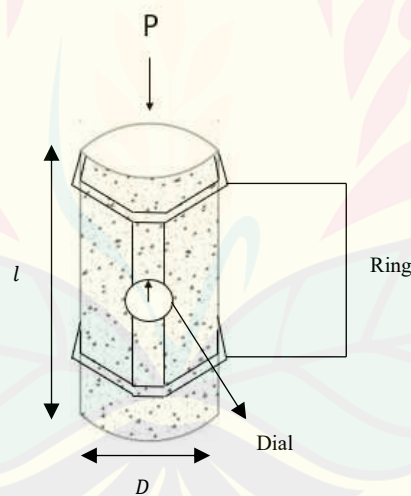
F : Gaya tekan (N)

A : Luasan Permukaan (mm²)

2.4.2. Modulus Elastisitas

Berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2019), modulus elastisitas merupakan rasio tegangan tarik atau tekan terhadap regangan pada beton. Rumus dari modulus elastisitas beton normal adalah sebagai berikut. Sketsa rumus dapat dilihat pada Gambar 2.3.

$$E = \frac{P/A}{\Delta l/l} \dots\dots\dots (2.3)$$



Gambar 2. 3 Sketsa Beton Silinder alat *modulus of elasticity in concrete test set*

Dengan:

E : Modulus Elastisitas (N/m²)

f'c : Nilai Kuat Tekan (MPa)

2.5 Regangan (*Strain*)

Regangan merupakan suatu nilai perbandingan antara besar perubahan bentuk suatu benda terhadap bentuk semula dari benda tersebut. Regangan terdiri dari dua jenis yakni, regangan geser maksimum dan regangan normal (minimum dan maksimum). Regangan dinyatakan sebagai berikut (Ugural & Fenster, 2012):

$$e = \frac{\Delta l}{l} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan:

- e : Regangan
- Δl : Pertambahan Panjang
- l : Panjang mula-mula

2.6 Perpindahan (*Displacement*)

Perpindahan merupakan deformasi atau perubahan bentuk yang diakibatkan timbulnya gaya seperti beban, tekanan, dan temperatur. Berdasarkan buku “*Advanced Mechanics of Materials and Applied Elasticity*”, Perpindahan dinyatakan dengan fungsi u , v , w . Pada metode elemen hingga dengan menggunakan metode diskritisasi, elemen hingga digunakan untuk menentukan perpindahan node/link serta gaya yang terdapat dalam struktur. Diskritisasi elemen ini mengacu pada metode matriks, dimana diskritisasi ini dapat berupa elemen satu dimensi, dua dimensi, atau tiga dimensi (Suryanita et al., 2019). Gerak dari elemen memiliki 2 sifat yakni besaran dari segi arah dan jarak. Berdasarkan buku “*Fundamental of Physic*” rumus dasar perpindahan yakni (Walker et al., 2014):

$$\Delta x = x_2 - x_1 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan:

- Δx : Perpindahan
- x_2 : Posisi Akhir
- x_1 : Posisi Awal

2.7 Persamaan Korelasi

Penelitian ini menggunakan dua metode dalam pengukuran yakni menggunakan alat bantu dan metode DIC. Hal ini perlu dikorelasikan antara kedua metode tersebut menggunakan analisis korelasi.

Analisis korelasi sederhana merupakan teknik mengukur kekuatan dan mengetahui bentuk hubungan antara tiga variabel (Sugiyono, 2012). Berikut merupakan rumus yang dipakai untuk mendapatkan koefisien dari korelasi:

$$r = \frac{\Sigma(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}\sqrt{\Sigma(y-\bar{y})^2}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Koefisien korelasi merupakan pengukuran hubungan antara dua variabel, dimana dua variable tersebut menunjukkan kekuatan hubungan linier dan arah hubungan antara dua variable acak. Nilai koefisien korelasi bervariasi antara -1 dan +1. Dalam mempermudah interpretasi kekuatan hubungan antara dua variable, diberikan kriteria sebagai berikut (Sarwono, 2016):

1. $r = +1$, maka korelasi antara kedua variable dikatakan sangat kuat dan searah, artinya jika X naik sebesar 1 maka Y juga akan naik sebesar 1 atau sebaliknya.
2. $r = 0$, maka hubungan antara kedua variabel sangat lebar atau tidak ada hubungan sama sekali.
3. $r = -1$, maka korelasi antara kedua variabel sangat kuat dan berlawanan arah, artinya apabila X naik sebesar 1 maka Y akan turun sebesar 1 atau sebaliknya.

2.8 Pengembangan Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah metode DIC menggunakan GOM *Correlate* dapat digunakan untuk mendapatkan regangan dan *displacement* yang terjadi dan lebih akurat dan praktis dibandingkan menggunakan Matlab Ncorr.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

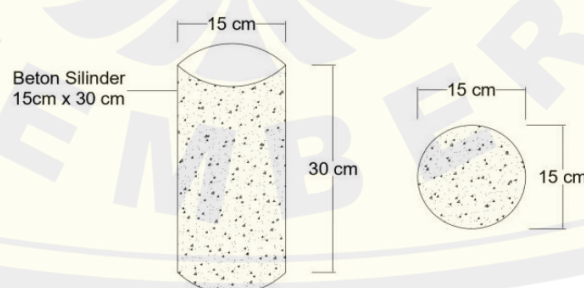
Metodologi yang diterapkan pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental, dimana hubungan suatu variabel terhadap variabel lain atau hubungan sebab akibat antara variabel satu dengan yang lainnya diuji. Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan guna menganalisis regangan dan displacement yang terjadi pada beton silinder dengan menggunakan *software* GOM *Correlate* 2D dan MATLAB.

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi Penelitian ini dimulai dari proses pembuatan, pengujian, hingga pengambilan gambar benda uji yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember. Pengerjaan proposal penelitian dimulai pada bulan April hingga bulan Juni 2023 serta analisis data dilakukan sampai bulan November 2023.

3.2 Populasi dan Sampel/Subyek Penelitian

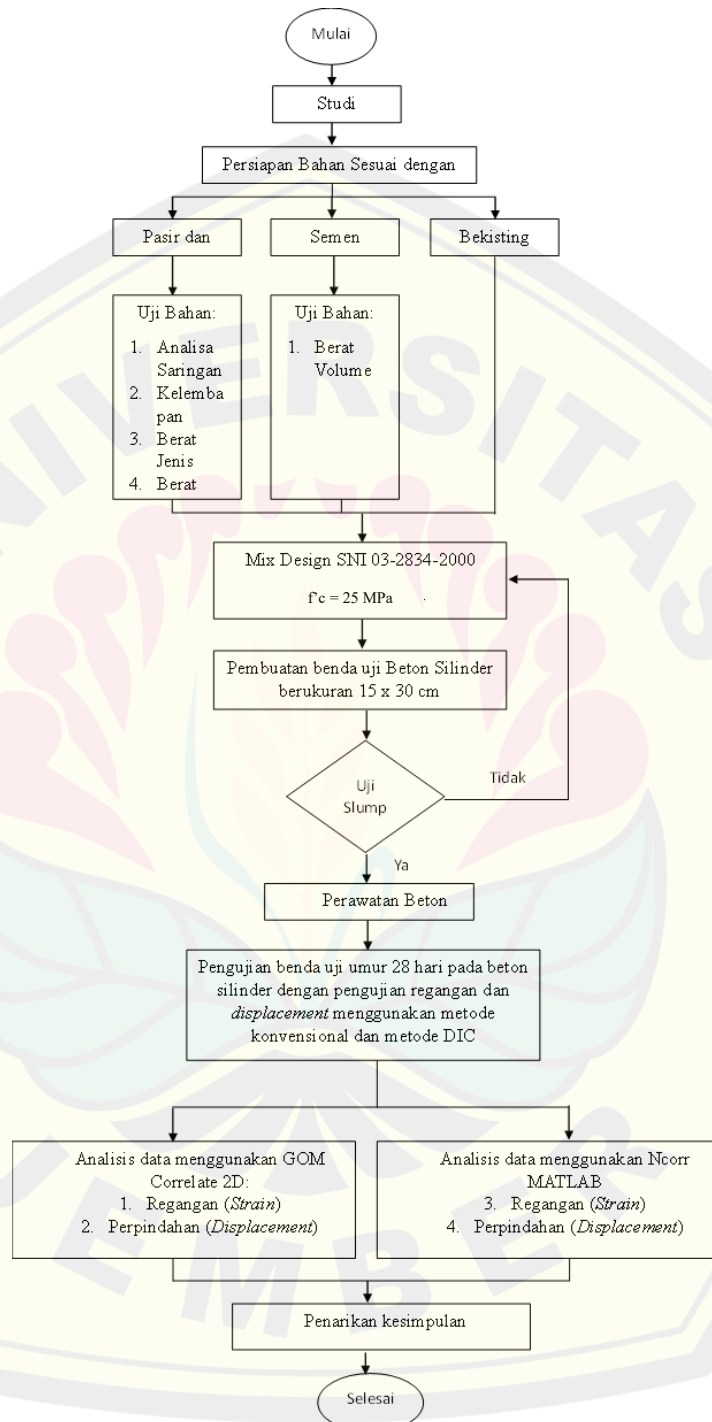
Sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 5 benda uji berbentuk silinder yang dibuat di laboratorium dengan dimensi 15 cm x 30 cm dengan kuat tekan beton normal yang direncanakan sebesar 25 MPa. Skema bentuk benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Bentuk benda uji silinder

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur dan urutan langkah-langkah penelitian yang disusun secara sistematis dan terperinci, dapat dilihat melalui diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 .



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

3.4 Pengumpulan Data Penelitian

Pengumpulan data penelitian dilakukan melalui beberapa tahap, yakni sebagai berikut :

3.4.1. Pembuatan Benda Uji

Tahap ini dimulai dengan pengujian material bahan dan perencanaan Mix Desain yang didasarkan pada SNI 03-2834-2000 (Badan Standardisasi Nasional, 2000).

3.4.2. Pengujian Benda Uji dan Setting Perletakan

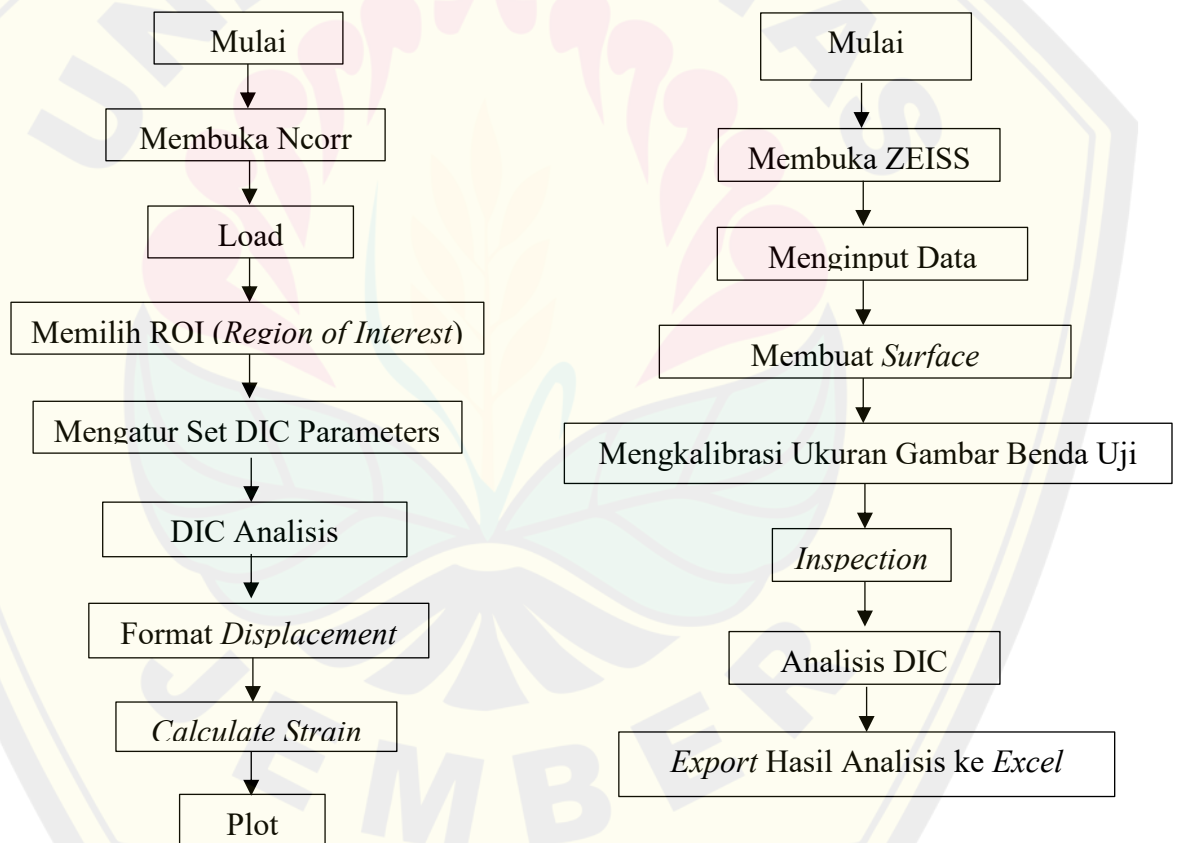
Tahap ini dilakukan dengan menggunakan beberapa alat yang dirangkai/di-*setting* di Laboratorium Struktur Universitas Jember.

- a. Perangkaian alat *modulus of elasticity in concrete test set* berbentuk cincin sesuai dengan diameter benda uji.
- b. Pengukuran dan pencatatan dimensi benda uji
- c. Pengambilan benda uji yang sudah ditimbang berat
- d. Peletakkan dan pemosisian benda uji hingga simetris dengan plat *compressive*
- e. Pen-settingan kamera hingga sejajar dengan setengah tinggi benda uji
- f. Pemosisian jarak kamera dan benda uji tidak terlalu dekat sehingga frame kamera dapat menangkap angka dial dan benda uji
- g. Peletakkan dua unit lighting di kanan dan kiri kamera dengan posisi lighting menghadap benda uji.
- h. Penyediaan stopwatch sebagai indikator waktu ketika benda uji mengalami gaya tekan.

- i. Pengujian dengan alat compressive machine sekaligus pengambilan gambar maupun video disetiap pembebanan yang diinginkan.
- j. Pencatatan hasil perubahan panjang dan perpindahan yang ditunjukkan oleh dial.

3.5 Metode Analisis

Prosedur penggunaan dan pengolahan DIC dengan menggunakan *software* MatLab-Ncorr dapat dilihat pada gambar 3.2 (a) dan prosedur penggunaan dan pengolahan DIC dengan menggunakan *software* GOM *Correlate* 2D dapat dilihat pada gambar 3.3.(b)



Gambar 3. 3 (a) Diagram alir penggunaan program Ncorr dan (b) Diagram alir penggunaan program GOM *Correlate*

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**4.1 Hasil Pengujian Laboratorium**

Pengujian benda uji pertama dan kedua dilakukan pada tanggal 18 November 2023 dan benda uji ketiga, keempat, dan kelima dilakukan pada tanggal 19 November 2023. Beton yang sudah melalui proses *curing* dikeluarkan dan diberikan titik-titik (*speckles*) seperti pada Gambar 4.1 secara acak dan merata sebagai titik tinjau perpindahan pada permukaan beton.



Gambar 4. 1 Hasil Speckles Benda Uji

Selanjutnya dilakukan persiapan setting penempatan lighting setelah pemberian speckles pada permukaan benda uji. Setting tempat dilaksanakan sesuai dengan metodologi penelitian dan dilakukan di laboratorium struktur Universitas Jember yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



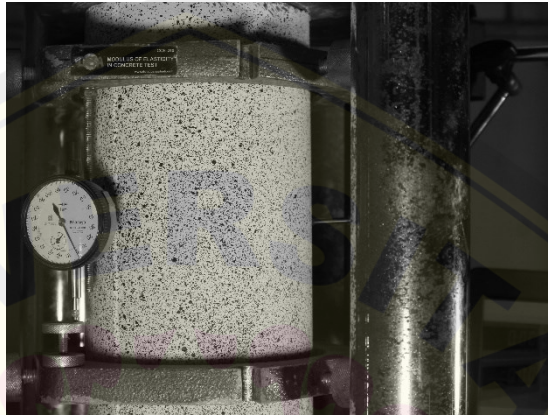
Gambar 4. 2 Setting Perletakan dan Alat pada Benda Uji

Gambar diatas menunjukkan kondisi awal sampel yang akan diuji tidak mengalami retakan. Hasil pengujian diperoleh dari hasil pengukuran dial gauge,

kompresometer, dan metode DIC dengan menggunakan GOM *CORRELATE* dan Ncorr. Berikut hasil yang diperoleh dari Bantuan *Dial Indicator*:

4.1.1. Regangan Vertikal menggunakan Dial Gauge

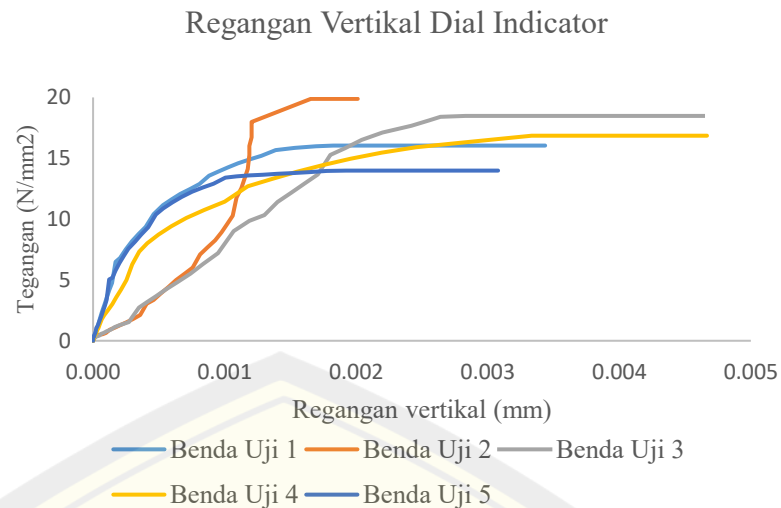
Regangan ini diperoleh dari hasil uji modulus elastisitas dan berdasar sesuai rumus (2.4). Sampel benda uji silinder berukuran 15cm x 30 cm seperti Gambar 4. 3.



Gambar 4. 3 Pengujian modulus elastisitas pada beton silinder menggunakan alat kompressometer

Pengujian modulus elastisitas dilakukan untuk memperoleh nilai regangan vertikal yang terjadi dengan tegangan yang diberikan. Pengujian ini dilakukan pada kelima benda uji silinder. Hasil regangan dan tegangan pada kelima benda uji dapat dilihat pada Lampiran 4.

Berdasarkan kelima tabel pada lampiran 4, diperoleh grafik hubungan antara gaya tekan yang diberikan dengan regangan yang terjadi. Grafik dari kelima tabel tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4. 4 Grafik Tegangan vs Regangan Vertikal *Dial Indicator*

4.1.2. Regangan Horizontal menggunakan Dial Gauge

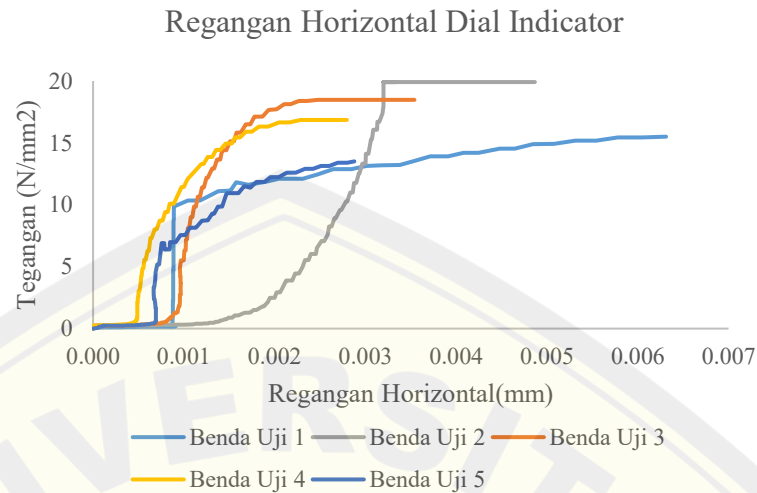
Regangan ini diperoleh dari hasil pembacaan dial gauge sebagai perubahan panjang dan dihubungkan sesuai rumus regangan (2.4). Sampel benda uji silinder berukuran 15cm x 30 cm seperti Gambar 4. 8.



Gambar 4. 5 Pengujian Regangan xx pada beton silinder menggunakan dial gauge

Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh nilai regangan horizontal yang terjadi dengan tegangan yang diberikan. Pengujian ini dilakukan pada kelima benda uji silinder. Hasil regangan dan tegangan pada kelima benda uji dapat dilihat pada Lampiran 5.

Berdasarkan kelima tabel diatas, diperoleh grafik hubungan antara gaya tekan yang diberikan dengan regangan yang terjadi. Grafik dari kelima tabel tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Grafik Tegangan vs Regangan Horizontal *Dial Indicator*

4.2 Analisa Data Metode Digital Image Correlation (DIC)

Setelah dilakukan pengujian laboratorium, diperoleh data berupa pengukuran tegangan, elongasi silinder, dan hasil rekam benda uji yang diolah dengan metode DIC. Adapun software pemrograman yang digunakan untuk metode DIC yakni program GOM *CORRELATE* dan Matlab Version 2023b dengan ekstensi Ncorr.

Prosedur analisis yang dilakukan pada software GOM *CORRELATE* dapat dilihat pada Lampiran Prosedur Pengolahan GOM *CORRELATE*. Dari analisis ini didapatkan hasil berupa perpindahan vertikal, horizontal, regangan xx, dan regangan yy.

Prosedur analisis yang dilakukan pada software Matlab Ncorr dapat dilihat pada Lampiran Prosedur Pengolahan Matlab Ncorr. Dari analisis ini didapatkan hasil berupa perpindahan vertikal, horizontal, regangan xx, dan regangan yy.

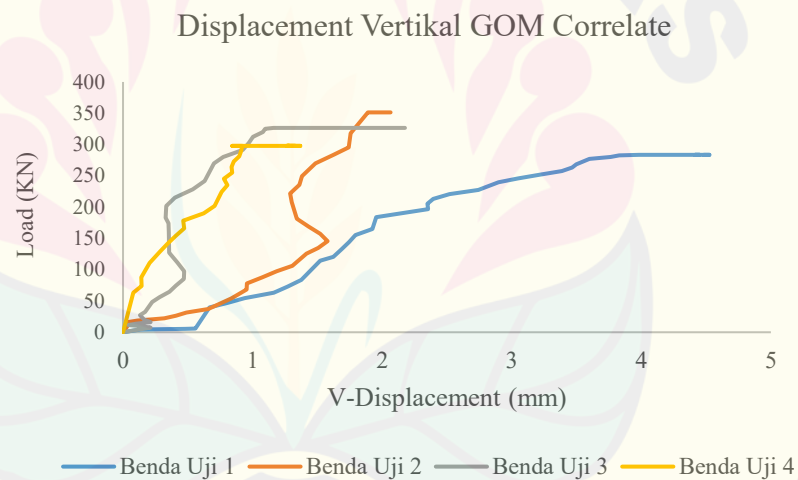
Berikut merupakan hasil pengolahan metode DIC menggunakan software GOM *CORRELATE* dan Matlab Ncorr.

4.2.1. Perpindahan

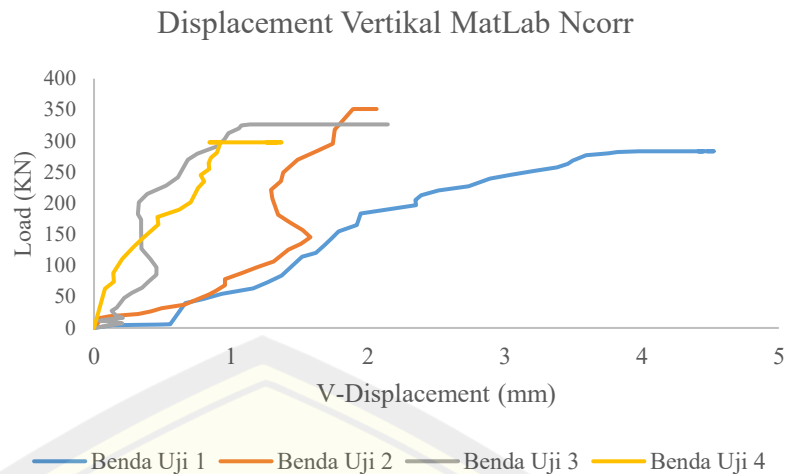
Pada penelitian ini titik yang ditinjau oleh penulis terletak pada bagian atas tengah benda uji untuk perpindahan vertikal dan pada bagian dekat dial gauge untuk perpindahan horizontal. Pemilihan titik tersebut dikarenakan berada tepat pada alat ukur kompressometer dan peletakan dial gauge.

4.2.1.1. Perpindahan Vertikal

Nilai-nilai perpindahan yang didapatkan dari GOM *Correlate* dan Matlab Ncorr dan besar beban yang diberikan diolah menjadi grafik hubungan beban dengan perpindahan vertikal. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. 7 untuk perpindahan vertical dengan program bantu GOM *Correlate* dan Gambar 4. 7 untuk perpindahan vertical dengan program bantu Matlab Ncorr.



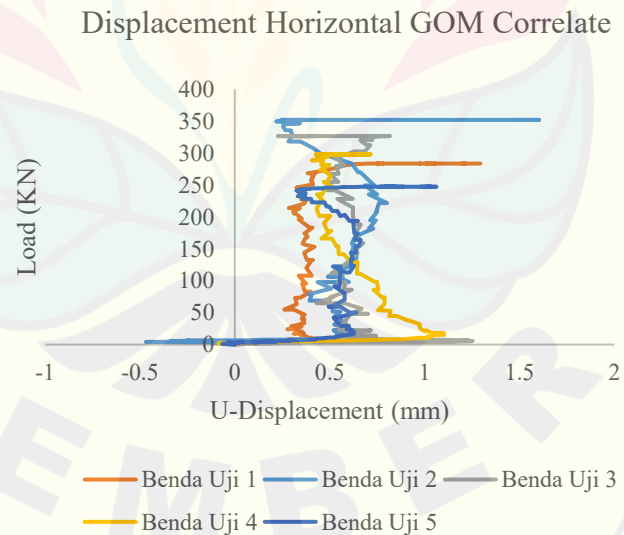
Gambar 4. 7 Grafik Beban vs V-Displacement GOM *Correlate*

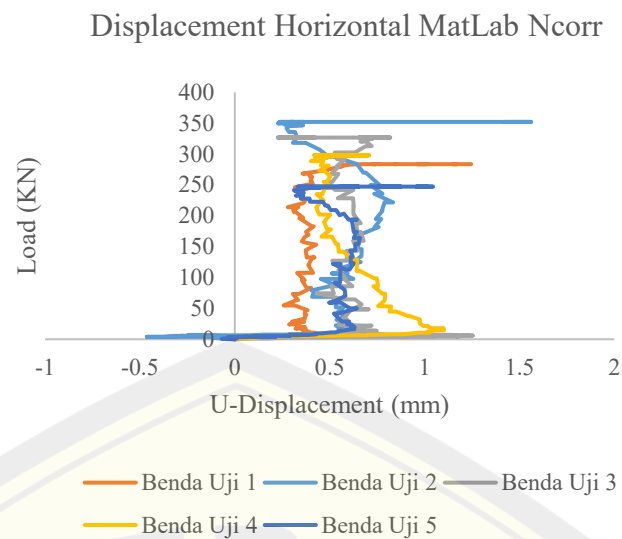


Gambar 4. 8 Grafik Beban vs V-Displacement MatLab Ncorr

4.2.1.2. Perpindahan Horizontal

Nilai-nilai perpindahan yang didapatkan dari GOM *Correlate* dan Matlab Ncorr dan besar beban yang diberikan diolah menjadi grafik hubungan beban dengan perpindahan horizontal. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. 9 untuk perpindahan horizontal dengan program bantu GOM *Correlate* dan Gambar 4. 10 untuk perpindahan horizontal dengan program bantu Matlab Ncorr.

Gambar 4. 9 Grafik Beban vs U-Displacement GOM *Correlate*



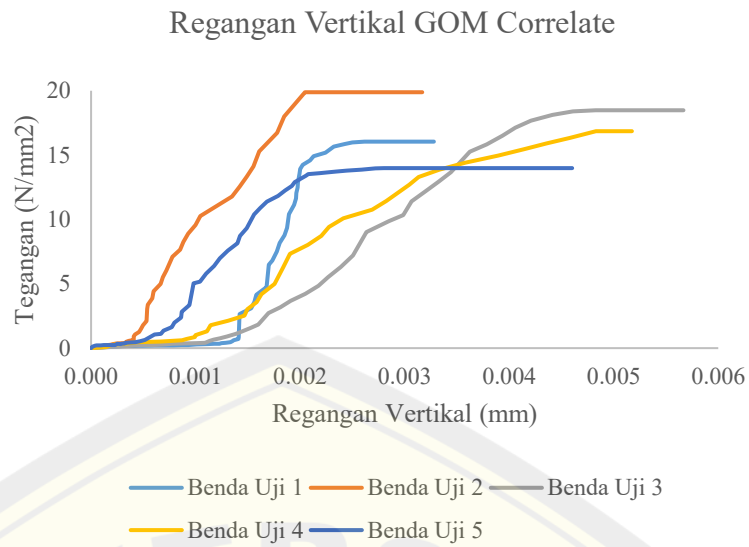
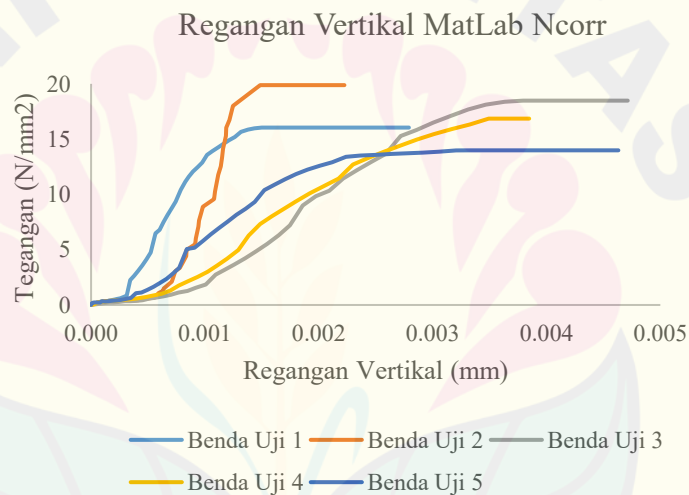
Gambar 4. 10 Grafik Beban vs U-Displacement MatLab Ncorr

4.2.2. Regangan

Pada penelitian ini titik yang ditinjau oleh penulis terletak pada bagian atas tengah benda uji untuk regangan vertikal dan pada bagian dekat dial gauge untuk regangan horizontal. Pemilihan titik tersebut dikarenakan berada tepat pada alat ukur kompressometer dan peletakan dial gauge.

4.2.2.1. Regangan Vertikal

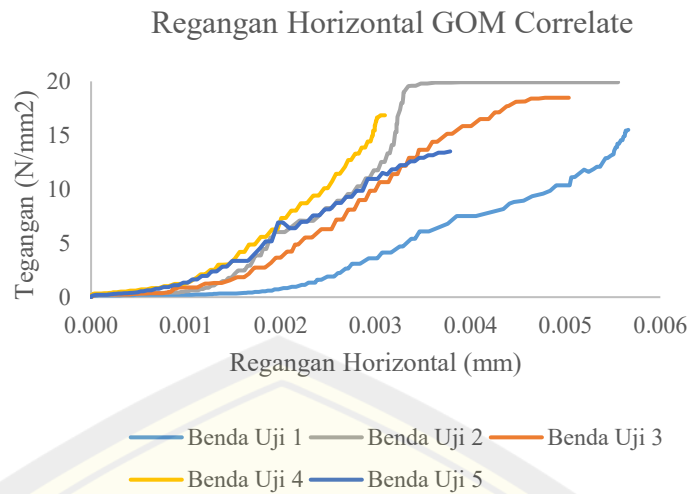
Nilai-nilai regangan yang didapatkan dari GOM *Correlate* dan Matlab Ncorr dan besar beban yang diberikan diolah menjadi grafik hubungan tegangan dengan regangan vertikal. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.11 untuk regangan vertical dengan program bantu GOM *Correlate* dan Gambar 4. 12 untuk regangan vertical dengan program bantu Matlab Ncorr.

Gambar 4. 11 Grafik Tegangan vs Regangan Vertikal GOM *Correlate*

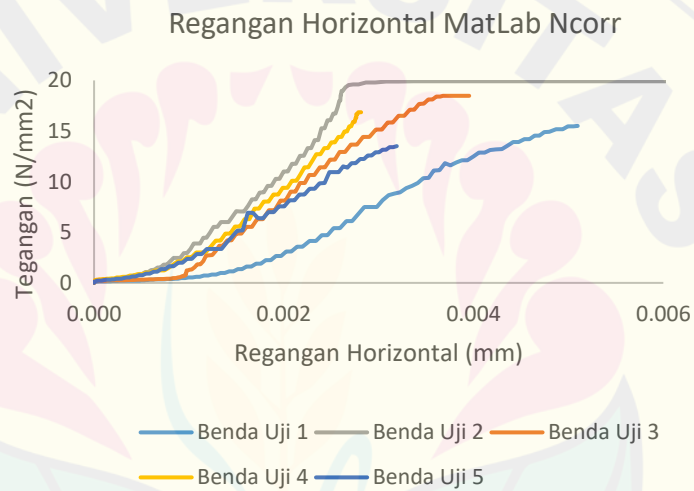
Gambar 4. 12 Grafik Tegangan vs Regangan Vertikal MatLab Ncorr

4.2.2.2. Regangan Horizontal

Nilai-nilai regangan yang didapatkan dari GOM *Correlate* dan Matlab Ncorr dan besar beban yang diberikan diolah menjadi grafik hubungan tegangan dengan regangan horizontal. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.13 untuk regangan horizontal dengan program bantu GOM *Correlate* dan Gambar 4. 14 untuk regangan horizontal dengan program bantu Matlab Ncorr.



Gambar 4. 13 Grafik Tegangan vs Regangan Horizontal GOM *Correlate*

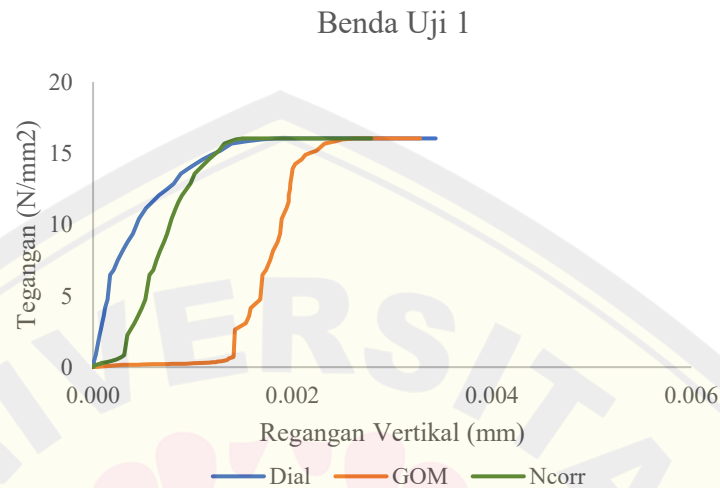


Gambar 4. 14 Grafik Tegangan vs Regangan Horizontal MatLab Ncorr

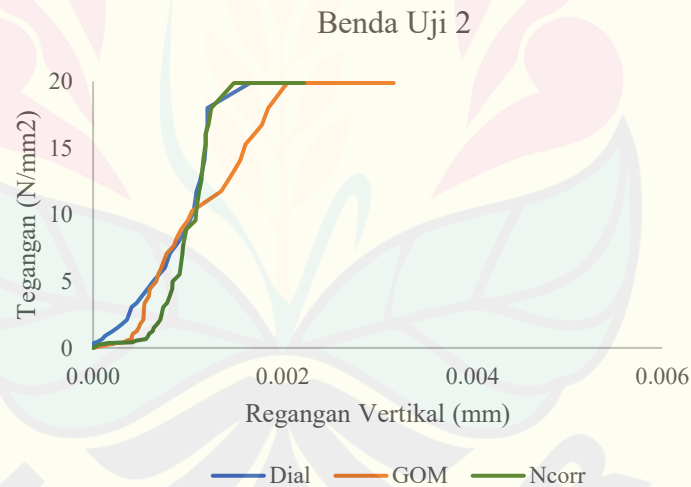
4.3 Perbandingan GOM *CORRELATE* dan Ncorr

Berikut merupakan perbandingan hasil grafik regangan xx, yy yang diperoleh dari Bantuan *Dial Indicator*, software GOM *CORRELATE* dan Matlab Ncorr.

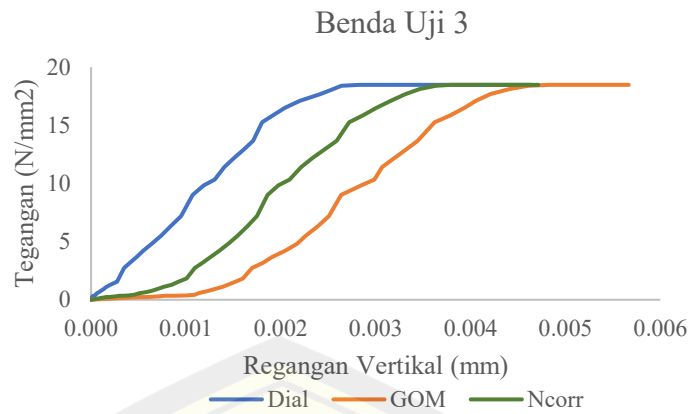
4.3.1. Regangan Vertikal



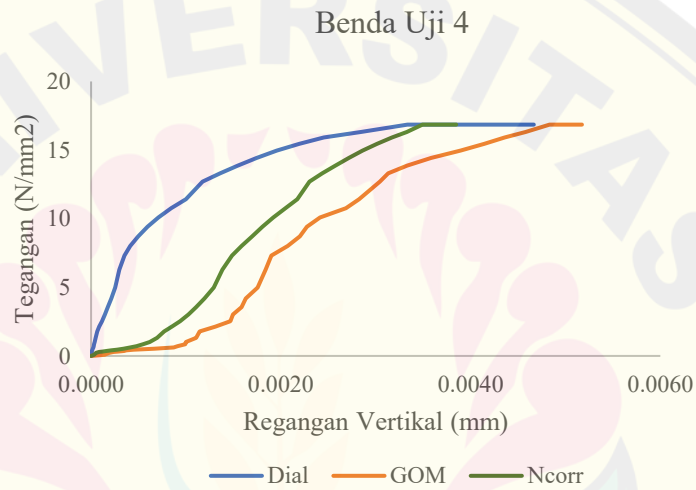
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Regangan yy Konvensional Vs GOM *Correlate* Vs Ncorr Benda Uji 1



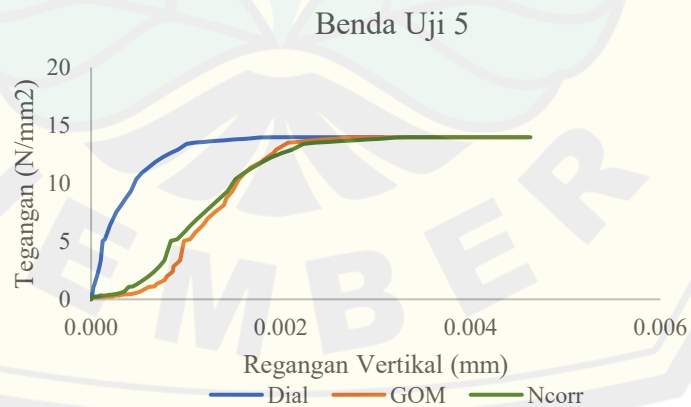
Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Regangan yy Konvensional Vs GOM *Correlate* Vs Ncorr Benda Uji 2



Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan Regangan yy Konvensional Vs GOM Correlate Vs Ncorr Benda Uji 3

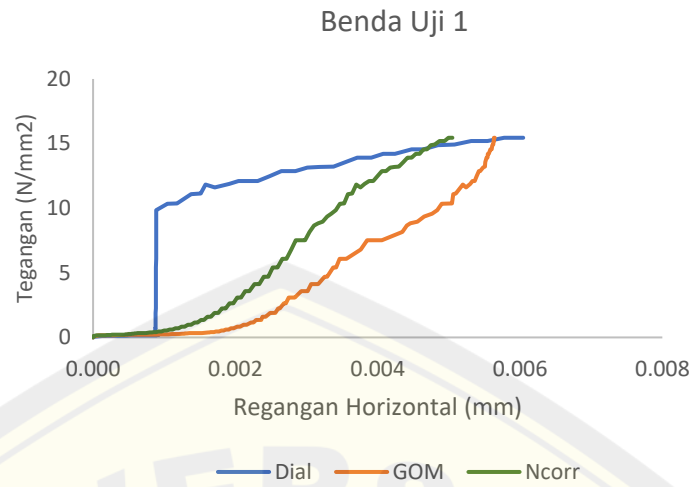


Gambar 4. 18 Grafik Perbandingan Regangan yy Konvensional Vs GOM Correlate Vs Ncorr Benda Uji 4

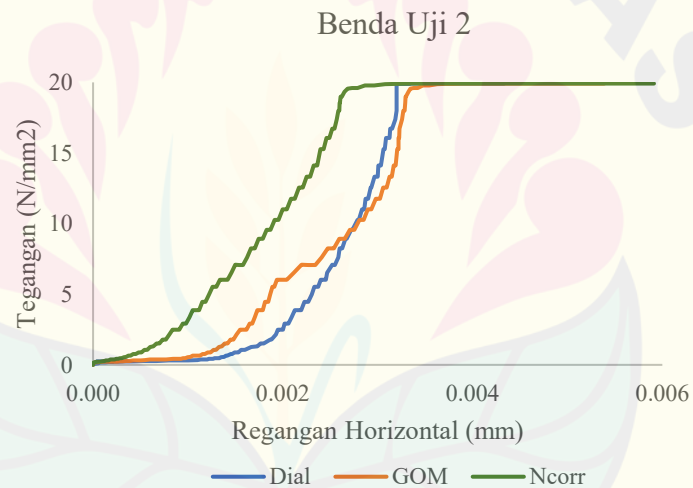


Gambar 4. 19 Grafik Perbandingan Regangan yy Konvensional Vs GOM Correlate Vs Ncorr Benda Uji 5

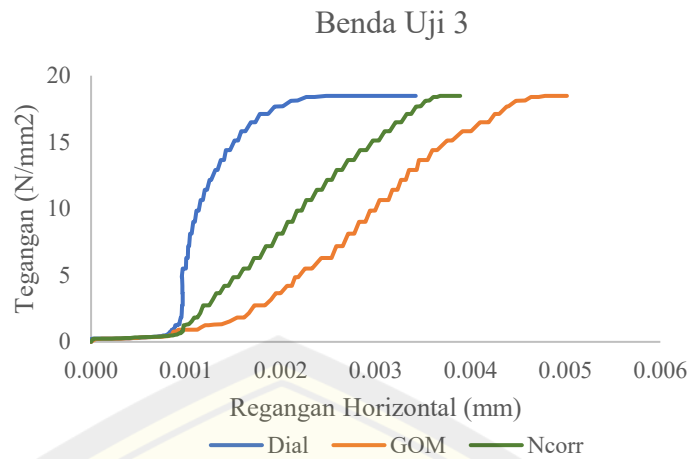
4.3.2. Regangan horizontal



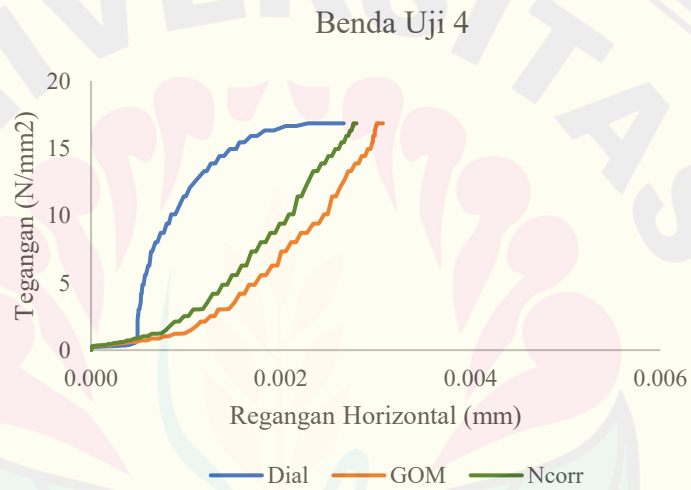
Gambar 4. 20 Grafik Perbandingan Regangan xx Konvensional Vs GOM *Correlate* Vs Ncorr Benda Uji 1



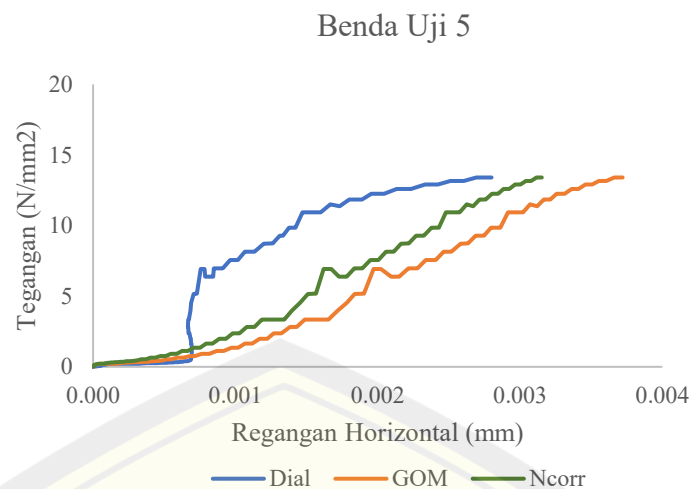
Gambar 4. 21 Grafik Perbandingan Regangan xx Konvensional Vs GOM *Correlate* Vs Ncorr Benda Uji 2



Gambar 4. 22 Grafik Perbandingan Regangan xx Konvensional Vs GOM *Correlate* Vs Ncorr Benda Uji 3



Gambar 4. 23 Grafik Perbandingan Regangan xx Konvensional Vs GOM *Correlate* Vs Ncorr Benda Uji 4



Gambar 4. 24 Grafik Perbandingan Regangan xx Konvensional Vs GOM *Correlate* Vs Ncorr Benda Uji 5

4.4 Analisa Hubungan Korelasi

Terdapat 3 metode pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini, yakni Bantuan *Dial Indicator*, metode DIC menggunakan software GOM *CORRELATE* dan metode DIC menggunakan software Matlab Ncorr. Hal ini perlu dikorelasikan antara Bantuan *Dial Indicator* dengan metode DIC menggunakan software GOM *CORRELATE* dan Bantuan *Dial Indicator* dengan metode DIC menggunakan software Matlab Ncorr. Korelasi tersebut menggunakan program bantu yakni SPSS dan ditunjukkan dalam bentuk tabel.

4.4.1. Regangan Vertikal

Tabel 4. 1 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Vertikal antara *Dial Indicator* vs GOM *Correlate*

Regangan Vertikal	
Benda Uji	Pearson Correlation
1	0.903
2	0.957
3	0.962
4	0.969
5	0.976
Rata-Rata	0.9534

Tabel 4. 2 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Vertikal antara *Dial Indicator* vs Matlab Ncorr

Regangan Vertikal	
Benda Uji	Pearson Correlation
1	0.980
2	0.963
3	0.974
4	0.967
5	0.977
Rata-Rata	0.9722

4.4.2. Regangan Horizontal

Tabel 4. 3 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Horizontal antara *Dial Indicator* vs GOM Correlate

Regangan Horizontal	
Benda Uji	Pearson Correlation
1	0.711
2	0.961
3	0.922
4	0.838
5	0.917
Rata-Rata	0.8698

Tabel 4. 4 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Horizontal antara *Dial Indicator* vs Matlab Ncorr

Regangan Horizontal	
Benda Uji	Pearson Correlation
1	0.782
2	0.89
3	0.931
4	0.863
5	0.916
Rata-Rata	0.8764

Dalam penelitian ini, penulis juga membandingkan ketiga metode tersebut dengan hasil perhitungan teoritis yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 5 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Horizontal antara *Dial Indicator* vs Teoritis

Regangan Vertikal	
Dial Vs Teoritis	
Benda Uji	Pearson Correlation
1	0.848
2	0.971
3	0.943
4	0.879
5	0.835
Rata-Rata	0.8952

Tabel 4. 6 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Horizontal antara *GOM Correlate* vs Teoritis

Regangan Vertikal	
GOM Vs Teoritis	
Benda Uji	Pearson Correlation
1	0.915
2	0.961
3	0.975
4	0.976
5	0.905
Rata-Rata	0.9464

Tabel 4. 7 Tabel Hubungan Korelasi Regangan Horizontal antara Matlab Ncorr vs Teoritis

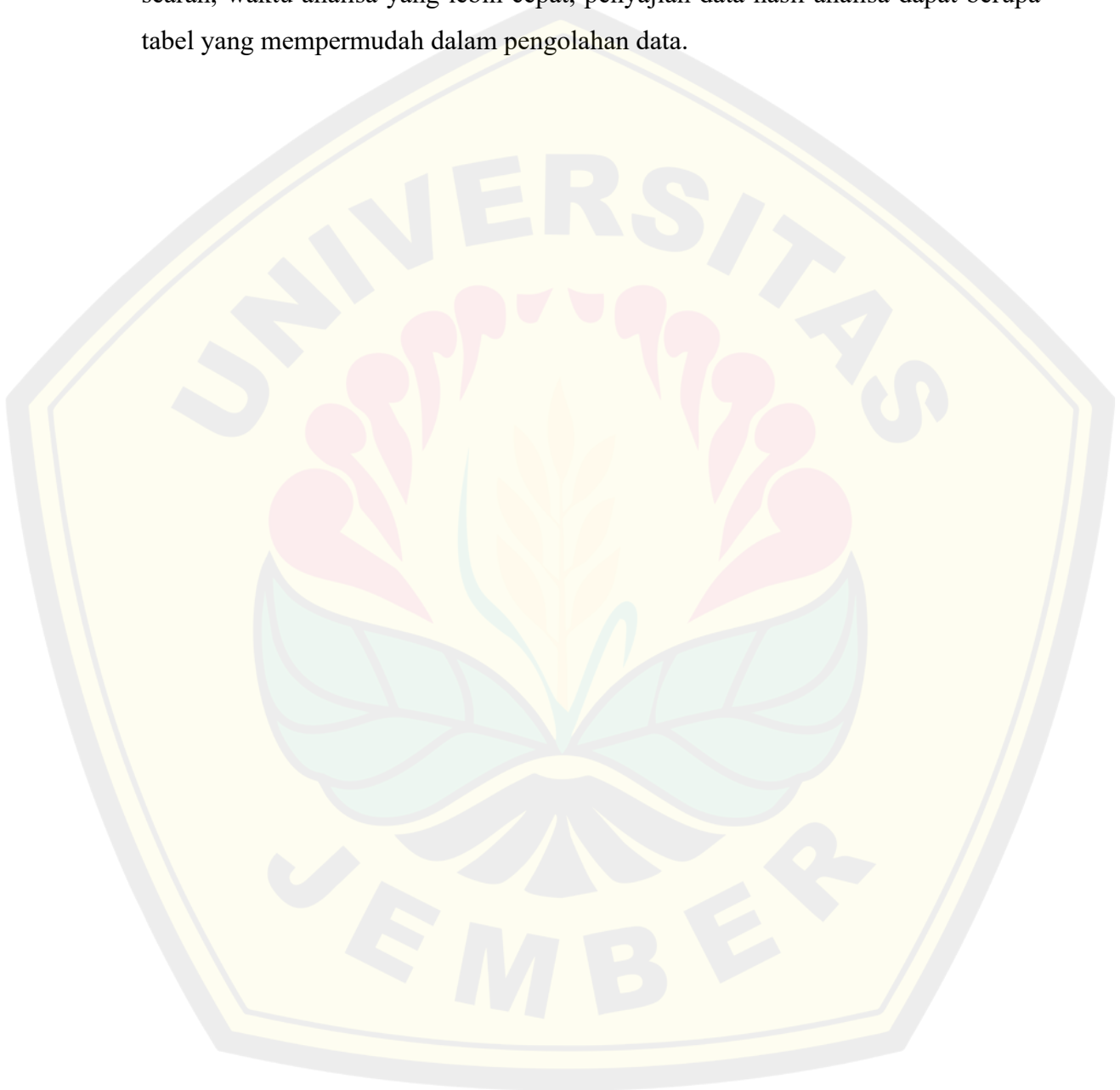
Regangan Vertikal	
Ncorr Vs Teoritis	
Benda Uji	Pearson Correlation
1	0.909
2	0.911
3	0.975
4	0.986
5	0.924
Rata-Rata	0.941

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, terdapat perbedaan yang dapat dilihat pada kedua aplikasi tersebut antara lain:

- Software Matlab Ncorr dapat menganalisa perpindahan vertikal, perpindahan horizontal, regangan-xx, regangan-yy, dan regangan-xy. Sedangkan software GOM *CORRELATE* dapat menganalisa perpindahan vertikal, perpindahan horizontal, regangan-xx, regangan-yy, dan regangan-xy, minor strain, dan major strain.
- Pada Matlab Ncorr hasil analisa perpindahan dan strain hanya berupa data panggilan dengan kata lain tidak berbentuk tabel dan mengharuskan untuk memasukan data satu persatu secara manual. Sedangkan pada software GOM *CORRELATE* hasil yang didapatkan berupa tabel maupun grafik.
- Matlab Ncorr membutuhkan waktu dalam melakukan proses running yang lebih lama dibandingkan dengan GOM *CORRELATE*.
- Matlab Ncorr menghasilkan warna kontur yang lebih kontras pada tahap pemetaan hasil displacement dibandingkan dengan GOM *CORRELATE*.
- Pada software GOM *CORRELATE* terkadang terdapat bagian yang tidak terbaca (speckle pattern tidak terbaca) sehingga harus dilakukan

pengaturan interpolasi. Sedangkan pada software Matlab Ncorr tidak ada kasus seperti ini, namun terkadang terdapat pembacaan yang kurang akurat seperti perpindahan horizontal yang sangat jauh sebelumnya.

Berdasarkan perbandingan kedua software diatas, penulis menganjurkan untuk menggunakan software dikarenakan hasil korelasi yang tergolong masih kuat dan searah, waktu analisa yang lebih cepat, penyajian data hasil analisa dapat berupa tabel yang mempermudah dalam pengolahan data.



BAB 5. KESIMPULAN, KETERBATASAN, DAN SARAN**5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis penelitian diatas didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Perpindahan (displacement), dan regangan (strain) menggunakan DIC pada beton silinder dengan aplikasi GOM *Correlate* 2D dan Matlab Ncorr menunjukkan hasil yang kuat dan searah. Hal ini dapat dilihat melalui perbandingan kemiringan antara perpindahan dengan GOM *Correlate* dan Matlab Ncorr sebesar 0.35% dan perbandingan rata-rata nilai korelasi antara regangan vertical dan horizontal dengan GOM *Correlate* dan Matlab Ncorr sebesar 1.97% dan 0.76%.
2. Hubungan antara gaya tekan vs hasil displacement dan gaya tekan vs hasil regangan dengan Metode Digital Image Correlation (DIC) menggunakan aplikasi GOM *Correlate* dan MatLab Ncorr pada beton silinder menunjukkan hasil yang kuat dan searah. Hal ini dapat dilihat melalui perbandingan kemiringan antara perpindahan dengan GOM *Correlate* dan Matlab Ncorr sebesar 0.35% dan perbandingan rata-rata nilai korelasi antara regangan vertical dan horizontal dengan GOM *Correlate* dan Matlab Ncorr sebesar 1.97% dan 0.76%.
3. Berdasarkan hasil analisa hubungan korelasi dapat dilihat bahwa pada regangan-yy, software GOM *CORRELATE* memiliki rata-rata nilai korelasi 0,9534, sedangkan software Matlab Ncorr memiliki rata-rata nilai korelasi 0,9722. Hal ini menunjukkan bahwa hasil software Matlab Ncorr lebih kuat dan searah dibandingkan software GOM *CORRELATE*. Dan pada regangan-xx, software GOM *CORRELATE* memiliki rata-rata nilai korelasi 0,8698, sedangkan software Matlab Ncorr memiliki rata-rata nilai korelasi 0,8764. Hal ini menunjukkan bahwa hasil software Matlab Ncorr lebih kuat dan searah dibandingkan software GOM *CORRELATE*.

Dari hasil diatas dapat dilihat persen kesalahan dari regangan vertical sebesar 1.97% dan regangan horizontal sebesar 0.76%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan analisa penelitian diatas, terdapat beberapa saran yang dapat diimplementasikan pada penelitian selanjutnya:

1. Alat bantu dalam pengukuran seperti dial gauge dan alat modulus elastisitas menghalangi permukaan beton yang mengakibatkan hasil analisis menggunakan DIC kurang akurat secara menyeluruh. Oleh karena itu, sebaiknya menggunakan alat bantu pengukuran yang tidak menghalangi permukaan benda uji sehingga foto permukaan beton dalam diambil secara menyeluruh.
2. Dalam pengambilan foto sebaiknya menggunakan tripod yang berkualitas tinggi untuk meminimalisir guncangan yang terjadi.
3. Dalam pengambilan foto sebaiknya menggunakan tethering kamera yang memudahkan dalam pengambilan foto dari jarak jauh. Sehingga hal ini meminimalisir guncangan yang terjadi di sekitar lingkungan pengujian.

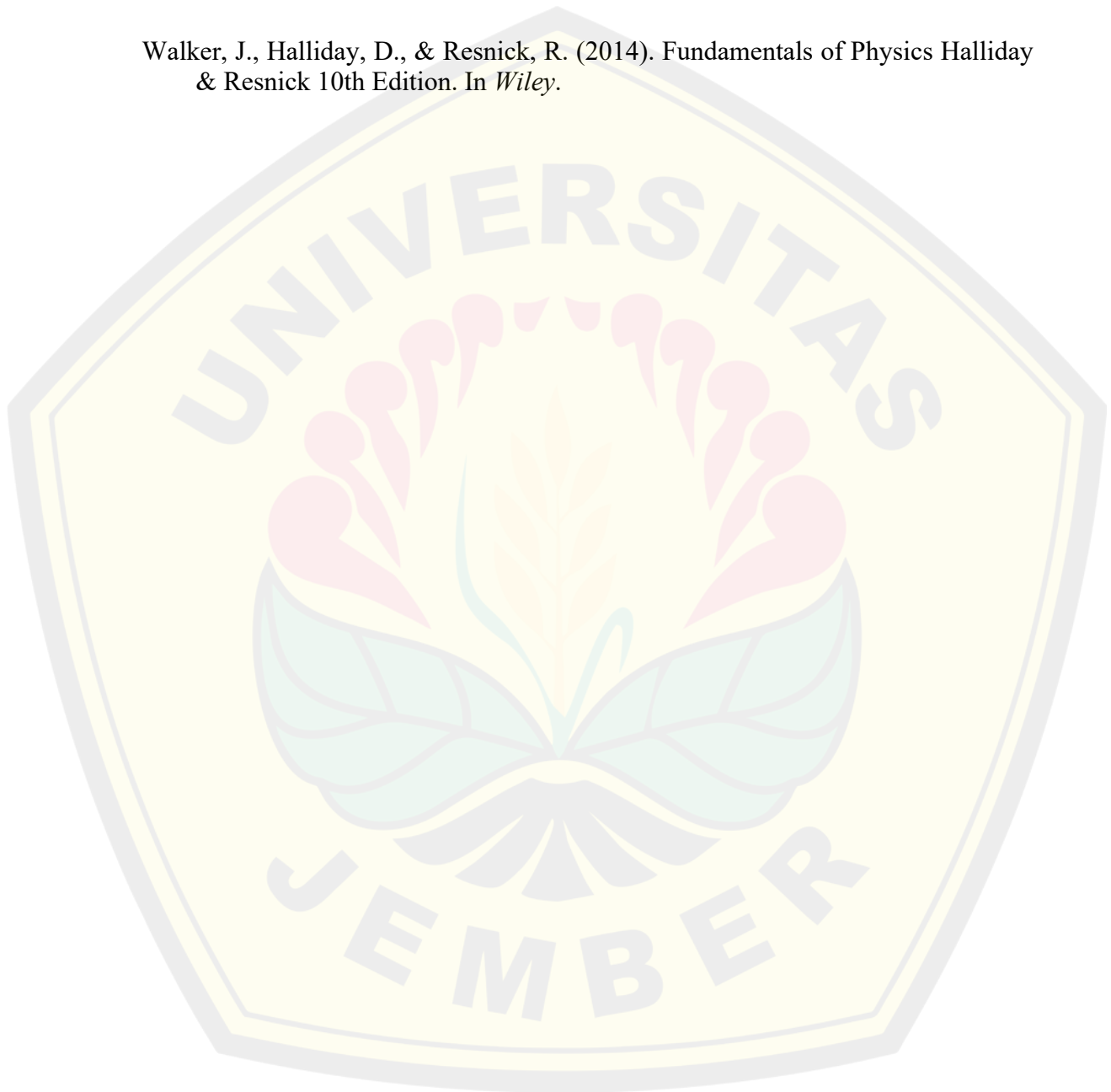
DAFTAR PUSTAKA

- Aldi, M. (2022). *Pengukuran Regangan, Lendutan, dan Retak menggunakan Metode Digital Image Correlation pada Balok Beton Bertulang dan Beton Silinder*. (Vol. 4, Issue 1).
- Atkinson, D., & Becker, T. H. (2021). Stereo digital image correlation in MATLAB. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/app11114904>
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Sni 03-2834-2000*, 1–34.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Sni 2847-2019*, 8, 720.
- Fathur Rahman, F., Adi Prakoso, W., Tjahjono, E., Sentosa, B. O. B., & Orientilize, M. (2019). Load-Displacement Response of Oil Palm Shell Concrete Compressive Test Using Digital Image Correlation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 498(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/498/1/012037>
- Sarwono, J. (2016). Metode Penelitian Kuantitatif & Kualitatif. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 6(August), 128.
- Saxena, A., & Patil, G. (2018). Development of Digital Image Correlation Technique for Tensile and Compressive Tests. *BITS Pilani, K. K. Birla Goa Campus*.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Pendidikan : (Kuantitatif Kualitatif dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Suryanita, R., Rahmadhan, W., & Kamaldi, A. (2019). Pemodelan Perilaku Tegangan dan Regangan Beton pada Suhu Tinggi dengan Software LUSAS. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 25(1), 155. <https://doi.org/10.14710/mkts.v25i1.20575>

Suryanto, B., & Staniforth, G. (2019). Monitoring the Shear Fatigue Response of Reinforced Concrete Beams Subjected to Moving Loads using Digital Image Correlation. *Civil Engineering Dimension*, 21(1), 6–12. <https://doi.org/10.9744/ced.21.1.6-12>

Ugural, A. C., & Fenster, S. K. (2012). Advanced Mechanics of Materials and Applied Elasticity. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Issue Mi).





Walker, J., Halliday, D., & Resnick, R. (2014). Fundamentals of Physics Halliday & Resnick 10th Edition. In *Wiley*.






LAMPIRAN



Lampiran 1. Pembuatan Benda Uji

No	Kegiatan	Gambar
1	Pengujian Bahan	
2	Pengujian Berat Volume Pasir dan Kerikil	
3	Pengujian Air Resapan Pasir dan Kerikil	
4	Pengujian Berat Jenis Pasir dan Kerikil	

<p>5</p>	<p>Pengujian Kelembapan Pasir dan Kerikil</p>	
<p>6</p>	<p>Pengecoran</p>	 <p>20 Okt 2023 21:41:34 8.16141715.115.7215306E Kecamatan Sumbasari Kabupaten Jember Jawa Timur</p>
<p>7</p>	<p>Pengujian Uji Slump</p>	 <p>19 Okt 2023 16:55:58 8.160926666666667S 113.72141000000002E 164 Jalan Mastrip Tegalgede Kecamatan Sumbasari Kabupaten Jember Jawa Timur</p>
<p>8</p>	<p>Penuangan dan perojokan beton segar ke dalam bekisting</p>	

9	Setting penempatan beton silinder (uji modulus elastisitas)	
10	Setting penempatan beton silinder (uji modulus elastisitas)	
11	Setting penempatan beton silinder (uji modulus elastisitas)	

Lampiran 2. Pengujian Benda Uji

No	Kegiatan	Gambar
1	Pengujian Uji Tekan Silinder	
2	Pengaturan Kompresometer Benda Uji Silinder Ukuran 15x30 cm	

Lampiran 3. Mix Design

Mutu beton	=	25 MPa
Slump	=	75-100 mm
Ukuran agregat kasar maksimum	=	37.5 mm
Berat kering oven agregat kasar	=	1600 kg/m ³
Berat jenis semen	=	3.43437 g/cm ³
Modulus kehalusan agregat halus	=	2.9354
Berat jenis (SSD) agregat halus	=	2.6738
Berat jenis (SSD) agregat kasar	=	2.68817
Penyerapan air agregat halus	=	0.60362 %
Penyerapan air agregat kasar	=	1.88572 %
Kadar air agregat kasar	=	0.09 %
Kadar air agregat halus	=	0.07 %

Lampiran 4. Tabel Hasil Regangan Vertikal dan Tegangan Bantuan Dial Indicator

Regangan Vertikal Dial Indicator									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
0.00000	0.0000000	0.00000	0.0000000	0.00000	0.0000000	0.00000	0.0000000	0.00000	0.0000000
0.16128	0.0000012	0.23767	0.0000006	0.23541	0.0000061	0.08828	0.0000061	0.11318	0.0000012
0.16637	0.0000012	0.26823	0.0000012	0.24050	0.0000121	0.22918	0.0000061	0.19070	0.0000012
0.17712	0.0000012	0.30162	0.0000055	0.26200	0.0000152	0.28521	0.0000061	0.21164	0.0000012
0.19976	0.0000012	0.35764	0.0000091	0.29766	0.0000182	0.31972	0.0000061	0.22183	0.0000012
0.21730	0.0000012	0.38254	0.0000182	0.32878	0.0000212	0.36556	0.0000091	0.22635	0.0000012
0.21956	0.0000012	0.41875	0.0000303	0.35311	0.0000303	0.39895	0.0000121	0.22635	0.0000012
0.22183	0.0000012	0.47591	0.0000485	0.38027	0.0000364	0.45271	0.0000152	0.22635	0.0000012
0.22352	0.0000012	0.55230	0.0000727	0.42385	0.0000485	0.52401	0.0000182	0.22692	0.0000012
0.22635	0.0000036	0.64737	0.0000970	0.56079	0.0000606	0.61059	0.0000242	0.33727	0.0000012
0.24390	0.0000041	0.90089	0.0001273	0.65246	0.0000818	0.71584	0.0000273	0.31237	0.0000024
0.27672	0.0000042	1.06669	0.0001636	0.76677	0.0001030	0.85222	0.0000303	0.33161	0.0000036
0.30728	0.0000044	1.26701	0.0002061	0.90824	0.0001333	1.02086	0.0000394	0.36160	0.0000048
0.32595	0.0000045	1.50695	0.0002545	1.11536	0.0001636	1.30719	0.0000485	0.40800	0.0000073
0.33896	0.0000048	1.78819	0.0003030	1.28116	0.0002000	1.77461	0.0000667	0.46968	0.0000097
0.34972	0.0000061	2.11301	0.0003576	1.54430	0.0002727	2.12490	0.0000848	0.54495	0.0000133
0.38593	0.0000068	3.04955	0.0004061	1.83629	0.0002909	2.53742	0.0001152	0.64454	0.0000176
0.42385	0.0000085	3.36475	0.0004606	2.73492	0.0003485	3.01673	0.0001455	1.05651	0.0000242
0.47308	0.0000103	3.88140	0.0005152	3.17178	0.0004091	3.56790	0.0001758	1.11592	0.0000291
0.53646	0.0000127	4.42748	0.0005758	3.66071	0.0004788	4.18868	0.0002121	1.35246	0.0000388
0.61625	0.0000158	4.97695	0.0006303	4.21074	0.0005515	4.98091	0.0002545	1.64163	0.0000497
0.71301	0.0000206	5.50888	0.0006970	4.82926	0.0006424	6.27792	0.0002970	1.98229	0.0000618
0.83072	0.0000255	6.02157	0.0007576	5.51963	0.0007394	7.32367	0.0003515	2.37841	0.0000739
2.24939	0.0000642	7.10128	0.0008121	6.30395	0.0008364	8.01971	0.0004121	2.83395	0.0000873
2.64268	0.0000764	7.63887	0.0008667	7.19239	0.0009485	8.71518	0.0004970	3.35003	0.0001030
3.08803	0.0000897	8.25116	0.0009273	9.01227	0.0010697	9.40896	0.0005939	5.05052	0.0001212
3.58601	0.0001055	8.89570	0.0009758	9.85204	0.0011879	10.08689	0.0007091	5.16765	0.0001455
4.13888	0.0001212	9.56854	0.0010182	10.34210	0.0013030	10.75746	0.0008455	5.78560	0.0001721
4.74494	0.0001442	10.27250	0.0010606	11.41785	0.0014030	11.42237	0.0010000	6.38770	0.0002012
6.47485	0.0001721	11.76756	0.0010909	12.17557	0.0015061	12.70636	0.0011758	6.97962	0.0002333
6.80702	0.0002061	12.54396	0.0011273	12.92706	0.0016091	13.30394	0.0013606	7.56531	0.0002691
7.50532	0.0002485	13.32771	0.0011515	13.66950	0.0017091	13.87152	0.0015455	8.14534	0.0003188
8.16288	0.0002958	14.11315	0.0011758	15.27322	0.0018030	14.42213	0.0017455	8.72197	0.0003648
8.77686	0.0003455	15.28057	0.0011879	15.83853	0.0019152	14.95406	0.0019576	9.32860	0.0004182
9.35237	0.0004000	16.02358	0.0011891	16.50062	0.0020424	15.45204	0.0021939	10.38284	0.0004764
10.40661	0.0004606	16.72018	0.0012061	17.11913	0.0022000	15.91097	0.0024545	10.89214	0.0005333
11.14452	0.0005309	17.99568	0.0012061	17.67539	0.0024182	16.32067	0.0028424	11.37993	0.0006036
11.61817	0.0005976	19.88234	0.0016545	18.12188	0.0025545	16.85486	0.0033333	11.83717	0.0006752
12.06409	0.0006630	19.88234	0.0018909	18.39407	0.0026394	16.85486	0.0039697	12.24517	0.0007527
12.47945	0.0007394	19.88234	0.0019576	18.48178	0.0028303	16.85486	0.0046667	12.60054	0.0008327
12.87160	0.0008085	19.88234	0.0020121	18.48178	0.0030061			12.90556	0.0009152
13.56877	0.0008812			18.48178	0.0032727			13.40523	0.0010061
13.90830	0.0009515			18.48178	0.0036667			13.50935	0.0010909
14.25236	0.0010242			18.48178	0.0041212			13.58349	0.0011867
14.58906	0.0011030			18.48178	0.0046364			13.64743	0.0012897

Regangan Vertikal Dial Indicator									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
14.90426	0.0011903							13.71364	0.0014000
15.19286	0.0012788							13.78777	0.0015079
15.67103	0.0013879							13.86190	0.0016364
15.84646	0.0015333							13.97281	0.0017758
15.98453	0.0016933							13.98696	0.0019224
16.04395	0.0018267							13.98696	0.0019758
16.04395	0.0019794							13.98696	0.0021612
16.04395	0.0021248							13.98696	0.0022873
16.04395	0.0022752							13.98696	0.0024182
16.04395	0.0024303							13.98696	0.0024364
16.04395	0.0025697							13.98696	0.0025758
16.04395	0.0027188							13.98696	0.0027333
16.04395	0.0028545							13.98696	0.0028970
16.04395	0.0029879							13.98696	0.0030145
16.04395	0.0031273							13.98696	0.0030473
16.04395	0.0032606							13.98696	0.0030558
16.04395	0.0032848							13.98696	0.0030642
16.04395	0.0033818							13.98696	0.0030703
16.04395	0.0034218							13.98696	0.0030752
16.04395	0.0034364							13.98696	0.0030788

Lampiran 5. Tabel Hasil Regangan Horizontal dan Tegangan Bantuan Dial Indicator

Regangan Horizontal Dial Indicator									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
0	0.00000000	0	0.00000000	0	0.00000000	0	0.00000000	0	0.00000000
0.068472	0.00003333	0.071867	0.00000667	0.200889	0.0000067	0.088278	0.00000000	0.057154308	0.0000444
0.102425	0.00013333	0.114875	0.00005333	0.200889	0.0000222	0.088278	0.00000000	0.057154308	0.0000556
0.119402	0.00020000	0.153355	0.00006667	0.222393	0.0000044	0.229183	0.00000000	0.158447588	0.0000667
0.119402	0.00028667	0.185044	0.00008000	0.222393	0.0000089	0.229183	0.00000000	0.158447588	0.0000889
0.142037	0.00040000	0.185044	0.00012667	0.232013	0.0000133	0.283508	0.00019778	0.188439453	0.0001000
0.142037	0.00046667	0.183912	0.00013333	0.232013	0.0000133	0.283508	0.00022222	0.188439453	0.0001111
0.157316	0.00053333	0.207114	0.00016000	0.233144	0.0000422	0.321988	0.00026222	0.211640707	0.0001111
0.157316	0.00066667	0.208811	0.00016667	0.233144	0.0000844	0.321988	0.00028889	0.213904244	0.0001111
0.161277	0.00080000	0.218431	0.00017333	0.235408	0.0001333	0.345755	0.00032222	0.221826623	0.0001111
0.161277	0.00082000	0.218431	0.00019333	0.235408	0.0001978	0.345755	0.00035556	0.225221928	0.0001111
0.161277	0.00088000	0.220695	0.00020000	0.240501	0.0002422	0.365561	0.00037556	0.226353697	0.0001111
0.161277	0.00088667	0.224656	0.00014667	0.240501	0.0002889	0.365561	0.00037778	0.226353697	0.0001111
0.16637	0.00089333	0.224656	0.00003333	0.262004	0.0003444	0.398948	0.00040000	0.226353697	0.0001333
0.16637	0.00089667	0.225788	0.00013333	0.262004	0.0004000	0.398948	0.00040667	0.226353697	0.0001556
0.177122	0.00090000	0.225788	0.00026667	0.297655	0.0004444	0.452707	0.00042222	0.226353697	0.0002000
0.177122	0.00090667	0.237671	0.00033333	0.297655	0.0004889	0.452707	0.00044000	0.226919581	0.0002667
0.199757	0.00091333	0.237671	0.00040000	0.328779	0.0005333	0.524009	0.00044889	0.226919581	0.0003222
0.199757	0.00086667	0.268229	0.00053333	0.328779	0.0005733	0.524009	0.00046444	0.256911446	0.0003778
0.213338	0.00086000	0.268229	0.00066667	0.353112	0.0006000	0.610589	0.00047111	0.256911446	0.0004444
0.213338	0.00085333	0.320856	0.00080000	0.353112	0.0006267	0.610589	0.00047556	0.291996269	0.0004889
0.2173	0.00081333	0.320856	0.00093333	0.38084	0.0006667	0.718107	0.00047778	0.291996269	0.0005178
0.2173	0.00080667	0.321988	0.00100000	0.38084	0.0006889	0.718107	0.00048000	0.312368102	0.0005333
0.220129	0.00080800	0.333306	0.00110000	0.423847	0.0007222	0.852222	0.00048444	0.312368102	0.0005556
0.220129	0.00080867	0.385933	0.00113333	0.423847	0.0007444	0.852222	0.00048667	0.331608166	0.0005778
0.221827	0.00080933	0.385933	0.00119333	0.485529	0.0007600	1.020855	0.00048889	0.331608166	0.0006000
0.221827	0.00081000	0.382538	0.00120000	0.485529	0.0007778	1.020855	0.00048889	0.361600031	0.0006178
0.223524	0.00081067	0.382538	0.00120667	0.539854	0.0008000	1.230232	0.00048889	0.361600031	0.0006267
0.223524	0.00086667	0.418754	0.00122000	0.561923	0.0008022	1.230232	0.00048889	0.408002539	0.0006444
0.226354	0.00086700	0.418754	0.00126667	0.652465	0.0008200	1.233062	0.00048889	0.408002539	0.0006622
0.226354	0.00086733	0.477606	0.00128000	0.653596	0.0008222	1.476958	0.00048889	0.411397844	0.0006711
0.229183	0.00086767	0.477606	0.00133333	0.767339	0.0008333	1.808566	0.00048889	0.469683921	0.0006844
0.255214	0.00086800	0.535326	0.00134667	0.767339	0.0008444	2.124895	0.00048889	0.544946525	0.0006889
0.255214	0.00086833	0.552303	0.00138000	0.908244	0.0008511	2.124895	0.00049111	0.544946525	0.0006889
0.255214	0.00086867	0.647372	0.00140000	0.908244	0.0008667	2.535727	0.00049333	0.644542152	0.0006889
0.276717	0.00086900	0.647372	0.00141333	1.083102	0.0008822	2.535727	0.00049778	0.644542152	0.0006911
0.276717	0.00086933	0.761114	0.00145333	1.247209	0.0008889	3.018427	0.00050000	0.771866106	0.0006911
0.308407	0.00086967	0.761114	0.00146667	1.247209	0.0009111	3.018427	0.00050667	0.771866106	0.0006933
0.308407	0.00087000	0.878252	0.00149333	1.301534	0.0009133	3.046721	0.00051111	0.926352504	0.0006933
0.325383	0.00087033	0.878252	0.00153333	1.317944	0.0009333	3.5679	0.00052222	0.926352504	0.0006933
0.333306	0.00087067	1.066692	0.00156000	1.544298	0.0009356	4.188675	0.00052889	1.115923725	0.0006933
0.338965	0.00087100	1.066692	0.00160000	1.836294	0.0009444	4.188675	0.00053333	1.115923725	0.0006933
0.348019	0.00087133	1.276069	0.00166667	1.836294	0.0009533	4.868868	0.00054222	1.352463339	0.0006933
0.348019	0.00087167	1.300968	0.00173333	2.163375	0.0009556	4.868868	0.00055556	1.352463339	0.0006933
0.349151	0.00087200	1.50695	0.00176667	2.734919	0.0009578	5.575092	0.00056667	1.641630186	0.0006911

Regangan Horizontal Dial Indicator									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
0.364429	0.00087233	1.508082	0.00180000	2.734919	0.0009600	5.575092	0.00057778	1.641630186	0.0006889
0.385933	0.00087267	1.788194	0.00186667	2.738314	0.0009667	6.27792	0.00060000	1.9822925	0.0006867
0.389328	0.00087300	1.788194	0.00188000	3.171781	0.0009644	6.27792	0.00061556	1.9822925	0.0006844
0.421584	0.00087333	2.146965	0.00192667	3.660705	0.0009656	7.323674	0.00063333	2.37841147	0.0006778
0.421584	0.00087367	2.481402	0.00194667	3.660705	0.0009622	7.323674	0.00064444	2.37841147	0.0006711
0.473079	0.00087400	2.481402	0.00199333	4.212442	0.0009622	8.019711	0.00067778	2.833948284	0.0006689
0.473079	0.00087433	2.481402	0.00200000	4.212442	0.0009611	8.019711	0.00070000	2.833948284	0.0006667
0.534761	0.00087467	2.930714	0.00202000	4.863209	0.0009578	8.715183	0.00073333	3.350034713	0.0006689
0.536458	0.00087500	2.930714	0.00206000	4.863209	0.0009556	8.715183	0.00076667	3.350034713	0.0006689
0.616248	0.00087533	3.364182	0.00209333	5.519635	0.0009667	9.40726	0.00079556	3.350034713	0.0006711
0.616248	0.00087567	3.8814	0.00212667	5.519635	0.0010000	9.40726	0.00082222	3.354561787	0.0006733
0.713014	0.00087600	3.8814	0.00216000	6.308478	0.0010044	10.08689	0.00084444	3.969677958	0.0006844
0.716409	0.00087633	3.8814	0.00219333	6.308478	0.0010200	10.08689	0.00088889	4.5355622	0.0006889
0.829586	0.00087667	4.461431	0.00222667	7.192389	0.0010222	11.42237	0.00097556	5.167654899	0.0007067
0.829586	0.00087700	4.461431	0.00226667	7.192389	0.0010333	11.42237	0.00100000	5.171050204	0.0007289
0.971623	0.00087733	4.976952	0.00230667	8.119873	0.0010444	12.07427	0.00104000	6.917368975	0.0007556
0.971623	0.00087767	5.537177	0.00233333	8.119873	0.0010600	12.70636	0.00111778	6.919632512	0.0007822
1.14535	0.00087800	5.537177	0.00237333	9.012272	0.0010778	13.30394	0.00119111	6.387701325	0.0007889
1.14535	0.00087833	6.022706	0.00240000	9.012272	0.0010933	13.30394	0.00121778	6.387701325	0.0008444
1.35699	0.00087867	6.022706	0.00241333	9.852045	0.0011111	13.87152	0.00126222	6.979616242	0.0008489
1.35699	0.00087900	6.023838	0.00245333	9.852045	0.0011333	13.87492	0.00131111	6.982445663	0.0009111
1.609375	0.00087933	6.533134	0.00246667	10.64768	0.0011556	14.42213	0.00135333	7.565306433	0.0009622
1.609375	0.00087967	7.099018	0.00252000	10.64768	0.0011778	14.42213	0.00140000	7.565306433	0.0010178
1.904766	0.00088000	7.067328	0.00253333	11.41558	0.0012000	14.95519	0.00146222	8.145337781	0.0010667
1.905898	0.00088033	7.067328	0.00254667	11.41558	0.0012222	14.95519	0.00152889	8.145337781	0.0011333
2.24939	0.00088067	7.616236	0.00258667	12.17557	0.0012489	15.45204	0.00156222	8.724237361	0.0012000
2.24939	0.00088100	8.255685	0.00260000	12.17557	0.0012644	15.45204	0.00161778	8.736686814	0.0012622
2.642679	0.00088133	8.255685	0.00262667	12.92706	0.0013111	15.91097	0.00168444	9.294648677	0.0013111
2.642679	0.00088167	8.929653	0.00266000	12.92706	0.0013333	15.91097	0.00175111	9.294648677	0.0013333
3.08803	0.00088200	8.934746	0.00267333	13.6695	0.0013667	16.32237	0.00182889	9.849215234	0.0013778
3.08803	0.00088233	9.568537	0.00272000	13.6695	0.0014000	16.32237	0.00192889	9.850912887	0.0014222
3.586008	0.00088267	9.568537	0.00273333	14.40685	0.0014222	16.6568	0.00205111	10.94872832	0.0014711
3.58714	0.00088300	10.2725	0.00278667	14.40685	0.0014667	16.6568	0.00216222	10.94872832	0.0015556
4.138877	0.00088333	10.2725	0.00280000	15.13627	0.0015111	16.85486	0.00228444	10.94872832	0.0016000
4.138877	0.00088367	11.00645	0.00283333	15.13627	0.0015511	16.85486	0.00240667	11.51008548	0.0016667
4.699669	0.00088400	11.00645	0.00286000	15.83853	0.0015822	16.85486	0.00252889	11.37993211	0.0017333
4.699669	0.00088433	11.76756	0.00287333	15.83853	0.0016267	16.85486	0.00266222	11.83716658	0.0018000
5.403063	0.00088467	11.76756	0.00290000	16.50062	0.0016844	16.85486	0.00279556	11.83716658	0.0018889
5.403063	0.00088500	12.54169	0.00292667	16.50062	0.0017333			12.24516911	0.0019556
6.094007	0.00088533	12.54169	0.00293333	17.11913	0.0017778			12.24516911	0.0020444
6.094007	0.00088567	13.32771	0.00296667	17.11913	0.0018667			12.60054442	0.0021333
6.79344	0.00088600	13.32771	0.00300000	17.67766	0.0019333			12.60054442	0.0022333
7.508718	0.00088633	14.11315	0.00300667	17.71161	0.0020222			12.90555603	0.0023333
7.508718	0.00088667	14.11315	0.00303333	18.12188	0.0021067			12.90555603	0.0024222
7.508718	0.00088700	15.28057	0.00306000	18.12471	0.0021778			13.15284744	0.0025111

Regangan Horizontal Dial Indicator									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
8.16288	0.000887333	15.28057	0.003073333	18.39407	0.002266667			13.15284744	0.002604444
8.666517	0.000887667	16.05697	0.003086667	18.39407	0.002355556			13.40523181	0.002693333
8.833453	0.000888	16.05697	0.003126667	18.48178	0.002477778			13.40523181	0.0028
8.951157	0.000888333	16.72018	0.003133333	18.48178	0.002555556			13.50935451	0.002877778
9.352369	0.000888667	16.72018	0.003153333	18.48178	0.002644444				
9.578723	0.000889	17.37661	0.003186667	18.48178	0.002722222				
9.851479	0.000889333	17.99568	0.0032	18.48178	0.002811111				
10.35002	0.001045333	17.99568	0.0032	18.48178	0.0029				
10.35908	0.001178667	18.54912	0.0032	18.48178	0.003				
11.09359	0.001378667	18.54912	0.0032	18.48178	0.003106667				
11.14452	0.001512	18.98881	0.0032	18.48178	0.003211111				
11.82359	0.001578667	18.98881	0.0032	18.48178	0.003317778				
11.61987	0.001712	19.33344	0.0032	18.48178	0.003422222				
11.88074	0.001912	19.55753	0.0032	18.48178	0.00354				
12.09804	0.002045333	19.60563	0.0032						
12.09804	0.002312	19.60563	0.0032						
12.48058	0.002478667	19.7901	0.0032						
12.8716	0.002645333	19.7918	0.0032						
12.8716	0.002845333	19.88234	0.0032						
13.13361	0.003012	19.89366	0.0032						
13.18793	0.003178667	19.89366	0.0032						
13.22754	0.003378667	19.9163	0.0032						
13.56707	0.003545333	19.9163	0.0032						
13.90661	0.003712	19.9163	0.003233333						
13.9083	0.003912	19.9163	0.003266667						
14.20652	0.004078667	19.9163	0.0033						
14.20652	0.004245333	19.9163	0.003333333						
14.54379	0.004478667	19.9163	0.0032						
14.54379	0.004645333	19.9163	0.003366667						
14.88728	0.004845333	19.9163	0.0034						
14.93651	0.005078667	19.9163	0.003866667						
15.1906	0.005312	19.9163	0.004333333						
15.1906	0.005545333	19.9163	0.004866667						
15.45147	0.005778667								
15.45147	0.006045333								
15.50466	0.006312								

Lampiran 6. Tabel Hasil Regangan Vertikal dan Tegangan menggunakan Software GOM Correlate

Regangan Vertikal GOM Correlate									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
0	0.00000000	0	0	0	0	0	0	0	0.00000000
0.161277	0.00029800	0.237671	0.000159	0.235408	0.000504	0.088278	0.000144	0.113177	0.0000117
0.16637	0.00040900	0.268229	0.000187	0.240501	0.000591	0.229183	0.00019	0.190703	0.0000373
0.177122	0.00045600	0.301616	0.00021	0.262004	0.000649	0.285206	0.000236	0.211641	0.0000523
0.199757	0.00049650	0.357639	0.000242	0.297655	0.000707	0.319725	0.000282	0.221827	0.0000933
0.2173	0.00061000	0.382538	0.000307	0.328779	0.000778	0.365561	0.00035	0.226354	0.0001190
0.219563	0.00071000	0.418754	0.000331	0.353112	0.000875	0.398948	0.000372	0.226354	0.0001640
0.221827	0.00074000	0.475909	0.000336	0.380274	0.001009	0.452707	0.000449	0.226354	0.0002050
0.223524	0.00079050	0.552303	0.000359	0.423847	0.001091	0.524009	0.000667	0.22692	0.0002317
0.226354	0.00086300	0.647372	0.000407	0.560791	0.001134	0.610589	0.000871	0.337267	0.0002480
0.243896	0.00092800	0.900888	0.000409	0.652465	0.001173	0.715844	0.000913	0.312368	0.0002817
0.276717	0.00101100	1.066692	0.00042	0.766773	0.001233	0.852222	0.000992	0.331608	0.0002920
0.307275	0.00111550	1.267015	0.00046	0.908244	0.001302	1.020855	0.000998	0.3616	0.0003230
0.325949	0.00118100	1.50695	0.00048	1.115358	0.001386	1.307193	0.001108	0.408003	0.0003283
0.338965	0.00118950	1.788194	0.000496	1.281162	0.001439	1.774613	0.001143	0.469684	0.0004240
0.349716	0.00122900	2.113012	0.000531	1.544298	0.001524	2.124895	0.001311	0.544947	0.0004700
0.385933	0.00124750	3.04955	0.000537	1.836294	0.001601	2.537425	0.001467	0.644542	0.0005153
0.423847	0.00128600	3.364748	0.000544	2.734919	0.001699	3.016729	0.001495	1.056506	0.0006070
0.473079	0.00133250	3.8814	0.000586	3.171781	0.001812	3.5679	0.001585	1.115924	0.0006680
0.536458	0.00135050	4.427478	0.000599	3.660705	0.001909	4.188675	0.00163	1.352463	0.0006930
0.616248	0.00136200	4.976952	0.000664	4.210745	0.002048	4.980913	0.001755	1.64163	0.0007737
0.713014	0.00140850	5.508883	0.000686	4.829256	0.002174	6.27792	0.001839	1.982293	0.0007980
0.830718	0.00141100	6.021574	0.000721	5.519635	0.002266	7.323674	0.001902	2.378411	0.0008620
2.24939	0.00142000	7.101281	0.000778	6.30395	0.002389	8.019711	0.002074	2.833948	0.0008683
2.642679	0.00142250	7.638871	0.000851	7.192389	0.002507	8.715183	0.002201	3.350035	0.0009397
3.08803	0.00153200	8.251158	0.000881	9.012272	0.002635	9.408957	0.002275	5.050517	0.0009793
3.586008	0.00156400	8.8957	0.00093	9.852045	0.002849	10.08689	0.002413	5.167655	0.0010433
4.138877	0.00158000	9.568537	0.000999	10.3421	0.002986	10.75746	0.002688	5.7856	0.0011013
4.744939	0.00167750	10.2725	0.001045	11.41785	0.003067	11.42237	0.002825	6.387701	0.0011773
6.474847	0.00170000	11.76756	0.001349	12.17557	0.003197	12.70636	0.003044	6.979616	0.0012307
6.807022	0.00173500	12.54396	0.001421	12.92706	0.003322	13.30394	0.003132	7.565306	0.0013090
7.505323	0.00177550	13.32771	0.001488	13.6695	0.003444	13.87152	0.003332	8.145338	0.0014017
8.16288	0.00180400	14.11315	0.001553	15.27322	0.003622	14.42213	0.003584	8.721974	0.0014247
8.776865	0.00185150	15.28057	0.001608	15.83853	0.003785	14.95406	0.003895	9.328602	0.0014880
9.352369	0.00187550	16.02358	0.001697	16.50062	0.003935	15.45204	0.004143	10.38284	0.0015597
10.40661	0.00189300	16.72018	0.001779	17.11913	0.004057	15.91097	0.004359	10.89214	0.0016190
11.14452	0.00194150	17.99568	0.001847	17.67539	0.004208	16.32067	0.00458	11.37993	0.0016810
11.61817	0.00196150	19.88234	0.002046	18.12188	0.004413	16.85486	0.004831	11.83717	0.0017893
12.06409	0.00196350	19.88234	0.002393	18.39407	0.00461	16.85486	0.005005	12.24517	0.0018550
12.47945	0.00197650	19.88234	0.002797	18.48178	0.004826	16.85486	0.005174	12.60054	0.0019200
12.8716	0.00197950	19.88234	0.003168	18.48178	0.00499			12.90556	0.0019493
13.56877	0.00199350			18.48178	0.005132			13.40523	0.0020543
13.9083	0.00200100			18.48178	0.005294			13.50935	0.0020783
14.25236	0.00202550			18.48178	0.005494			13.58349	0.0021870
14.58906	0.00209500			18.48178	0.005667			13.64743	0.0022493

Regangan Vertikal GOM Correlate				
Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3	Benda Uji 4	Benda Uji 5
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan
14.90426	0.002128			13.71364 0.002343
15.19286	0.002241			13.78777 0.002447
15.67103	0.002321			13.8619 0.002589
15.84646	0.002428			13.97281 0.002721
15.98453	0.002499			13.98696 0.002804
16.04395	0.002617			13.98696 0.00298
16.04395	0.002674			13.98696 0.003175
16.04395	0.002729			13.98696 0.003344
16.04395	0.002732			13.98696 0.00345
16.04395	0.002809			13.98696 0.003525
16.04395	0.002873			13.98696 0.003678
16.04395	0.002953			13.98696 0.003716
16.04395	0.002959			13.98696 0.003777
16.04395	0.002963			13.98696 0.003845
16.04395	0.003091			13.98696 0.003884
16.04395	0.003153			13.98696 0.004028
16.04395	0.003174			13.98696 0.004171
16.04395	0.003202			13.98696 0.004277
16.04395	0.003224			13.98696 0.004441
16.04395	0.00328			13.98696 0.004602

Lampiran 7. Tabel Hasil Regangan Horizontal dan Tegangan menggunakan Software GOM Correlate

Regangan Horizontal GOM Correlate									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
0	0.00000000	0	0.00000000	0	0.00000000	0	0.00000000	0	0.00000000
0.068472	0.00001073	0.071867	0.00000573	0.200889	0.0000367	0.088278	0.00000280	0.057154	0.0000004
0.102425	0.00001867	0.114875	0.00000747	0.200889	0.0000490	0.088278	0.00000340	0.057154	0.0000006
0.119402	0.00002760	0.153355	0.00001460	0.222393	0.0000537	0.229183	0.00000440	0.158448	0.0000186
0.119402	0.00004713	0.185044	0.00002660	0.222393	0.0000970	0.229183	0.00001840	0.158448	0.0000210
0.142037	0.00005553	0.185044	0.00003833	0.232013	0.0001137	0.283508	0.00002120	0.188439	0.0000354
0.142037	0.00006060	0.183912	0.00005133	0.232013	0.0001460	0.283508	0.00002720	0.188439	0.0000442
0.157316	0.00008153	0.207114	0.00006847	0.233144	0.0001523	0.321988	0.00003080	0.211641	0.0000528
0.157316	0.00010533	0.208811	0.00008800	0.233144	0.0001960	0.321988	0.00004620	0.213904	0.0000650
0.161277	0.00013013	0.218431	0.00010553	0.235408	0.0002183	0.345755	0.00007700	0.221827	0.0000846
0.161277	0.00016127	0.218431	0.00012400	0.235408	0.0002540	0.345755	0.00010880	0.225222	0.0000974
0.161277	0.00019140	0.220695	0.00014453	0.240501	0.0002793	0.365561	0.00014040	0.226354	0.0001054
0.161277	0.00022827	0.224656	0.00017120	0.240501	0.0003137	0.365561	0.00017000	0.226354	0.0001158
0.16637	0.00026127	0.224656	0.00019613	0.262004	0.0003670	0.398948	0.00019700	0.226354	0.0001330
0.16637	0.00029993	0.225788	0.00022287	0.262004	0.0004097	0.398948	0.00021260	0.226354	0.0001446
0.177122	0.00034247	0.225788	0.00025307	0.297655	0.0004427	0.452707	0.00023500	0.226354	0.0001618
0.177122	0.00037960	0.237671	0.00028047	0.297655	0.0004890	0.452707	0.00027040	0.22692	0.0001648
0.199757	0.00041227	0.237671	0.00031180	0.328779	0.0005187	0.524009	0.00031580	0.22692	0.0001750
0.199757	0.00044700	0.268229	0.00034947	0.328779	0.0005683	0.524009	0.00036440	0.256911	0.0001784
0.213338	0.00048153	0.268229	0.00038333	0.353112	0.0006280	0.610589	0.00041300	0.256911	0.0001926
0.213338	0.00050867	0.320856	0.00042413	0.353112	0.0006677	0.610589	0.00047080	0.291996	0.0002150
0.2173	0.00054873	0.320856	0.00046107	0.38084	0.0007203	0.718107	0.00052900	0.291996	0.0002312
0.2173	0.00059253	0.321988	0.00050220	0.38084	0.0007520	0.718107	0.00058840	0.312368	0.0002384
0.220129	0.00064073	0.333306	0.00054787	0.423847	0.0007973	0.852222	0.00063920	0.312368	0.0002600
0.220129	0.00068827	0.385933	0.00059733	0.423847	0.0008183	0.852222	0.00071500	0.331608	0.0002862
0.221827	0.00074440	0.385933	0.00065100	0.485529	0.0008203	1.020855	0.00077020	0.331608	0.0003204
0.221827	0.00079660	0.382538	0.00071240	0.485529	0.0008377	1.020855	0.00081600	0.3616	0.0003496
0.223524	0.00085133	0.382538	0.00077160	0.539854	0.0008413	1.230232	0.00088140	0.3616	0.0003824
0.223524	0.00089760	0.418754	0.00084400	0.561923	0.0008557	1.230232	0.00093680	0.408003	0.0004116
0.226354	0.00095120	0.418754	0.00092527	0.652465	0.0008627	1.233062	0.00098640	0.408003	0.0004274
0.226354	0.00100553	0.477606	0.00094760	0.653596	0.0008647	1.476958	0.00104920	0.411398	0.0004640
0.229183	0.00105900	0.477606	0.00097220	0.767339	0.0008690	1.808566	0.00111300	0.469684	0.0004950
0.255214	0.00110660	0.535326	0.00099667	0.767339	0.0008953	2.124895	0.00115400	0.544947	0.0005254
0.255214	0.00115853	0.552303	0.00102593	0.908244	0.0009213	2.124895	0.00120180	0.544947	0.0005500
0.255214	0.00120607	0.647372	0.00105160	0.908244	0.0011213	2.535727	0.00126040	0.644542	0.0005916
0.276717	0.00125060	0.647372	0.00112867	1.083102	0.0011567	2.535727	0.00130160	0.644542	0.0006354
0.276717	0.00128127	0.761114	0.00115547	1.247209	0.0012013	3.018427	0.00133940	0.771866	0.0006816
0.308407	0.00129200	0.761114	0.00117807	1.247209	0.0012380	3.018427	0.00138860	0.771866	0.0007168
0.308407	0.00132100	0.878252	0.00121013	1.301534	0.0012950	3.046721	0.00145220	0.926353	0.0007638
0.325383	0.00135507	0.878252	0.00123773	1.317944	0.0013783	3.5679	0.00151460	0.926353	0.0008172
0.333306	0.00139173	1.066692	0.00126867	1.544298	0.0014620	4.188675	0.00156500	1.115924	0.0008684
0.338965	0.00142440	1.066692	0.00129627	1.836294	0.0015400	4.188675	0.00161560	1.115924	0.0009172
0.348019	0.00145807	1.276069	0.00132653	1.836294	0.0016143	4.868868	0.00166460	1.352463	0.0009720
0.348019	0.00148907	1.300968	0.00135767	2.163375	0.0016637	4.868868	0.00172560	1.352463	0.0010186
0.349151	0.00152867	1.50695	0.00138727	2.734919	0.0017207	5.575092	0.00178760	1.64163	0.0010660

Regangan Horizontal GOM Correlate									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
0.364429	0.00157453	1.508082	0.00141960	2.734919	0.0017830	5.575092	0.00184320	1.64163	0.0011174
0.385933	0.00161847	1.788194	0.00144813	2.738314	0.0018333	6.27792	0.00190800	1.982293	0.0011694
0.389328	0.00163413	1.788194	0.00147800	3.171781	0.0018970	6.27792	0.00196600	1.982293	0.0012246
0.421584	0.00165413	2.146965	0.00151160	3.660705	0.0019477	7.323674	0.00200660	2.378411	0.0012692
0.421584	0.00169847	2.481402	0.00155107	3.660705	0.0019990	7.323674	0.00205240	2.378411	0.0013234
0.473079	0.00172793	2.481402	0.00158160	4.212442	0.0020667	8.019711	0.00210800	2.833948	0.0013832
0.473079	0.00177033	2.481402	0.00161673	4.212442	0.0021150	8.019711	0.00216000	2.833948	0.0014314
0.534761	0.00180587	2.930714	0.00165107	4.863209	0.0021507	8.715183	0.00221220	3.350035	0.0014882
0.536458	0.00183727	2.930714	0.00167667	4.863209	0.0021847	8.715183	0.00227560	3.350035	0.0015446
0.616248	0.00186447	3.364182	0.00170533	5.519635	0.0022543	9.40726	0.00234240	3.350035	0.0016048
0.616248	0.00190787	3.8814	0.00173333	5.519635	0.0023290	9.40726	0.00239840	3.354562	0.0016548
0.713014	0.00193533	3.8814	0.00176020	6.308478	0.0024267	10.08689	0.00245560	3.969678	0.0017192
0.716409	0.00197527	3.8814	0.00178787	6.308478	0.0025333	10.08689	0.00249460	4.535562	0.0017820
0.829586	0.00202727	4.461431	0.00181380	7.192389	0.0025857	10.75746	0.00254040	5.167655	0.0018388
0.829586	0.00206753	4.461431	0.00184493	7.192389	0.0026530	11.42237	0.00258240	5.17105	0.0019030
0.971623	0.00211587	4.976952	0.00186713	8.119873	0.0027097	11.42237	0.00262360	6.917369	0.0019702
0.971623	0.00216040	5.537177	0.00188900	8.119873	0.0027737	12.07427	0.00267580	6.919633	0.0020232
1.14535	0.00222000	5.537177	0.00191060	9.012272	0.0028237	12.70636	0.00271060	6.387701	0.0020938
1.14535	0.00225513	6.022706	0.00193700	9.012272	0.0028927	12.70636	0.00274000	6.387701	0.0021518
1.35699	0.00229160	6.022706	0.00201220	9.852045	0.0029400	13.30394	0.00278400	6.979616	0.0022150
1.35699	0.00236367	6.023838	0.00204207	9.852045	0.0029927	13.30394	0.00282100	6.982446	0.0022792
1.609375	0.00238253	6.533134	0.00211793	10.64768	0.0030420	13.87152	0.00285040	7.565306	0.0023382
1.609375	0.00242500	7.099018	0.00219733	10.64768	0.0031337	13.87492	0.00289020	7.565306	0.0024078
1.904766	0.00249027	7.067328	0.00227313	11.41558	0.0031757	14.42213	0.00291660	8.145338	0.0024628
1.905898	0.00256293	7.067328	0.00234187	11.41558	0.0032300	14.42213	0.00294500	8.145338	0.0025164
2.24939	0.00260060	7.616236	0.00241053	12.17557	0.0032667	14.95519	0.00296460	8.724237	0.0025816
2.24939	0.00262180	8.255685	0.00247320	12.17557	0.0033177	14.95519	0.00296840	8.736687	0.0026354
2.642679	0.00268160	8.255685	0.00253867	12.92706	0.0033523	15.45204	0.00297260	9.294649	0.0026894
2.642679	0.00271040	8.929653	0.00259547	12.92706	0.0034320	15.45204	0.00298940	9.294649	0.0027474
3.08803	0.00274967	8.934746	0.00265107	13.6695	0.0034540	15.91097	0.00298980	9.849215	0.0027968
3.08803	0.00283567	9.568537	0.00270587	13.6695	0.0035480	15.91097	0.00299420	9.850913	0.0028612
3.586008	0.00292513	9.568537	0.00275487	14.40685	0.0035980	16.32237	0.00300200	10.94873	0.0029148
3.58714	0.00301633	10.2725	0.00280933	14.40685	0.0036497	16.32237	0.00300620	10.94873	0.0029718
4.138877	0.00306647	10.2725	0.00285120	15.13627	0.0037517	16.6568	0.00301380	10.94873	0.0030216
4.138877	0.00316380	11.00645	0.00289407	15.13627	0.0038067	16.6568	0.00302520	11.51009	0.0030716
4.699669	0.00325313	11.00645	0.00293193	15.83853	0.0039137	16.85486	0.00305160	11.37993	0.0031210
4.699669	0.00328827	11.76756	0.00298020	15.83853	0.0040070	16.85486	0.00307660	11.83717	0.0031676
5.403063	0.00337593	11.76756	0.00302260	16.50062	0.0040993	16.85486	0.00309780	11.83717	0.0032118
5.403063	0.00341520	12.54169	0.00305847	16.50062	0.0041903			12.24517	0.0032572
6.094007	0.00346307	12.54169	0.00309333	17.11913	0.0042563			12.24517	0.0033144
6.094007	0.00356133	13.32771	0.00312393	17.11913	0.0043027			12.60054	0.0033638
6.79344	0.00376000	13.32771	0.00314827	17.67766	0.0043793			12.60054	0.0034104
7.508718	0.00385333	14.11315	0.00316853	17.71161	0.0044007			12.90556	0.0034596
7.508718	0.00395913	14.11315	0.00318753	18.12188	0.0044780			12.90556	0.0035072
7.508718	0.00405673	15.28057	0.00320507	18.12471	0.0045763			13.15285	0.0035534

Regangan Horizontal GOM Correlate									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
8.16288	0.00434480	15.28057	0.00321793	18.39407	0.0046360			13.15285	0.0036052
8.666517	0.00440933	16.05697	0.00322073	18.39407	0.0047183			13.40523	0.0036612
8.833453	0.00445893	16.05697	0.00322460	18.48178	0.0047840			13.40523	0.0037212
8.951157	0.00455773	16.72018	0.00322940	18.48178	0.0048377			13.50935	0.0037858
9.352369	0.00465080	16.72018	0.00323007	18.48178	0.0048670				
9.578723	0.00476507	17.37661	0.00325560	18.48178	0.0049050				
9.851479	0.00483907	17.99568	0.00326873	18.48178	0.0049330				
10.35002	0.00490180	17.99568	0.00328433	18.48178	0.0049363				
10.35908	0.00504400	18.54912	0.00328920	18.48178	0.0049473				
11.09359	0.00506167	18.54912	0.00328953	18.48178	0.0049540				
11.14452	0.00509907	18.98881	0.00329487	18.48178	0.0049560				
11.82359	0.00519593	18.98881	0.00329860	18.48178	0.0049570				
11.61987	0.00524400	19.33344	0.00332493	18.48178	0.0050157				
11.88074	0.00529907	19.55753	0.00334280	18.48178	0.0050353				
12.09804	0.00533087	19.60563	0.00337740						
12.09804	0.00536373	19.60563	0.00342253						
12.48058	0.00539193	19.7901	0.00347740						
12.8716	0.00542307	19.7918	0.00354487						
12.8716	0.00544133	19.88234	0.00362733						
13.13361	0.00547840	19.89366	0.00371753						
13.18793	0.00549393	19.89366	0.00379640						
13.22754	0.00550560	19.9163	0.00389567						
13.56707	0.00551333	19.9163	0.00401027						
13.90661	0.00552980	19.9163	0.00411893						
13.9083	0.00554307	19.9163	0.00426253						
14.20652	0.00554767	19.9163	0.00440120						
14.20652	0.00556280	19.9163	0.00455500						
14.54379	0.00558400	19.9163	0.00472567						
14.54379	0.00560073	19.9163	0.00489340						
14.88728	0.00561047	19.9163	0.00505787						
14.93651	0.00562487	19.9163	0.00521947						
15.1906	0.00562767	19.9163	0.00538773						
15.1906	0.00563260	19.9163	0.00555527						
15.45147	0.00563367								
15.45147	0.00564467								
15.50466	0.00566260								

Lampiran 8. Tabel Hasil Regangan Vertikal dan Tegangan menggunakan Software Matlab Ncorr

Regangan Vertikal Matlab Ncorr									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
0	0.000000000	0	0	0	0	0	0	0	0.000000000
0.161277	0.000022746	0.237671	6.3E-05	0.235408	0.00016	0.088278	3.09E-05	0.113177	0.00000483
0.16637	0.000032970	0.268229	8.56E-05	0.240501	0.000197	0.229183	5.28E-05	0.190703	0.00001148
0.177122	0.000036519	0.301616	0.000108	0.262004	0.000222	0.285206	8.39E-05	0.211641	0.00001702
0.199757	0.000045710	0.357639	0.000157	0.297655	0.000254	0.319725	0.00012	0.221827	0.00002582
0.2173	0.000052359	0.382538	0.000267	0.328779	0.0003	0.365561	0.000164	0.226354	0.00003560
0.219563	0.000055959	0.418754	0.000417	0.353112	0.000344	0.398948	0.000215	0.226354	0.00004868
0.221827	0.000059403	0.475909	0.000427	0.380274	0.000397	0.452707	0.000276	0.226354	0.00006402
0.223524	0.000066015	0.552303	0.000462	0.423847	0.000452	0.524009	0.000343	0.22692	0.00007843
0.226354	0.000068260	0.647372	0.000558	0.560791	0.00051	0.610589	0.000411	0.337267	0.00009554
0.243896	0.000080286	0.900888	0.000581	0.652465	0.00057	0.715844	0.000481	0.312368	0.00012052
0.276717	0.000080360	1.066692	0.00059	0.766773	0.000634	0.852222	0.000549	0.331608	0.00014984
0.307275	0.000088990	1.267015	0.000629	0.908244	0.0007	1.020855	0.000619	0.3616	0.00018151
0.325949	0.000114990	1.50695	0.00064	1.115358	0.000767	1.307193	0.000696	0.408003	0.00021817
0.338965	0.000125843	1.788194	0.000674	1.281162	0.000847	1.774613	0.000771	0.469684	0.00026151
0.349716	0.000140342	2.113012	0.00071	1.544298	0.00092	2.124895	0.000851	0.544947	0.00030484
0.385933	0.000156954	3.04955	0.00074	1.836294	0.001007	2.537425	0.000938	0.644542	0.00034817
0.423847	0.000175301	3.364748	0.00078	2.734919	0.001094	3.016729	0.001025	1.056506	0.00039484
0.473079	0.000207301	3.8814	0.000807	3.171781	0.001174	3.5679	0.001106	1.115924	0.00044151
0.536458	0.000227301	4.427478	0.000835	3.660705	0.00126	4.188675	0.001195	1.352463	0.00049151
0.616248	0.000257647	4.976952	0.000839	4.210745	0.001354	4.980913	0.001294	1.64163	0.00054817
0.713014	0.000283647	5.508883	0.000913	4.829256	0.001447	6.27792	0.001383	1.982293	0.00060484
0.830718	0.000311647	6.021574	0.000921	5.519635	0.001547	7.323674	0.001484	2.378411	0.00066484
2.24939	0.000343647	7.101281	0.000942	6.30395	0.001647	8.019711	0.001587	2.833948	0.00071817
2.642679	0.000377647	7.638871	0.000949	7.192389	0.001747	8.715183	0.001697	3.350035	0.00077484
3.08803	0.000413647	8.251158	0.000966	9.012272	0.00186	9.408957	0.001807	5.050517	0.00084151
3.586008	0.000449647	8.8957	0.000981	9.852045	0.001974	10.08689	0.001921	5.167655	0.00090817
4.138877	0.000487647	9.568537	0.001081	10.3421	0.002094	10.75746	0.002047	5.7856	0.00098151
4.744939	0.000523647	10.2725	0.001087	11.41785	0.002214	11.42237	0.002175	6.387701	0.00105151
6.474847	0.000565647	11.76756	0.001116	12.17557	0.002334	12.70636	0.002301	6.979616	0.00112484
6.807022	0.000603647	12.54396	0.00114	12.92706	0.00246	13.30394	0.002438	7.565306	0.00120151
7.505323	0.000635647	13.32771	0.00115	13.6695	0.002587	13.87152	0.002574	8.145338	0.00127817
8.16288	0.000671647	14.11315	0.00116	15.27322	0.00272	14.42213	0.002715	8.721974	0.00135817
8.776865	0.000709647	15.28057	0.001186	15.83853	0.00286	14.95406	0.002862	9.328602	0.00143817
9.352369	0.000743647	16.02358	0.001187	16.50062	0.003007	15.45204	0.003013	10.38284	0.00152151
10.40661	0.000787647	16.72018	0.001216	17.11913	0.00316	15.91097	0.003172	10.89214	0.00161151
11.14452	0.000827647	17.99568	0.001245	17.67539	0.003314	16.32067	0.003327	11.37993	0.00170484
11.61817	0.000859647	19.88234	0.001485	18.12188	0.003467	16.85486	0.003492	11.83717	0.00180151
12.06409	0.000893647	19.88234	0.001735	18.39407	0.003634	16.85486	0.003664	12.24517	0.00190151
12.47945	0.000935647	19.88234	0.002005	18.48178	0.003794	16.85486	0.003848	12.60054	0.00200817
12.8716	0.000977647	19.88234	0.002225	18.48178	0.003967			12.90556	0.00211817
13.56877	0.001019647			18.48178	0.004147			13.40523	0.00223817
13.9083	0.001065647			18.48178	0.004327			13.50935	0.00236484
14.25236	0.001113647			18.48178	0.00452			13.58349	0.00249817
14.58906	0.001163647			18.48178	0.004714			13.64743	0.00263484

Regangan Vertikal Matlab Ncorr									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
14.90426	0.001213647					13.71364	0.00277151		
15.19286	0.001263647					13.78777	0.00291151		
15.67103	0.001317647					13.8619	0.00305817		
15.84646	0.001377647					13.97281	0.00320484		
15.98453	0.001433647					13.98696	0.00334151		
16.04395	0.001499647					13.98696	0.00346484		
16.04395	0.001571647					13.98696	0.00356484		
16.04395	0.001633647					13.98696	0.00363817		
16.04395	0.001699647					13.98696	0.00369151		
16.04395	0.001779647					13.98696	0.00374817		
16.04395	0.001857647					13.98696	0.00381817		
16.04395	0.001943647					13.98696	0.00392151		
16.04395	0.002031647					13.98696	0.00402484		
16.04395	0.002119647					13.98696	0.00411817		
16.04395	0.002221647					13.98696	0.00420817		
16.04395	0.002323647					13.98696	0.00429484		
16.04395	0.002433647					13.98696	0.00437817		
16.04395	0.002553647					13.98696	0.00446484		
16.04395	0.002675647					13.98696	0.00455151		
16.04395	0.002791647					13.98696	0.00463151		

Lampiran 8. Tabel Hasil Regangan Horizontal dan Tegangan menggunakan Software Matlab Ncorr

Regangan Horizontal Matlab Ncorr									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
0	0.00000000	0	0.00000000	0	0.00000000	0	0.00000000	0	0.00000000
0.068472	0.00000174	0.071867	0.00000045	0.200889	0.0000180	0.088278	0.00000299	0.057154	0.0000014
0.102425	0.00000508	0.114875	0.00000081	0.200889	0.0000184	0.088278	0.00000276	0.057154	0.0000042
0.119402	0.00001038	0.153355	0.00000283	0.222393	0.0000189	0.229183	0.00000319	0.158448	0.0000104
0.119402	0.00001756	0.185044	0.00000662	0.222393	0.0000242	0.229183	0.00000891	0.158448	0.0000176
0.142037	0.00002552	0.185044	0.00001156	0.232013	0.0000303	0.283508	0.00001232	0.188439	0.0000230
0.142037	0.00003882	0.183912	0.00001780	0.232013	0.0000428	0.283508	0.00002113	0.188439	0.0000284
0.157316	0.00004840	0.207114	0.00002352	0.233144	0.0000558	0.321988	0.00002905	0.211641	0.0000360
0.157316	0.00005980	0.208811	0.00002973	0.233144	0.0000758	0.321988	0.00003860	0.213904	0.0000413
0.161277	0.00007397	0.218431	0.00003520	0.235408	0.0001007	0.345755	0.00005634	0.221827	0.0000462
0.161277	0.00009597	0.218431	0.00004214	0.235408	0.0001340	0.345755	0.00007218	0.225222	0.0000500
0.161277	0.00011228	0.220695	0.00004970	0.240501	0.0001740	0.365561	0.00009418	0.226354	0.0000576
0.161277	0.00012763	0.224656	0.00005799	0.240501	0.0002173	0.365561	0.00011618	0.226354	0.0000613
0.16637	0.00014377	0.224656	0.00006474	0.262004	0.0002640	0.398948	0.00013818	0.226354	0.0000653
0.16637	0.00017177	0.225788	0.00007258	0.262004	0.0003140	0.398948	0.00015755	0.226354	0.0000689
0.177122	0.00019377	0.225788	0.00008028	0.297655	0.0003640	0.452707	0.00018355	0.226354	0.0000718
0.177122	0.00021138	0.237671	0.00008955	0.297655	0.0004140	0.452707	0.00021155	0.22692	0.0000755
0.199757	0.00022983	0.237671	0.00009875	0.328779	0.0004640	0.524009	0.00023955	0.22692	0.0000819
0.199757	0.00024855	0.268229	0.00010975	0.328779	0.0005173	0.524009	0.00026955	0.256911	0.0000893
0.213338	0.00026680	0.268229	0.00012175	0.353112	0.0005740	0.610589	0.00030355	0.256911	0.0000955
0.213338	0.00028409	0.320856	0.00013375	0.353112	0.0006273	0.610589	0.00034155	0.291996	0.0001048
0.2173	0.00030112	0.320856	0.00014675	0.38084	0.0006773	0.718107	0.00037955	0.291996	0.0001153
0.2173	0.00031859	0.321988	0.00015875	0.38084	0.0007273	0.718107	0.00041755	0.312368	0.0001268
0.220129	0.00033859	0.333306	0.00017075	0.423847	0.0007707	0.852222	0.00045755	0.312368	0.0001409
0.220129	0.00035717	0.385933	0.00018275	0.423847	0.0008040	0.852222	0.00050155	0.331608	0.0001551
0.221827	0.00037917	0.385933	0.00019575	0.485529	0.0008347	1.020855	0.00054755	0.331608	0.0001729
0.221827	0.00040317	0.382538	0.00021075	0.485529	0.0008617	1.020855	0.00059355	0.3616	0.0001910
0.223524	0.00042517	0.382538	0.00022675	0.539854	0.0008853	1.230232	0.00064155	0.3616	0.0002110
0.223524	0.00044003	0.418754	0.00024475	0.561923	0.0009098	1.230232	0.00068955	0.408003	0.0002350
0.226354	0.00045603	0.418754	0.00026275	0.652465	0.0009292	1.233062	0.00073955	0.408003	0.0002610
0.226354	0.00046787	0.477606	0.00028275	0.653596	0.0009452	1.476958	0.00078755	0.411398	0.0002870
0.229183	0.00048208	0.477606	0.00030275	0.767339	0.0009565	1.808566	0.00083555	0.469684	0.0003130
0.255214	0.00049546	0.535326	0.00032475	0.767339	0.0009651	2.124895	0.00088155	0.544947	0.0003410
0.255214	0.00051292	0.552303	0.00034675	0.908244	0.0009674	2.124895	0.00092955	0.544947	0.0003710
0.255214	0.00053023	0.647372	0.00037075	0.908244	0.0009676	2.535727	0.00097955	0.644542	0.0004030
0.276717	0.00054787	0.647372	0.00039575	1.083102	0.0009720	2.535727	0.00102755	0.644542	0.0004370
0.276717	0.00056728	0.761114	0.00042175	1.247209	0.0009762	3.018427	0.00107755	0.771866	0.0004730
0.308407	0.00058720	0.761114	0.00044875	1.247209	0.0009859	3.018427	0.00112755	0.771866	0.0005090
0.308407	0.00060605	0.878252	0.00047875	1.301534	0.0010070	3.046721	0.00117755	0.926353	0.0005470
0.325383	0.00062581	0.878252	0.00050975	1.317944	0.0010312	3.5679	0.00122955	0.926353	0.0005870
0.333306	0.00064581	1.066692	0.00054075	1.544298	0.0010613	4.188675	0.00128155	1.115924	0.0006270
0.338965	0.00066781	1.066692	0.00057175	1.836294	0.0010889	4.188675	0.00133355	1.115924	0.0006670
0.348019	0.00069181	1.276069	0.00060275	1.836294	0.0011217	4.868868	0.00138355	1.352463	0.0007070
0.348019	0.00071581	1.300968	0.00063475	2.163375	0.0011512	4.868868	0.00143355	1.352463	0.0007510
0.349151	0.00074381	1.50695	0.00066775	2.734919	0.0011811	5.575092	0.00148555	1.64163	0.0007950

Regangan Horizontal Matlab Ncorr									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
0.364429	0.00076981	1.508082	0.00070075	2.734919	0.0012097	5.575092	0.00153755	1.64163	0.0008390
0.385933	0.00079581	1.788194	0.00073375	2.738314	0.0012464	6.27792	0.00158755	1.982293	0.0008870
0.389328	0.00082381	1.788194	0.00076775	3.171781	0.0012830	6.27792	0.00163755	1.982293	0.0009330
0.421584	0.00085381	2.146965	0.00080275	3.660705	0.0013197	7.323674	0.00168955	2.378411	0.0009810
0.421584	0.00088581	2.481402	0.00083775	3.660705	0.0013564	7.323674	0.00173955	2.378411	0.0010290
0.473079	0.00091981	2.481402	0.00087275	4.212442	0.0014030	8.019711	0.00178955	2.833948	0.0010810
0.473079	0.00095781	2.481402	0.00090875	4.212442	0.0014497	8.019711	0.00183955	2.833948	0.0011350
0.534761	0.00099781	2.930714	0.00094575	4.863209	0.0014997	8.715183	0.00188955	3.350035	0.0011870
0.536458	0.00103581	2.930714	0.00098075	4.863209	0.0015530	8.715183	0.00193955	3.350035	0.0012390
0.616248	0.00107581	3.364182	0.00101675	5.519635	0.0016064	9.40726	0.00198955	3.350035	0.0012910
0.616248	0.00111581	3.8814	0.00105175	5.519635	0.0016630	9.40726	0.00203755	3.354562	0.0013430
0.713014	0.00115781	3.8814	0.00108575	6.308478	0.0017197	10.08689	0.00208755	3.969678	0.0013970
0.716409	0.00120181	3.8814	0.00111875	6.308478	0.0017797	10.08689	0.00213355	4.535562	0.0014530
0.829586	0.00124381	4.461431	0.00115175	7.192389	0.0018430	10.75746	0.00217555	5.167655	0.0015090
0.829586	0.00128781	4.461431	0.00118575	7.192389	0.0019030	11.42237	0.00221755	5.17105	0.0015650
0.971623	0.00133381	4.976952	0.00122175	8.119873	0.0019630	11.42237	0.00225955	6.917369	0.0016190
0.971623	0.00137781	5.537177	0.00125875	8.119873	0.0020197	12.07427	0.00230155	6.919633	0.0016730
1.14535	0.00142581	5.537177	0.00129875	9.012272	0.0020730	12.70636	0.00234355	6.387701	0.0017270
1.14535	0.00146981	6.022706	0.00133775	9.012272	0.0021230	12.70636	0.00238555	6.387701	0.0017830
1.35699	0.00151581	6.022706	0.00137675	9.852045	0.0021697	13.30394	0.00242555	6.979616	0.0018370
1.35699	0.00155981	6.023838	0.00141675	9.852045	0.0022197	13.30394	0.00246355	6.982446	0.0018930
1.609375	0.00160781	6.533134	0.00145675	10.64768	0.0022697	13.87152	0.00250155	7.565306	0.0019490
1.609375	0.00165581	7.099018	0.00149875	10.64768	0.0023230	13.87492	0.00253755	7.565306	0.0020050
1.904766	0.00170781	7.067328	0.00153975	11.41558	0.0023797	14.42213	0.00257355	8.145338	0.0020590
1.905898	0.00175981	7.067328	0.00158075	11.41558	0.0024330	14.42213	0.00260755	8.145338	0.0021130
2.24939	0.00180981	7.616236	0.00162275	12.17557	0.0024864	14.95519	0.00263755	8.724237	0.0021650
2.24939	0.00186381	8.255685	0.00166475	12.17557	0.0025364	14.95519	0.00266555	8.736687	0.0022190
2.642679	0.00191581	8.255685	0.00170575	12.92706	0.0025897	15.45204	0.00268955	9.294649	0.0022710
2.642679	0.00196981	8.929653	0.00174675	12.92706	0.0026464	15.45204	0.00271155	9.294649	0.0023250
3.08803	0.00202581	8.934746	0.00178775	13.6695	0.0027064	15.91097	0.00272931	9.849215	0.0023770
3.08803	0.00207981	9.568537	0.00182875	13.6695	0.0027697	15.91097	0.00274601	9.850913	0.0024290
3.586008	0.00213981	9.568537	0.00186975	14.40685	0.0028364	16.32237	0.00275873	10.94873	0.0024790
3.58714	0.00219781	10.2725	0.00191275	14.40685	0.0029030	16.32237	0.00276406	10.94873	0.0025290
4.138877	0.00226981	10.2725	0.00195575	15.13627	0.0029697	16.6568	0.00276563	10.94873	0.0025770
4.138877	0.00233781	11.00645	0.00199875	15.13627	0.0030330	16.6568	0.00277293	11.51009	0.0026250
4.699669	0.00239981	11.00645	0.00204275	15.83853	0.0030930	16.85486	0.00278330	11.37993	0.0026710
4.699669	0.00245981	11.76756	0.00208575	15.83853	0.0031497	16.85486	0.00279781	11.83717	0.0027150
5.403063	0.00252381	11.76756	0.00212775	16.50062	0.0032097	16.85486	0.00281462	11.83717	0.0027590
5.403063	0.00259181	12.54169	0.00216875	16.50062	0.0032697			12.24517	0.0028030
6.094007	0.00265981	12.54169	0.00221175	17.11913	0.0033264			12.24517	0.0028450
6.094007	0.00271981	13.32771	0.00225175	17.11913	0.0033764			12.60054	0.0028850
6.79344	0.00278381	13.32771	0.00228975	17.67766	0.0034264			12.60054	0.0029250
7.508718	0.00284781	14.11315	0.00232675	17.71161	0.0034764			12.90556	0.0029650
7.508718	0.00291181	14.11315	0.00236375	18.12188	0.0035230			12.90556	0.0030030
7.508718	0.00297981	15.28057	0.00239775	18.12471	0.0035664			13.15285	0.0030410

Regangan Horizontal Matlab Ncorr									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan	Tegangan	Regangan
8.16288	0.00304181	15.28057	0.00242975	18.39407	0.0036064			13.15285	0.0030770
8.666517	0.00310381	16.05697	0.00246075	18.39407	0.0036464			13.40523	0.0031150
8.833453	0.00316581	16.05697	0.00249175	18.48178	0.0036796			13.40523	0.0031530
8.951157	0.00322781	16.72018	0.00251975	18.48178	0.0037037			13.50935	0.0031910
9.352369	0.00328981	16.72018	0.00254575	18.48178	0.0037172				
9.578723	0.00334981	17.37661	0.00256975	18.48178	0.0037255				
9.851479	0.00341181	17.99568	0.00258575	18.48178	0.0037266				
10.35002	0.00346981	17.99568	0.00259464	18.48178	0.0037335				
10.35908	0.00352781	18.54912	0.00259986	18.48178	0.0037490				
11.09359	0.00358181	18.54912	0.00260069	18.48178	0.0037713				
11.14452	0.00363981	18.98881	0.00260783	18.48178	0.0038008				
11.82359	0.00369781	18.98881	0.00262383	18.48178	0.0038408				
11.61987	0.00375581	19.33344	0.00264883	18.48178	0.0038908				
11.88074	0.00381581	19.55753	0.00268383	18.48178	0.0039541				
12.09804	0.00387781	19.60563	0.00272883						
12.09804	0.00393581	19.60563	0.00278783						
12.48058	0.00399781	19.7901	0.00286583						
12.8716	0.00405781	19.7918	0.00296283						
12.8716	0.00411781	19.88234	0.00307683						
13.13361	0.00417581	19.89366	0.00320383						
13.18793	0.00423381	19.89366	0.00321097						
13.22754	0.00429781	19.9163	0.00336797						
13.56707	0.00435981	19.9163	0.00353697						
13.90661	0.00441781	19.9163	0.00372097						
13.9083	0.00447581	19.9163	0.00392097						
14.20652	0.00453581	19.9163	0.00413897						
14.20652	0.00458981	19.9163	0.00437697						
14.54379	0.00464181	19.9163	0.00463497						
14.54379	0.00469381	19.9163	0.00491697						
14.88728	0.00474581	19.9163	0.00522697						
14.93651	0.00479981	19.9163	0.00555797						
15.1906	0.00486981	19.9163	0.00591197						
15.1906	0.00494181	19.9163	0.00628897						
15.45147	0.00499381								
15.45147	0.00504981								
15.50466	0.00509781								

Lampiran 9. Tabel Hasil Perpindahan Vertikal dan Beban menggunakan Software GOM Correlate

Displacement Vertikal GOM Correlate								
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		
Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.31	0.137	11.44	0.041	7.49	0.212	63.05	0.079	
4.89	0.297	15.92	0.036	9.91	0.132	74.02	0.144	
5.43	0.478	18.85	0.111	11.53	0.042	88.02	0.141	
5.76	0.559	22.39	0.32	13.55	0.097	110.94	0.205	
39.75	0.668	26.63	0.409	16.05	0.213	129.42	0.286	
46.7	0.805	31.6	0.49	19.71	0.166	141.72	0.344	
54.57	0.939	37.34	0.657	22.64	0.151	154.01	0.406	
63.37	1.164	53.89	0.836	27.29	0.131	166.27	0.471	
73.14	1.271	59.46	0.883	32.45	0.17	178.25	0.464	
83.85	1.376	68.59	0.953	48.33	0.224	190.1	0.623	
114.42	1.523	78.24	0.955	56.05	0.282	201.85	0.707	
120.29	1.624	87.95	1.075	64.69	0.359	224.54	0.76	
132.63	1.688	97.35	1.187	74.41	0.409	235.1	0.805	
144.25	1.744	106.41	1.308	85.34	0.469	245.13	0.778	
155.1	1.793	125.49	1.416	97.54	0.471	254.86	0.842	
165.27	1.924	134.99	1.507	111.4	0.42	264.26	0.837	
183.9	1.953	145.81	1.579	127.1	0.357	273.06	0.854	
196.94	2.355	157.2	1.523	159.26	0.353	281.17	0.897	
205.31	2.349	169.09	1.431	174.1	0.352	288.41	0.91	
213.19	2.393	181.53	1.341	182.76	0.328	297.85	0.921	
220.53	2.52	207.95	1.301	201.77	0.333	297.85	0.886	
227.46	2.742	221.67	1.29	215.16	0.4	297.85	0.853	
239.78	2.898	235.52	1.362	228.44	0.54	297.85	0.843	
245.78	3.049	249.4	1.38	241.56	0.629	297.85	0.958	
251.86	3.222	270.03	1.484	269.9	0.702	297.85	1.026	
257.81	3.386	283.16	1.621	279.89	0.774	297.85	1.12	
263.38	3.465	295.47	1.741	291.59	0.923	297.85	1.1245	
268.48	3.498	318.01	1.756	302.52	0.972	297.85	1.277	
276.93	3.599	351.35	1.889	312.35	1.004	297.85	1.303	
280.03	3.762	351.35	1.966	320.24	1.08	297.85	1.329	
282.47	3.828	351.35	1.997	325.05	1.098	297.85	1.263	
283.52	3.983	351.35	2.065	326.6	1.161	297.85	1.283	
283.52	4.03	351.35	2.102	326.6	1.214	297.85	1.27	
283.52	4.076	351.35	2.136	326.6	1.289	297.85	1.336	
283.52	4.11	351.35	2.232	326.6	1.392	297.85	1.368	
283.52	4.195	351.35	2.309	326.6	1.441	297.85	1.266	
283.52	4.194	351.35	2.364	326.6	1.455			
283.52	4.247	351.35	2.343	326.6	1.478			
283.52	4.297	351.35	2.373	326.6	1.546			
283.52	4.384	351.35	2.402	326.6	1.616			
283.52	4.45	351.35	2.35	326.6	1.742			
283.52	4.415	351.35	2.376	326.6	1.845			
283.52	4.467	351.35	2.391	326.6	1.956			
283.52	4.514	351.35	3.382	326.6	1.982			
283.52	4.525	351.35	3.52	326.6	2.087			
283.52	4.481	351.35	3.483	326.6	2.176			
283.52	4.489	351.35	3.777	326.6	2.242			
283.52	4.549			326.6	2.265			
283.52	4.678			326.6	2.27			
283.52	4.731			326.6	2.323			
283.52	4.884			326.6	2.321			
283.52	5.047			326.6	2.409			
283.52	5.126			326.6	2.369			
283.52	5.294			326.6	2.328			
283.52	5.465			326.6	2.312			
283.52	5.574			326.6	2.363			
283.52	5.707			326.6	2.414			
283.52	5.701			326.6	2.545			
283.52	5.631							

Lampiran 10. Tabel Hasil Perpindahan Horizontal dan Beban menggunakan Software GOM Correlate

Perpindahan Horizontal GOM Correlate									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.21	0.04	1.27	-0.062	1.46	0.096	1.56	0.013	1.01	-0.068
1.81	0.11	2.03	-0.093	1.46	0.186	1.56	-0.086	1.01	-0.052
2.11	0.111	2.71	-0.109	2.93	0.281	4.05	0.145	2.8	0.018
2.11	0.176	3.27	-0.044	2.93	0.356	4.05	0.228	2.8	-0.001
2.51	0.148	3.27	-0.112	3.55	0.387	5.01	0.259	3.33	-0.038
2.51	0.166	3.25	-0.108	3.55	0.519	5.01	0.353	3.33	0.035
2.78	0.119	3.66	-0.134	3.93	0.598	5.69	0.428	3.74	0.13
2.78	0.145	3.69	-0.174	3.93	0.687	5.69	0.452	3.78	0.058
2.85	0.155	3.86	-0.251	4.1	0.784	6.11	0.55	3.92	0.063
2.85	0.145	3.86	-0.274	4.1	0.858	6.11	0.557	3.98	0.019
2.85	0.148	3.9	-0.288	4.12	0.926	6.46	0.649	4	0.132
2.85	0.171	3.97	-0.35	4.12	0.971	6.46	0.691	4	0.05
2.94	0.16	3.97	-0.401	4.16	0.99	7.05	0.696	4	0.096
2.94	0.144	3.99	-0.408	4.16	1.051	7.05	0.709	4	0.123
3.13	0.163	3.99	-0.467	4.25	1.054	8	0.826	4	0.091
3.13	0.191	4.2	-0.387	4.25	1.15	8	0.871	4.01	0.176
3.53	0.183	4.2	-0.385	4.63	1.169	9.26	0.917	4.01	0.214
3.53	0.224	4.74	-0.346	4.63	1.169	9.26	0.917	4.54	0.158
3.77	0.225	4.74	-0.313	5.26	1.23	10.79	0.97	4.54	0.138
3.77	0.205	5.67	-0.336	5.26	1.245	10.79	1.02	5.16	0.207
3.84	0.179	5.67	-0.28	5.81	1.248	12.69	1.016	5.16	0.216
3.84	0.165	5.69	-0.292	5.81	1.253	12.69	1.036	5.52	0.254
3.89	0.119	5.89	-0.243	6.24	1.217	15.06	1.046	5.52	0.288
3.89	0.11	6.82	-0.251	6.24	1.234	15.06	1.102	5.86	0.282
3.92	0.149	6.82	-0.136	6.73	1.198	18.04	1.1	5.86	0.283
3.92	0.133	6.76	-0.068	6.73	1.224	18.04	1.04	6.39	0.281
3.95	0.1	6.76	0.07	7.49	1.074	21.74	1.005	6.39	0.329
3.95	0.124	7.4	0.147	7.49	0.815	21.74	1.013	7.21	0.366
4	0.07	7.4	0.259	8.58	0.748	21.79	0.993	7.21	0.35
4	0.052	8.44	0.359	8.58	0.625	26.1	0.974	7.27	0.382
4.05	0.084	8.44	0.435	9.54	0.567	31.96	0.976	8.3	0.426
4.51	0.084	9.46	0.466	9.93	0.706	37.55	0.919	9.63	0.424
4.51	0.109	9.76	0.511	11.53	0.676	37.55	0.912	9.63	0.456
4.51	0.117	11.44	0.544	11.55	0.72	44.81	0.853	11.39	0.504
4.89	0.175	11.44	0.589	13.56	0.698	44.81	0.814	11.39	0.529
4.89	0.182	13.45	0.534	13.56	0.745	53.34	0.821	13.64	0.55
5.45	0.192	13.45	0.568	16.05	0.576	53.34	0.81	13.64	0.555
5.45	0.227	15.52	0.624	16.05	0.605	53.84	0.755	16.37	0.616
5.75	0.205	15.52	0.6	19.14	0.623	63.05	0.789	16.37	0.626
5.89	0.198	18.85	0.547	22.04	0.718	74.02	0.791	19.72	0.609
5.99	0.227	18.85	0.537	22.04	0.701	74.02	0.776	19.72	0.629
6.15	0.216	22.55	0.52	23	0.547	86.04	0.732	23.9	0.613
6.15	0.234	22.99	0.54	23.29	0.56	86.04	0.756	23.9	0.589
6.17	0.256	26.63	0.564	27.29	0.548	98.52	0.75	29.01	0.601
6.44	0.27	26.65	0.578	32.45	0.588	98.52	0.737	29.01	0.558
6.82	0.275	31.6	0.523	32.45	0.571	110.94	0.66	35.03	0.54
6.88	0.318	31.6	0.536	38.23	0.584	110.94	0.643	35.03	0.539
7.45	0.331	37.94	0.564	48.33	0.611	129.42	0.647	42.03	0.521
7.45	0.278	43.85	0.532	48.33	0.701	129.42	0.613	42.03	0.543
8.36	0.373	43.85	0.563	48.39	0.616	141.72	0.574	50.08	0.642
8.36	0.382	43.85	0.526	56.05	0.669	141.72	0.548	50.08	0.605
9.45	0.386	51.79	0.558	64.69	0.576	154.01	0.545	59.2	0.557
9.48	0.386	51.79	0.516	64.69	0.431	154.01	0.535	59.2	0.538
10.89	0.408	59.45	0.515	74.44	0.519	166.24	0.512	59.2	0.495
10.89	0.386	68.59	0.497	74.44	0.504	166.24	0.456	59.28	0.508
12.6	0.378	68.59	0.48	85.94	0.616	178.25	0.508	70.15	0.579
12.66	0.37	68.59	0.394	85.94	0.573	178.25	0.486	80.15	0.578
14.66	0.362	78.84	0.406	97.54	0.584	190.1	0.469	91.32	0.524
14.66	0.346	78.84	0.388	97.54	0.544	201.85	0.504	91.38	0.552
17.17	0.366	87.95	0.509	111.48	0.568	201.85	0.445	122.24	0.557
17.17	0.311	97.85	0.436	111.48	0.509	213.37	0.431	122.28	0.517
20.24	0.357	97.85	0.602	127.1	0.588	224.54	0.455	112.88	0.583
20.24	0.34	106.43	0.541	127.1	0.586	224.54	0.467	112.88	0.605
23.98	0.324	106.43	0.491	143.49	0.647	235.1	0.433	123.34	0.629

Perpindahan Horizontal GOM Correlate										
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5		
Beban	Displacem	Beban	Displacem	Beban	Displacem	Beban	Displacem	Beban	Displacem	Displacem
23.98	0.278	106.45	0.57	143.49	0.619	235.1	0.462	123.39	0.613	
28.44	0.352	115.45	0.536	159.26	0.678	245.13	0.474	133.69	0.611	
28.44	0.296	125.45	0.637	159.26	0.663	245.19	0.523	133.69	0.624	
33.66	0.367	124.89	0.583	174.1	0.644	254.86	0.468	143.94	0.611	
33.68	0.358	124.89	0.595	174.1	0.637	254.86	0.487	143.94	0.638	
39.75	0.367	134.59	0.64	188.16	0.663	264.28	0.504	154.17	0.637	
39.75	0.354	145.89	0.644	188.16	0.633	264.28	0.506	154.39	0.654	
46.7	0.358	145.89	0.619	201.73	0.621	273.06	0.47	164.25	0.663	
46.7	0.369	157.8	0.629	201.73	0.621	273.06	0.447	164.25	0.631	
54.57	0.312	157.89	0.616	215.16	0.623	281.17	0.498	174.05	0.648	
54.57	0.26	169.09	0.633	215.16	0.619	281.17	0.454	174.08	0.63	
63.37	0.326	169.09	0.633	228.44	0.541	288.44	0.467	193.48	0.624	
63.39	0.327	181.53	0.73	228.44	0.621	288.44	0.406	193.48	0.647	
73.14	0.318	181.53	0.706	241.56	0.525	294.35	0.494	193.48	0.605	
73.14	0.343	194.5	0.743	241.56	0.484	294.35	0.431	203.4	0.579	
83.05	0.401	194.5	0.713	254.59	0.511	297.85	0.437	201.1	0.556	
83.05	0.37	207.95	0.749	254.59	0.545	297.85	0.428	209.18	0.541	
95.48	0.355	207.95	0.745	267.48	0.502	297.85	0.531	209.18	0.513	
95.48	0.375	221.63	0.76	267.48	0.547	297.85	0.631	216.39	0.499	
107.69	0.336	221.63	0.802	279.89	0.534	297.85	0.566	216.39	0.483	
107.69	0.406	235.52	0.706	279.89	0.577	297.85	0.442	222.67	0.473	
120.05	0.377	235.52	0.75	291.59	0.539	297.85	0.714	222.67	0.405	
132.69	0.405	249.4	0.686	291.59	0.525	297.85	0.624	228.06	0.402	
132.69	0.411	249.4	0.734	302.52	0.63	297.85	0.565	228.06	0.357	
132.69	0.381	270.03	0.662	302.52	0.685	297.85	0.503	232.43	0.37	
144.25	0.366	270.03	0.65	312.39	0.715	297.85	0.562	232.43	0.332	
153.15	0.421	283.75	0.615	312.99	0.69	297.85	0.592	236.89	0.359	
156.1	0.375	283.75	0.613	320.24	0.662	297.85	0.53	236.89	0.373	
158.18	0.357	295.47	0.493	320.29	0.724	297.85	0.565	238.73	0.346	
165.27	0.369	295.47	0.468	325.05	0.671	297.85	0.527	238.73	0.351	
169.27	0.384	307.07	0.417	325.05	0.697	297.85	0.581	240.04	0.331	
174.09	0.367	318.01	0.347	326.6	0.776	297.85	0.539	240.04	0.345	
182.9	0.409	318.01	0.282	326.6	0.809	297.85	0.521	241.17	0.325	
183.06	0.393	327.79	0.305	326.6	0.753	297.85	0.489	241.17	0.349	
196.04	0.336	327.79	0.301	326.6	0.707	297.85	0.542	242.34	0.342	
196.94	0.353	335.56	0.296	326.6	0.72	297.85	0.555	242.34	0.345	
208.94	0.308	335.56	0.266	326.6	0.815	297.85	0.588	243.65	0.35	
205.34	0.312	341.65	0.254	326.6	0.693	297.85	0.515	243.65	0.396	
209.95	0.316	345.61	0.269	326.6	0.712	297.85	0.715	244.96	0.405	
213.79	0.344	346.46	0.344	326.6	0.747	297.85	0.585	244.96	0.464	
213.79	0.284	346.46	0.259	326.6	0.712	297.85	0.513	246.05	0.473	
220.55	0.365	349.72	0.242	326.6	0.651			246.05	0.537	
227.46	0.379	349.75	0.218	326.6	0.662			246.92	0.569	
227.46	0.35	351.35	0.297	326.6	0.673			246.92	0.629	
232.09	0.354	351.55	0.33	326.6	0.586			247.17	0.669	
233.05	0.365	351.55	0.379	326.6	0.481			247.17	0.682	
233.75	0.357	351.95	0.36	326.6	0.448			247.17	0.762	
239.75	0.367	351.95	0.348	326.6	0.387			247.17	0.777	
245.75	0.38	351.95	0.291	326.6	0.303			247.17	0.844	
245.78	0.325	351.95	0.245	326.6	0.424			247.17	0.81	
251.05	0.408	351.95	0.272	326.6	0.336			247.17	0.763	
251.05	0.413	351.95	0.316	326.6	0.336			247.17	0.781	
257.01	0.407	351.95	0.338	326.6	0.39			247.17	0.8	
257.01	0.4	351.95	0.331	326.6	0.255			247.17	0.79	
263.08	0.414	351.95	0.369	326.6	0.347			247.17	0.837	
263.95	0.405	351.95	0.42	326.6	0.307			247.17	0.807	
268.44	0.424	351.95	0.568	326.6	0.309			247.17	0.797	
268.44	0.383	351.95	0.642	326.6	0.229			247.17	0.83	
273.05	0.477	351.95	0.692	326.6	0.417			247.17	0.828	
273.05	0.466	351.95	0.716	326.6	0.33			247.17	0.889	
273.99	0.493	351.95	0.853	326.6	0.263			247.17	0.818	
273.99	0.492	351.95	0.964	326.6	0.233			247.17	0.929	
280.05	0.572	351.95	1.183					247.17	0.948	
280.05	0.558	351.95	1.227					247.17	1.004	
282.47	0.608	351.95	1.321					247.17	0.977	

Perpindahan Horizontal GOM Correlate									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement
282.47	0.584	351.95	1.426					247.17	1.035
283.05	0.665	351.95	1.519					247.17	1.007
283.52	0.694	351.95	1.552					247.17	1.024
283.52	0.715	351.95	1.603					247.17	1.025
283.52	0.763	351.95	1.468					247.17	1.062
283.52	0.748							247.17	1.01
283.52	0.781								
283.52	0.78								
283.52	0.826								
283.52	0.858								
283.52	0.862								
283.52	0.886								
283.52	0.902								
283.52	0.939								
283.52	0.977								
283.52	0.976								
283.52	1.009								
283.52	1.04								
283.52	1.007								
283.52	1.034								
283.52	1.057								
283.52	1.053								
283.52	1.081								
283.52	1.152								
283.52	1.186								
283.52	1.216								
283.52	1.198								
283.52	1.235								
283.52	1.256								
283.52	1.294								

Lampiran 11. Tabel Hasil Perpindahan Vertikal dan Beban menggunakan Software Matlab Ncorr

Displacement Vertikal Matlab Ncorr							
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4	
Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement
0	0	0	0	0	0	0	0
4.31	0.1344	11.44	0.0412	7.49	0.2062	63.05	0.58849
4.89	0.2946	15.92	0.0368	9.91	0.127	74.02	0.77832
5.43	0.4743	18.85	0.1132	11.53	0.0407	88.02	0.95683
5.76	0.5565	22.39	0.3217	13.55	0.0956	110.94	0.99202
39.75	0.6659	26.63	0.4137	16.05	0.2097	129.42	1.1187
46.7	0.8	31.6	0.4934	19.71	0.1647	141.72	1.1001
54.57	0.9332	37.34	0.6602	22.64	0.1497	154.01	1.0312
63.37	1.1616	53.89	0.8382	27.29	0.1292	166.27	0.98171
73.14	1.267	59.46	0.8872	32.45	0.1653	178.25	0.98945
83.85	1.3704	68.59	0.9564	48.33	0.2193	190.1	0.86978
114.42	1.5193	78.24	0.9568	56.05	0.277	201.85	0.7608
120.29	1.6206	87.95	1.0789	64.69	0.3508	224.54	0.72509
132.63	1.6822	97.35	1.1894	74.41	0.3977	235.1	0.57605
144.25	1.7363	106.41	1.3122	85.34	0.4558	245.13	0.39347
155.1	1.7865	125.49	1.4182	97.54	0.4565	254.86	0.28877
165.27	1.9178	134.99	1.5094	111.4	0.409	264.26	0.17612
183.9	1.9478	145.81	1.5789	127.1	0.3472	273.06	0.038741
196.94	2.3503	157.2	1.5246	159.26	0.3437	281.17	0.081899
205.31	2.3455	169.09	1.431	174.1	0.3436	288.41	0.1448
213.19	2.3884	181.53	1.343	182.76	0.3205	297.85	0.14166
220.53	2.5155	207.95	1.303	201.77	0.3263	297.85	0.20532
227.46	2.7337	221.67	1.2914	215.16	0.388	297.85	0.28652
239.78	2.892	235.52	1.3639	228.44	0.5258	297.85	0.34521
245.78	3.0454	249.4	1.3805	241.56	0.6124	297.85	0.40847
251.86	3.2142	270.03	1.4861	269.9	0.684	297.85	0.47417
257.81	3.3786	283.16	1.621	279.89	0.756	297.85	0.4651
263.38	3.4585	295.47	1.7426	291.59	0.9009	297.85	0.62375
268.48	3.493	318.01	1.7583	302.52	0.9505	297.85	0.70912
276.93	3.5927	351.35	1.8903	312.35	0.9829	297.85	0.76252
280.03	3.7554	351.35	1.9657	320.24	1.0578	297.85	0.80654
282.47	3.8222	351.35	1.9969	325.05	1.0756	297.85	0.77935
283.52	3.9785	351.35	2.0633	326.6	1.1374	297.85	0.84592
283.52	4.026	351.35	2.1016	326.6	1.1894	297.85	0.83967
283.52	4.0715	351.35	2.1377	326.6	1.2629	297.85	0.86109
283.52	4.106	351.35	2.232	326.6	1.365	297.85	0.90205
283.52	4.1896	351.35	2.3085	326.6	1.4139	297.85	0.91476
283.52	4.1898	351.35	2.3624	326.6	1.4293	297.85	0.9244
283.52	4.2412	351.35	2.3429	326.6	1.4517	297.85	0.89337
283.52	4.2939	351.35	2.3735	326.6	1.5192	297.85	0.85985
283.52	4.3807	351.35	2.3994	326.6	1.5897	297.85	0.85022
283.52	4.4473	351.35	2.348	326.6	1.713	297.85	0.9644
283.52	4.4118	351.35	2.3747	326.6	1.8146	297.85	1.0283
283.52	4.4648	351.35	2.3882	326.6	1.9253	297.85	1.1234
283.52	4.5128	351.35	3.3683	326.6	1.9526	297.85	1.1489
283.52	4.5237	351.35	3.504	326.6	2.0564	297.85	1.2848
283.52	4.4797	351.35	3.4661	326.6	2.1449	297.85	1.3091
283.52	4.4876	351.35	3.7648	326.6	2.2114	297.85	1.3266
283.52	4.546			326.6	2.2362	297.85	1.2701
283.52	4.6736			326.6	2.2421	297.85	1.2901
283.52	4.7256			326.6	2.296	297.85	1.2775
283.52	4.8818			326.6	2.2956	297.85	1.3436
283.52	5.0417			326.6	2.3823	297.85	1.3742
283.52	5.1219			326.6	2.3447	297.85	1.2732
283.52	5.2883			326.6	2.3053		
283.52	5.4618			326.6	2.2894		
283.52	5.57			326.6	2.3405		
283.52	5.7011			326.6	2.39		
283.52	5.6963			326.6	2.5164		
283.52	5.6216						

Lampiran 12. Tabel Hasil Perpindahan Horizontal dan Beban menggunakan Software Matlab Ncorr

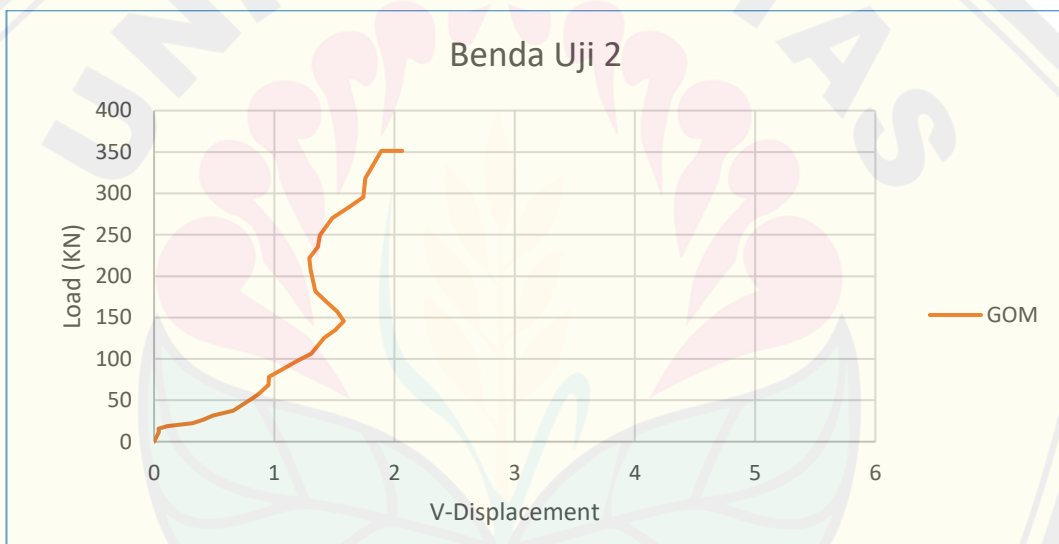
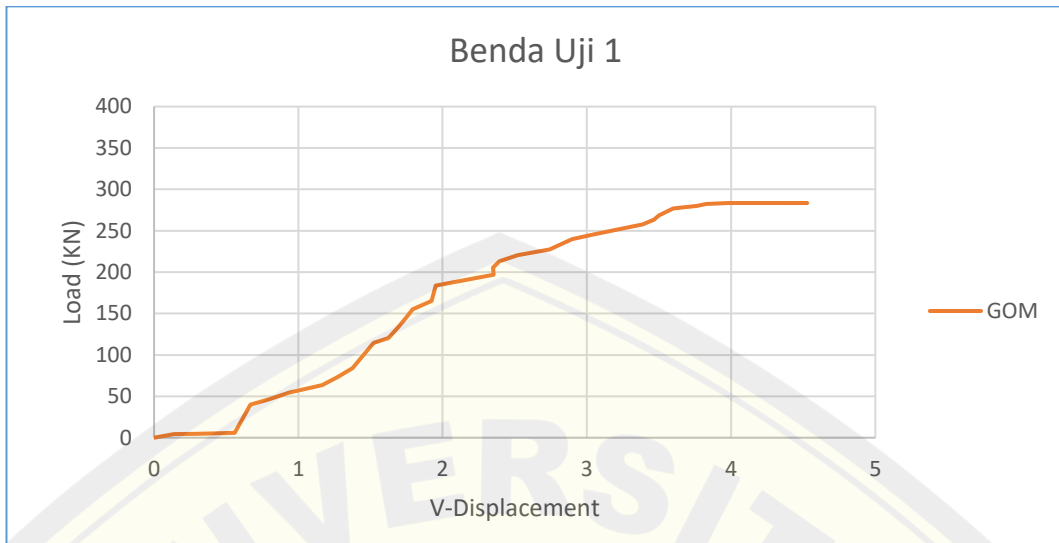
Perpindahan Horizontal GOM Correlate										
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5		
Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.21	0.0358	1.27	-0.0622	1.46	0.0948	1.56	0.0131	1.01	-0.0686	
1.81	0.1076	2.03	-0.0939	1.46	0.1862	1.56	0.0837	1.01	-0.0514	
2.11	0.1079	2.71	-0.1081	2.93	0.2835	4.05	0.1453	2.8	0.0184	
2.11	0.1771	3.27	-0.0438	2.93	0.3571	4.05	0.2303	2.8	-0.000432	
2.51	0.1514	3.27	-0.11	3.55	0.3895	5.01	0.2591	3.33	-0.0381	
2.51	0.1704	3.25	-0.1049	3.55	0.5215	5.01	0.3554	3.33	0.0354	
2.78	0.1132	3.66	-0.1313	3.93	0.6004	5.69	0.4273	3.74	0.1304	
2.78	0.1376	3.69	-0.169	3.93	0.6878	5.69	0.4534	3.78	0.0576	
2.85	0.1455	3.86	-0.2488	4.1	0.7844	6.11	0.5512	3.92	0.0637	
2.85	0.1255	3.86	-0.2718	4.1	0.8601	6.11	0.5596	3.98	0.0189	
2.85	0.137	3.9	-0.2852	4.12	0.9283	6.46	0.6497	4	0.1343	
2.85	0.1623	3.97	-0.3469	4.12	0.9727	6.46	0.6955	4	0.0512	
2.94	0.1527	3.97	-0.3999	4.16	0.9901	7.05	0.6984	4	0.0955	
2.94	0.1221	3.99	-0.4053	4.16	1.0534	7.05	0.7124	4	0.1232	
3.13	0.1484	3.99	-0.4636	4.25	1.0571	8	0.8295	4	0.0917	
3.13	0.1873	4.2	-0.382	4.25	1.1526	8	0.8722	4.01	0.1775	
3.53	0.1811	4.2	-0.3798	4.63	1.1724	9.26	0.9198	4.01	0.2148	
3.53	0.2217	4.74	-0.3419	4.63	1.172	9.26	0.9196	4.54	0.1602	
3.77	0.2223	4.74	-0.3051	5.26	1.2308	10.79	0.9714	4.54	0.1398	
3.77	0.2082	5.67	-0.328	5.26	1.2448	10.79	1.0233	5.16	0.2089	
3.84	0.1791	5.67	-0.2726	5.81	1.2472	12.69	1.0179	5.16	0.2194	
3.84	0.161	5.69	-0.2863	5.81	1.2535	12.69	1.0397	5.52	0.2578	
3.89	0.108	5.89	-0.2391	6.24	1.2174	15.06	1.0477	5.52	0.2908	
3.89	0.1011	6.82	-0.2454	6.24	1.2354	15.06	1.1028	5.86	0.285	
3.92	0.1375	6.82	-0.1308	6.73	1.202	18.04	1.1	5.86	0.2853	
3.92	0.1144	6.76	-0.0631	6.73	1.2253	18.04	1.042	6.39	0.2839	
3.95	0.086	6.76	0.0757	7.49	1.0769	21.74	1.006	6.39	0.331	
3.95	0.1218	7.4	0.1522	7.49	0.8171	21.74	1.0148	7.21	0.37	
4	0.0597	7.4	0.2651	8.58	0.75	21.79	0.9935	7.21	0.3543	
4	0.0461	8.44	0.3657	8.58	0.6275	26.1	0.9736	7.27	0.3855	
4.05	0.0736	8.44	0.442	9.54	0.5674	31.96	0.9763	8.3	0.4297	
4.51	0.078	9.46	0.4731	9.93	0.709	37.55	0.9211	9.63	0.4289	
4.51	0.1027	9.76	0.5215	11.53	0.6763	37.55	0.9141	9.63	0.461	
4.51	0.1123	11.44	0.5529	11.55	0.7049	44.81	0.8516	11.39	0.5074	
4.89	0.1734	11.44	0.6003	13.56	0.7006	44.81	0.8149	11.39	0.5319	
4.89	0.1886	13.45	0.543	13.56	0.7481	53.34	0.8234	13.64	0.5539	
5.45	0.1974	13.45	0.578	16.05	0.5764	53.34	0.8115	13.64	0.5601	
5.45	0.2321	15.52	0.6375	16.05	0.609	53.84	0.7543	16.37	0.6193	
5.75	0.2022	15.52	0.6115	19.14	0.626	63.05	0.7898	16.37	0.6294	
5.89	0.1941	18.85	0.5562	22.04	0.7219	74.02	0.7922	19.72	0.6136	
5.99	0.2236	18.85	0.5459	22.04	0.7047	74.02	0.7769	19.72	0.6309	
6.15	0.2147	22.55	0.5315	23	0.5478	86.04	0.7306	23.9	0.6149	
6.15	0.2313	22.99	0.5512	23.29	0.5601	86.04	0.7543	23.9	0.5925	
6.17	0.2497	26.63	0.5751	27.29	0.5478	98.52	0.7484	29.01	0.6028	
6.44	0.2666	26.65	0.5908	32.45	0.5908	98.52	0.7352	29.01	0.5621	
6.82	0.2777	31.6	0.5354	32.45	0.5715	110.94	0.6583	35.03	0.5447	
6.88	0.3224	31.6	0.5483	38.23	0.5868	110.94	0.6423	35.03	0.5419	
7.45	0.3368	37.94	0.5781	48.33	0.6148	129.42	0.6454	42.03	0.5223	
7.45	0.2817	43.85	0.5455	48.33	0.7047	129.42	0.6121	42.03	0.5458	
8.36	0.383	43.85	0.5763	48.39	0.6193	141.72	0.5748	50.08	0.6436	
8.36	0.3952	43.85	0.5415	56.05	0.6689	141.72	0.5467	50.08	0.6065	
9.45	0.3983	51.79	0.5734	64.69	0.6332	154.01	0.5447	59.2	0.5588	
9.48	0.3971	51.79	0.5324	64.69	0.5781	154.01	0.5342	59.2	0.5416	
10.89	0.4207	59.45	0.5317	74.44	0.4316	166.24	0.5116	59.2	0.4984	
10.89	0.3968	68.59	0.5137	74.44	0.5227	166.24	0.4562	59.28	0.51	
12.6	0.3892	68.59	0.4969	85.94	0.5082	178.25	0.5065	70.15	0.5824	
12.66	0.3814	68.59	0.4079	85.94	0.6199	178.25	0.4867	80.15	0.5796	
14.66	0.3716	78.84	0.4216	97.54	0.5755	190.1	0.4699	91.32	0.5261	
14.66	0.3567	78.84	0.4036	97.54	0.5867	201.85	0.5029	91.38	0.5539	
17.17	0.3742	87.95	0.528	111.48	0.5449	201.85	0.4444	122.24	0.5572	
17.17	0.3199	97.85	0.4534	111.48	0.5691	213.37	0.4295	122.28	0.5166	
20.24	0.3677	97.85	0.6248	127.1	0.5141	224.54	0.4563	112.88	0.5841	
20.24	0.3488	106.43	0.5614	127.1	0.592	224.54	0.4681	112.88	0.6046	
23.98	0.331	106.43	0.5125	143.49	0.5895	235.1	0.4312	123.34	0.6266	

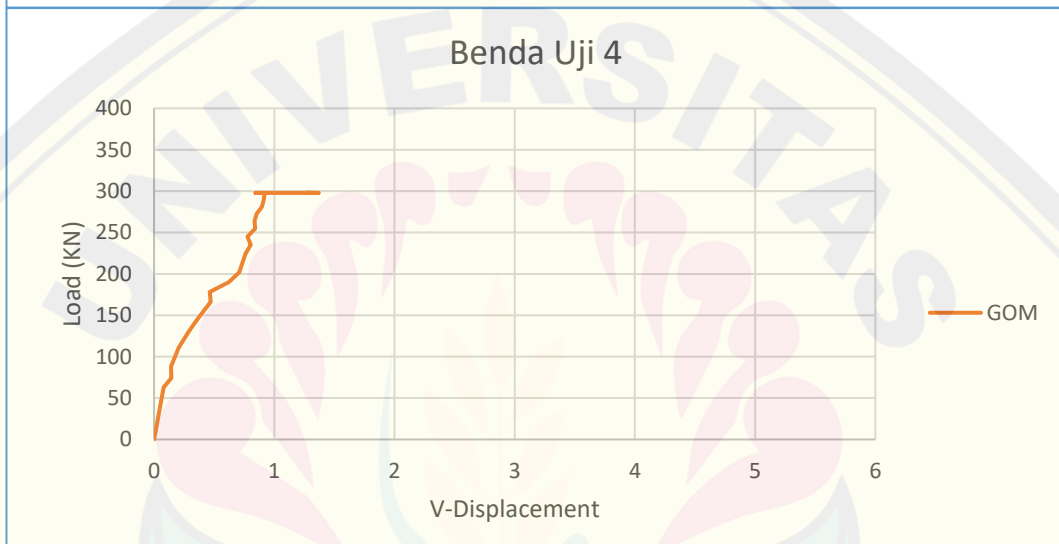
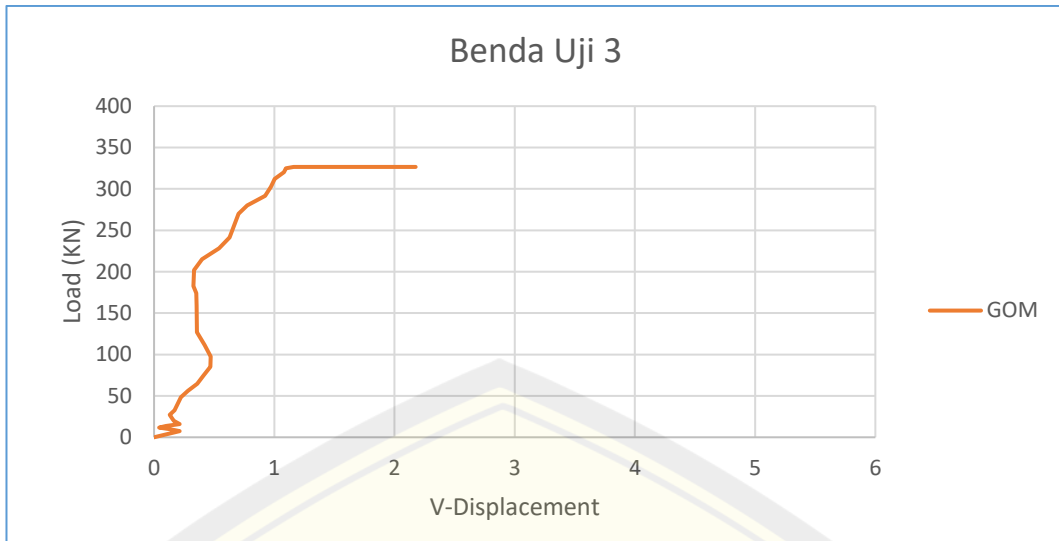
Perpindahan Horizontal GOM Correlate									
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Beban	Displacem	Beban	Displacem	Beban	Displacem	Beban	Displacem	Beban	Displacem
23.98	0.2852	106.45	0.5939	143.49	0.6484	235.1	0.4618	123.39	0.6119
28.44	0.3654	115.45	0.5595	159.26	0.6229	245.13	0.4751	133.69	0.6098
28.44	0.3007	125.45	0.6633	159.26	0.6793	245.19	0.5219	133.69	0.621
33.66	0.3683	124.89	0.6085	174.1	0.6632	254.86	0.4673	143.94	0.6082
33.68	0.3649	124.89	0.6206	174.1	0.6452	254.86	0.4855	143.94	0.6353
39.75	0.3777	134.59	0.6671	188.16	0.6402	264.28	0.5034	154.17	0.635
39.75	0.3692	145.89	0.6687	188.16	0.664	264.28	0.5042	154.39	0.6509
46.7	0.3709	145.89	0.6475	201.73	0.6263	273.06	0.4698	164.25	0.6599
46.7	0.384	157.8	0.6548	201.73	0.6247	273.06	0.4457	164.25	0.6274
54.57	0.3167	157.89	0.6439	215.16	0.6247	281.17	0.4957	174.05	0.6443
54.57	0.2578	169.09	0.6594	215.16	0.6271	281.17	0.4527	174.08	0.6266
63.37	0.3256	169.09	0.6594	228.44	0.6233	288.44	0.4666	193.48	0.617
63.39	0.333	181.53	0.7589	228.44	0.5431	288.44	0.4006	193.48	0.6415
73.14	0.3064	181.53	0.7355	241.56	0.6253	294.35	0.4892	193.48	0.5996
73.14	0.3386	194.5	0.771	241.56	0.5265	294.35	0.4242	203.4	0.5745
83.05	0.4028	194.5	0.7433	254.59	0.4868	297.85	0.4308	201.1	0.5522
83.05	0.3782	207.95	0.7785	254.59	0.5143	297.85	0.4197	209.18	0.5339
95.48	0.3527	207.95	0.7743	267.48	0.5462	297.85	0.5236	209.18	0.505
95.48	0.3693	221.63	0.7885	267.48	0.5073	297.85	0.6245	216.39	0.4896
107.69	0.3287	221.63	0.8334	279.89	0.5478	297.85	0.561	216.39	0.4763
107.69	0.4127	235.52	0.7352	279.89	0.5361	297.85	0.4337	222.67	0.4647
120.05	0.3875	235.52	0.7782	291.59	0.5799	297.85	0.7072	222.67	0.3963
132.69	0.4097	249.4	0.7139	291.59	0.5395	297.85	0.6145	228.06	0.3934
132.69	0.4196	249.4	0.7638	302.52	0.5279	297.85	0.5578	228.06	0.3477
132.69	0.3793	270.03	0.691	302.52	0.6326	297.85	0.4929	232.43	0.3599
144.25	0.3728	270.03	0.6767	312.39	0.688	297.85	0.5522	232.43	0.3219
153.15	0.4298	283.75	0.6438	312.99	0.7207	297.85	0.5805	236.89	0.3484
156.1	0.3753	283.75	0.6432	320.24	0.6925	297.85	0.516	236.89	0.3639
158.18	0.3535	295.47	0.5196	320.29	0.6616	297.85	0.5532	238.73	0.3341
165.27	0.3674	295.47	0.4947	325.05	0.7294	297.85	0.5105	238.73	0.3391
169.27	0.3892	307.07	0.4468	325.05	0.6727	297.85	0.5695	240.04	0.3177
174.09	0.3746	318.01	0.3731	326.6	0.7009	297.85	0.5223	240.04	0.3327
182.9	0.4158	318.01	0.3054	326.6	0.7769	297.85	0.503	241.17	0.3119
183.06	0.4043	327.79	0.331	326.6	0.8124	297.85	0.4716	241.17	0.3341
196.04	0.3398	327.79	0.3253	326.6	0.7559	297.85	0.5242	242.34	0.3293
196.94	0.3595	335.56	0.3183	326.6	0.7112	297.85	0.537	242.34	0.3312
208.94	0.3073	335.56	0.2867	326.6	0.7234	297.85	0.5718	243.65	0.3345
205.34	0.3121	341.65	0.2727	326.6	0.8192	297.85	0.4963	243.65	0.3822
209.95	0.312	345.61	0.2876	326.6	0.6954	297.85	0.6996	244.96	0.3901
213.79	0.335	346.46	0.3603	326.6	0.716	297.85	0.5684	244.96	0.4496
213.79	0.2799	346.46	0.2712	326.6	0.7499	297.85	0.4945	246.05	0.4556
220.55	0.3623	349.72	0.2518	326.6	0.7161			246.05	0.5235
227.46	0.3777	349.75	0.2261	326.6	0.6528			246.92	0.555
227.46	0.3484	351.35	0.3014	326.6	0.6639			246.92	0.6166
232.09	0.3583	351.55	0.3353	326.6	0.673			247.17	0.6542
233.05	0.3595	351.55	0.3183	326.6	0.7112			247.17	0.3312
233.75	0.3448	351.95	0.3615	326.6	0.4842			247.17	0.7468
239.75	0.3553	351.95	0.3467	326.6	0.4493			247.17	0.763
245.75	0.3747	351.95	0.2871	326.6	0.3905			247.17	0.831
245.78	0.3156	351.95	0.2355	326.6	0.3037			247.17	0.7954
251.05	0.3958	351.95	0.2586	326.6	0.4247			247.17	0.7497
251.05	0.4101	351.95	0.2949	326.6	0.3331			247.17	0.7646
257.01	0.4048	351.95	0.3086	326.6	0.3928			247.17	0.7827
257.01	0.3985	351.95	0.2928	326.6	0.2567			247.17	0.7743
263.08	0.408	351.95	0.3266	326.6	0.3473			247.17	0.8211
263.95	0.3939	351.95	0.3783	326.6	0.3072			247.17	0.7907
268.44	0.398	351.95	0.5239	326.6	0.3085			247.17	0.78
268.44	0.3565	351.95	0.5968	326.6	0.2268			247.17	0.8141
273.05	0.4619	351.95	0.6458	326.6	0.417			247.17	0.8118
273.05	0.4493	351.95	0.6686	326.6	0.3276			247.17	0.8739
273.99	0.4885	351.95	0.8059	326.6	0.2639			247.17	0.8011
273.99	0.4772	351.95	0.9171	326.6	0.2328			247.17	0.9122
280.05	0.5683	351.95	1.1388					247.17	0.9292
280.05	0.5531	351.95	1.1827					247.17	0.9838
282.47	0.5938	351.95	1.2762					247.17	0.9566

Perpindahan Horizontal GOM Correlate

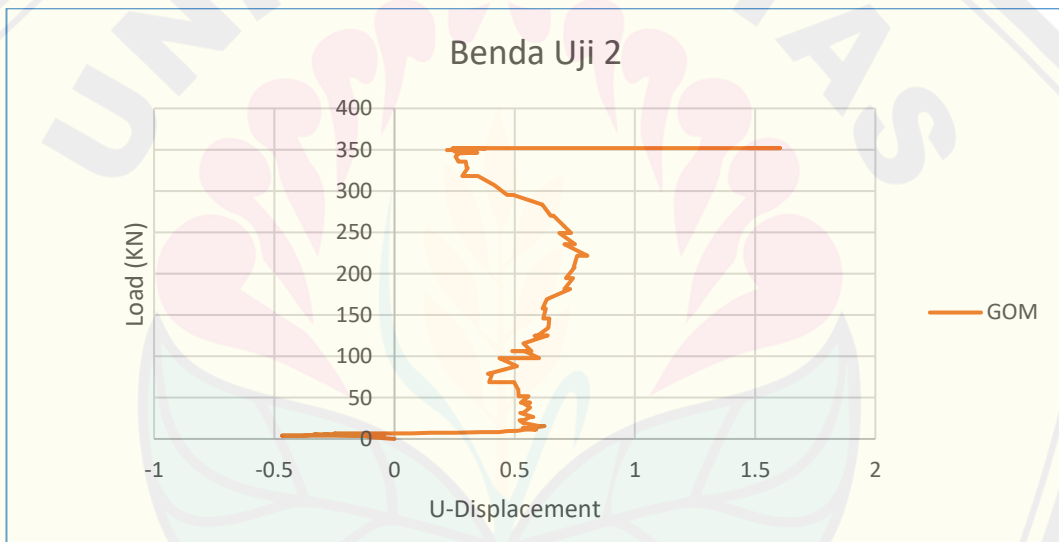
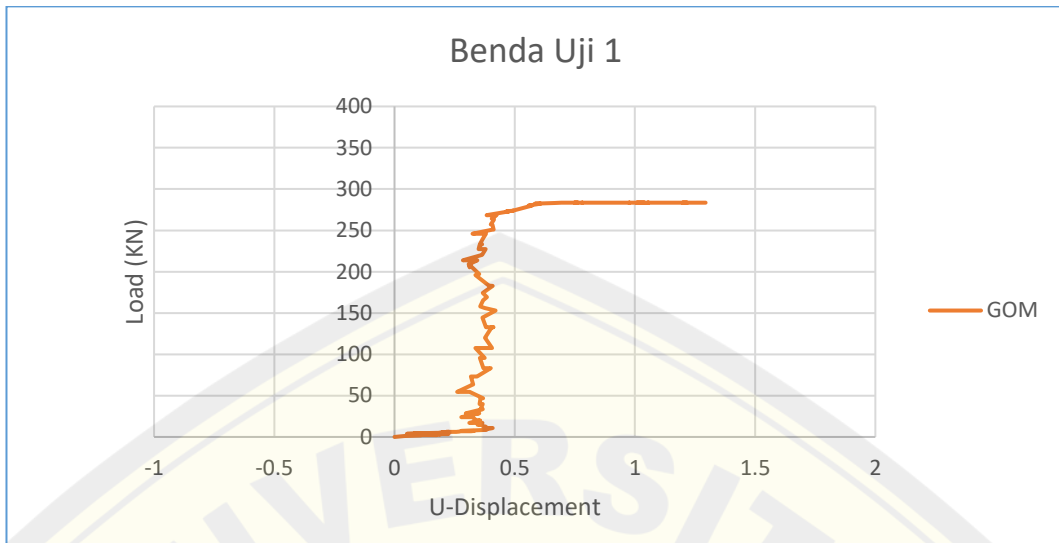
Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Benda Uji 4		Benda Uji 5	
Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement	Beban	Displacement
282.47	0.5681	351.95	1.383					247.17	1.0144
283.05	0.6496	351.95	1.4758					247.17	0.9845
283.52	0.684	351.95	1.5072					247.17	1.0025
283.52	0.709	351.95	1.561					247.17	1.002
283.52	0.7437	351.95	1.4191					247.17	1.0432
283.52	0.7294							247.17	0.9871
283.52	0.7617								
283.52	0.7584								
283.52	0.8108								
283.52	0.8485								
283.52	0.8455								
283.52	0.8672								
283.52	0.8775								
283.52	0.9112								
283.52	0.9407								
283.52	0.9448								
283.52	0.9766								
283.52	1.0021								
283.52	0.9631								
283.52	0.9886								
283.52	1.013								
283.52	1.0087								
283.52	1.0186								
283.52	1.0956								
283.52	1.1455								
283.52	1.1694								
283.52	1.1515								
283.52	1.1778								
283.52	1.1986								
283.52	1.2455								

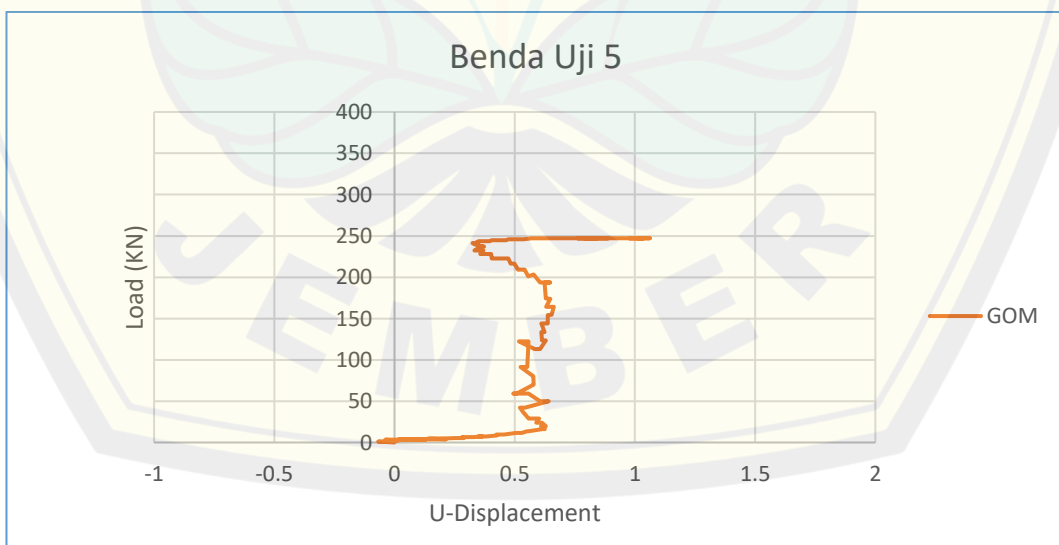
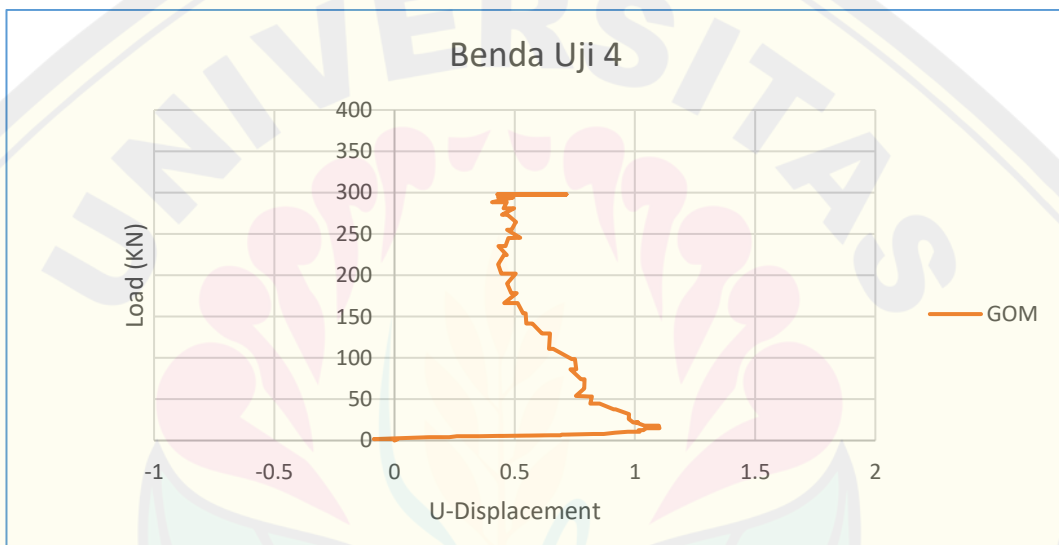
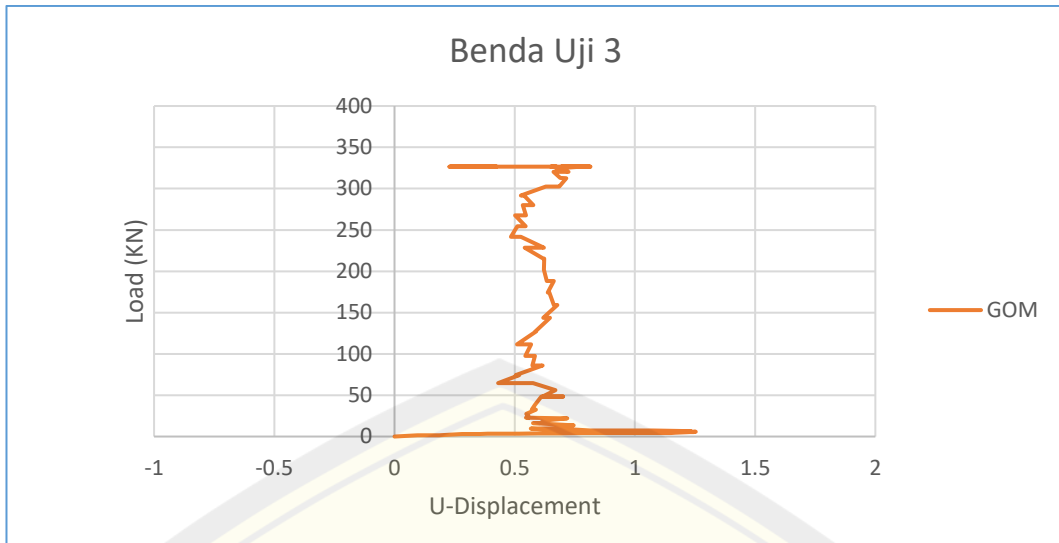
Lampiran 13. Grafik Hasil Perpindahan Vertikal dan Tegangan menggunakan Software GOM *Correlate*



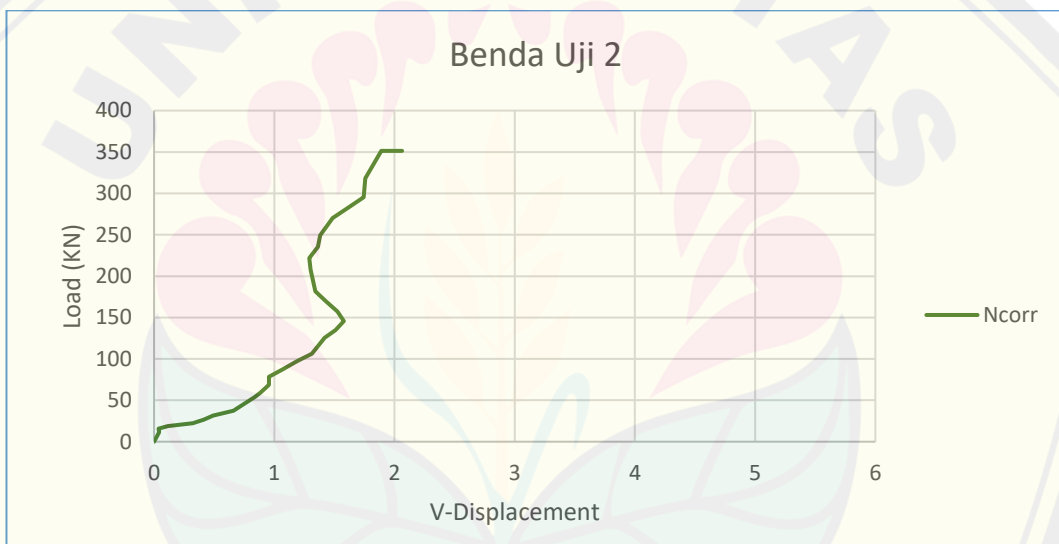
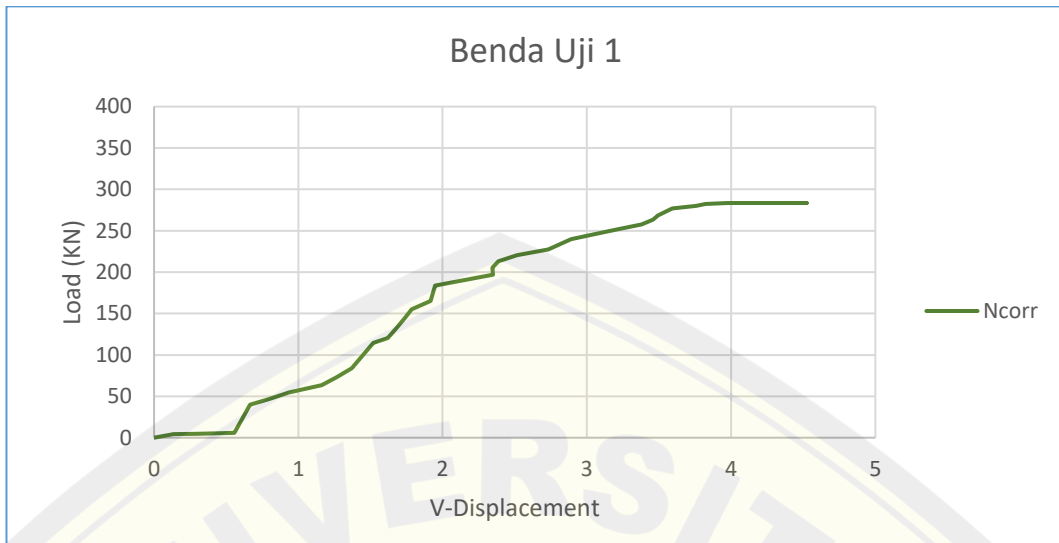


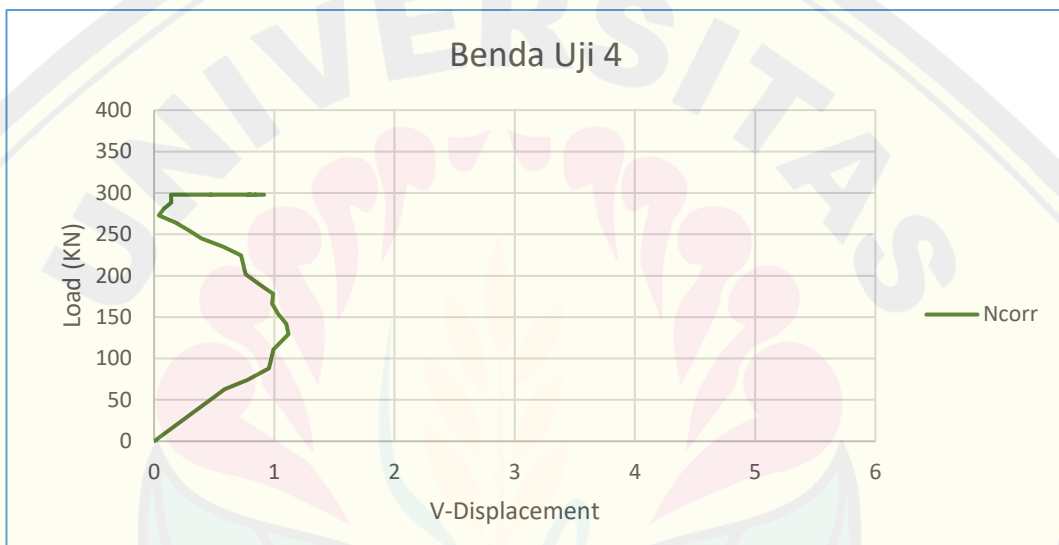
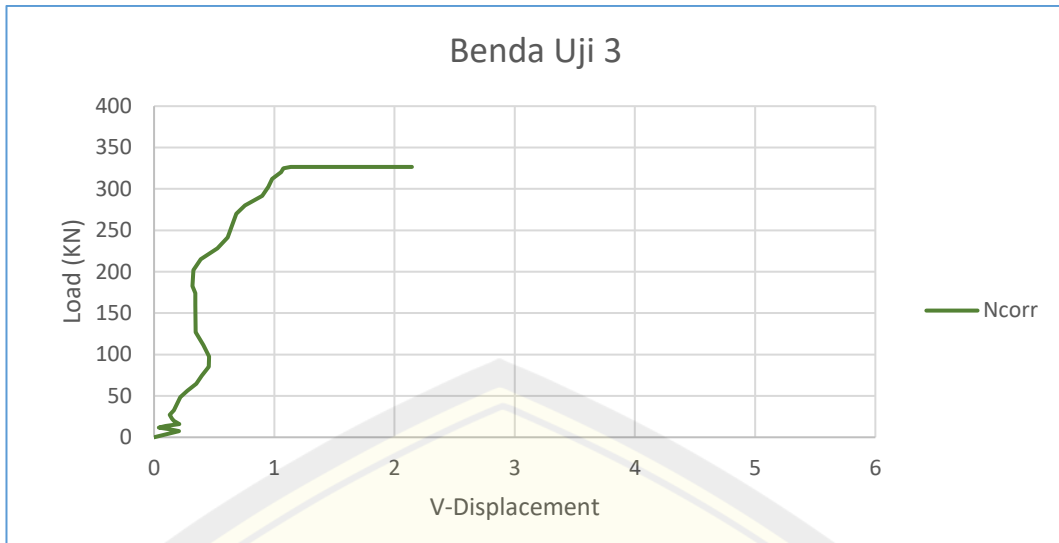
Lampiran 14. Grafik Hasil Perpindahan Horizontal dan Tegangan menggunakan Software GOM *Correlate*



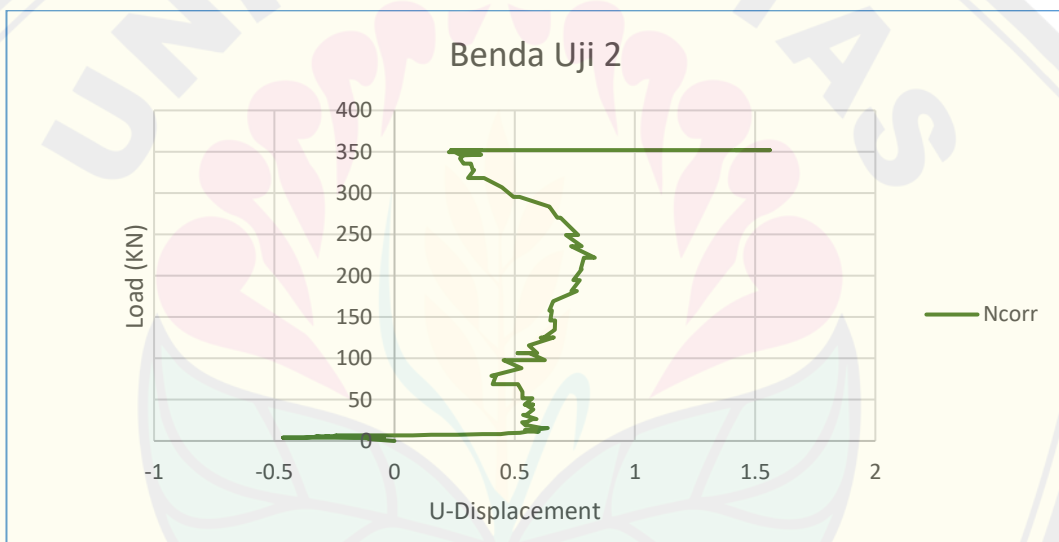
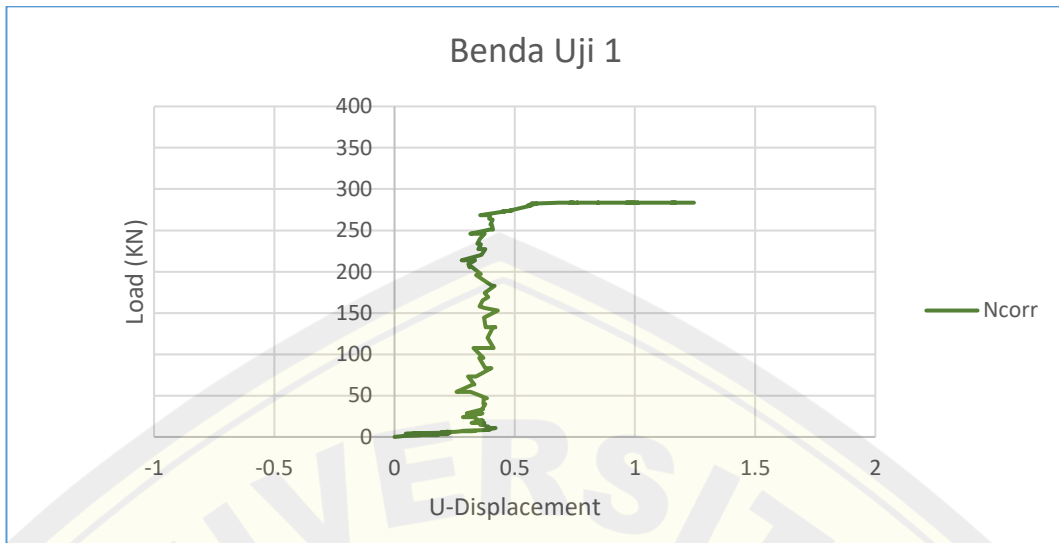


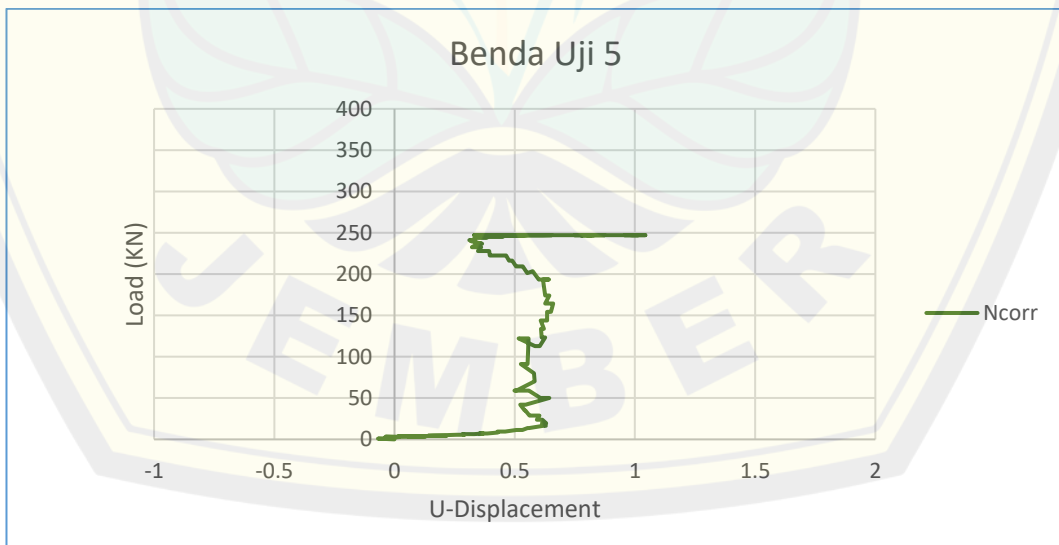
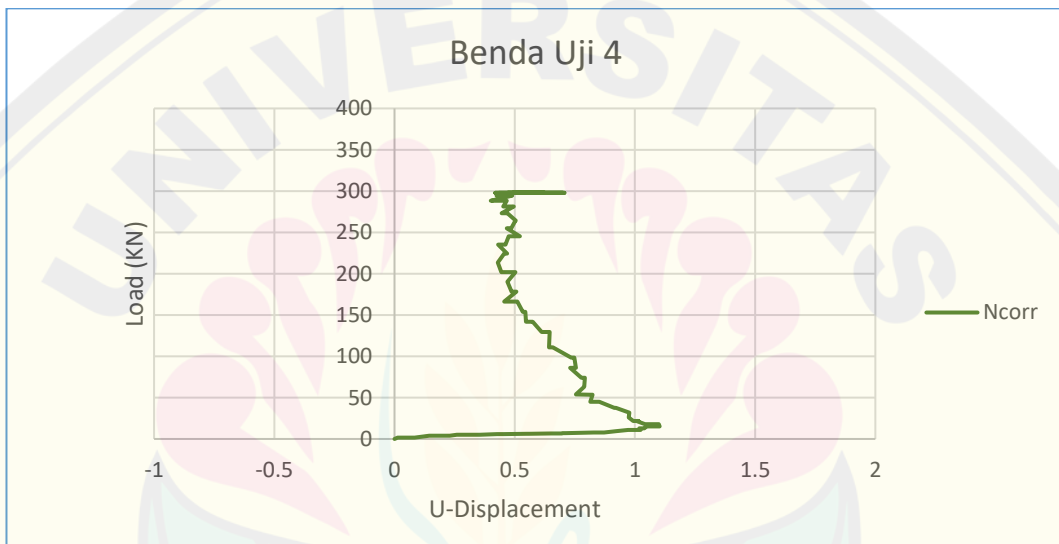
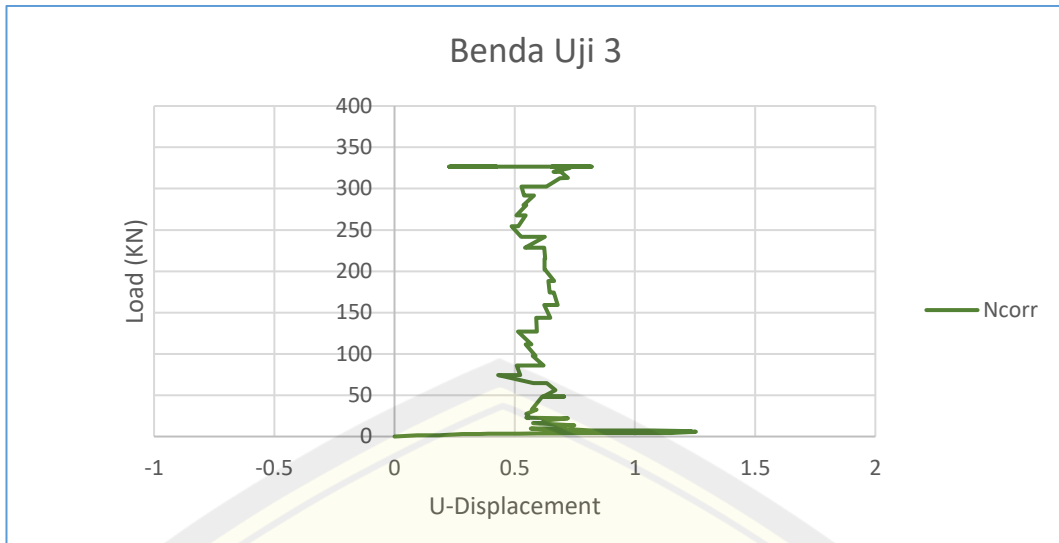
Lampiran 15. Grafik Hasil Perpindahan Vertikal dan Tegangan menggunakan Software Matlab Ncorr





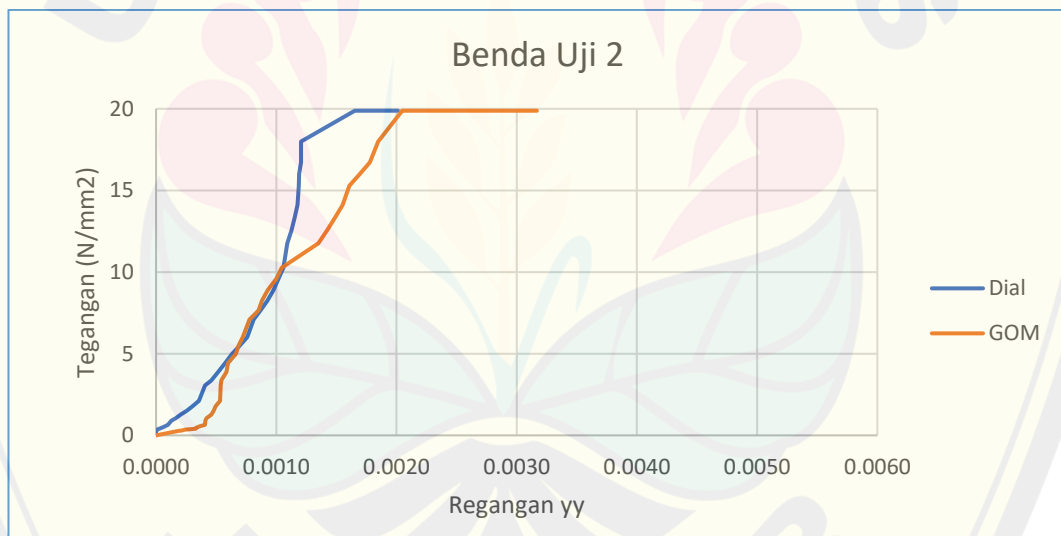
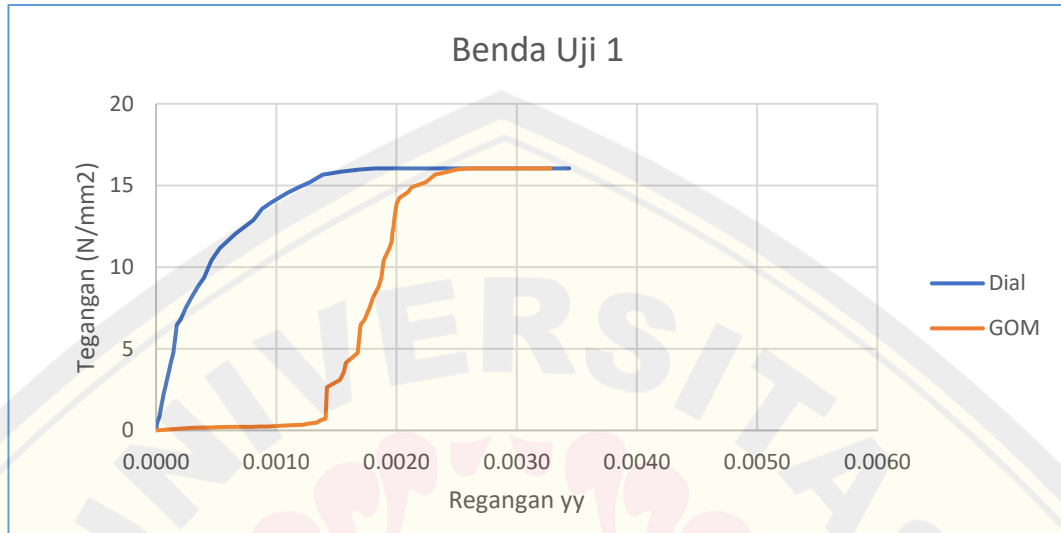
Lampiran 16. Grafik Hasil Perpindahan Horizontal dan Tegangan menggunakan Software Matlab Ncorr

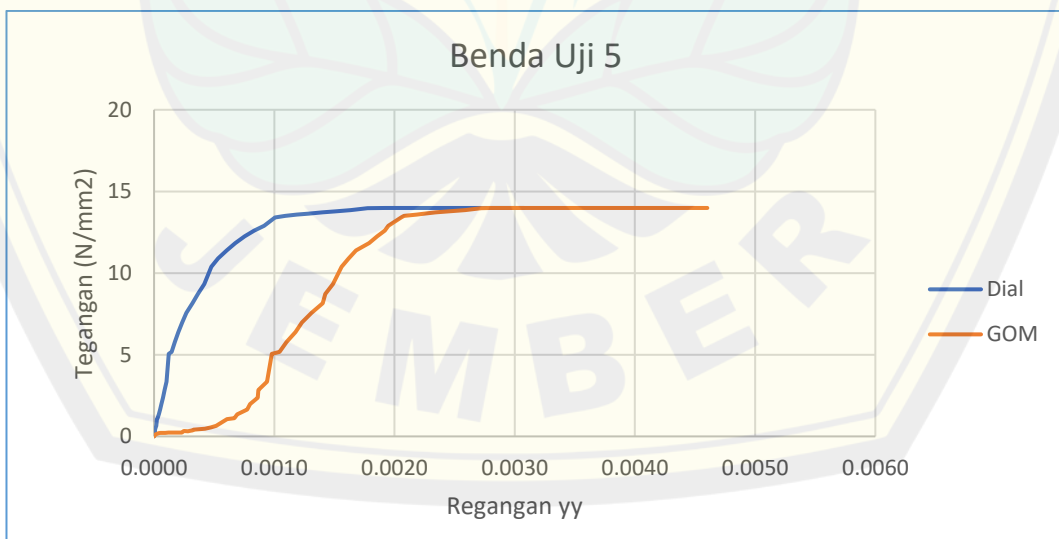
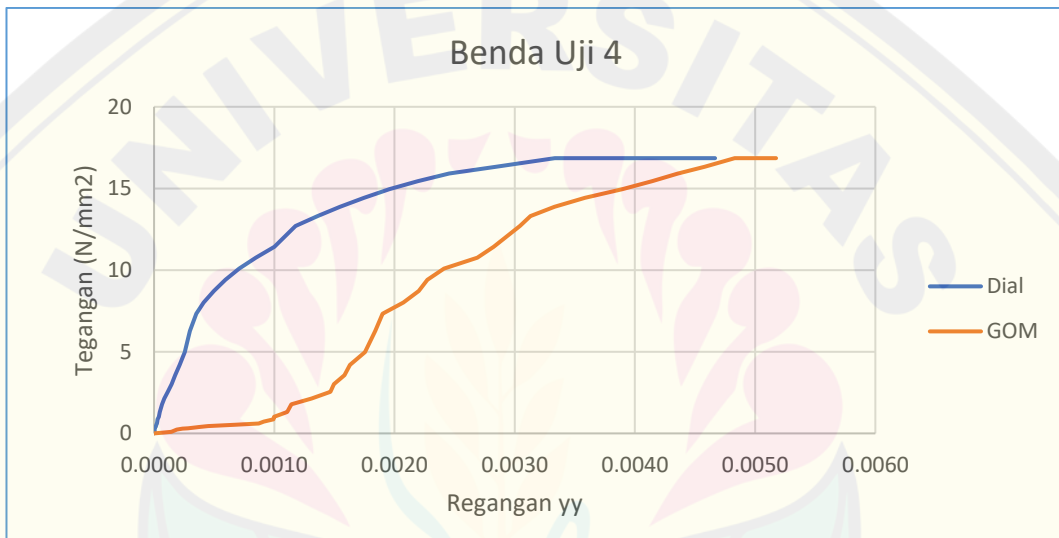
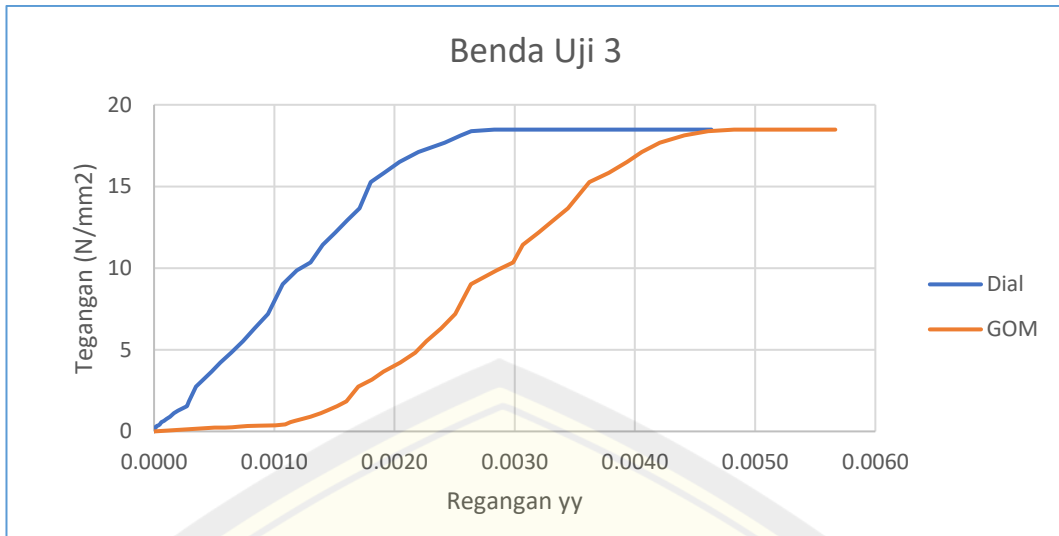




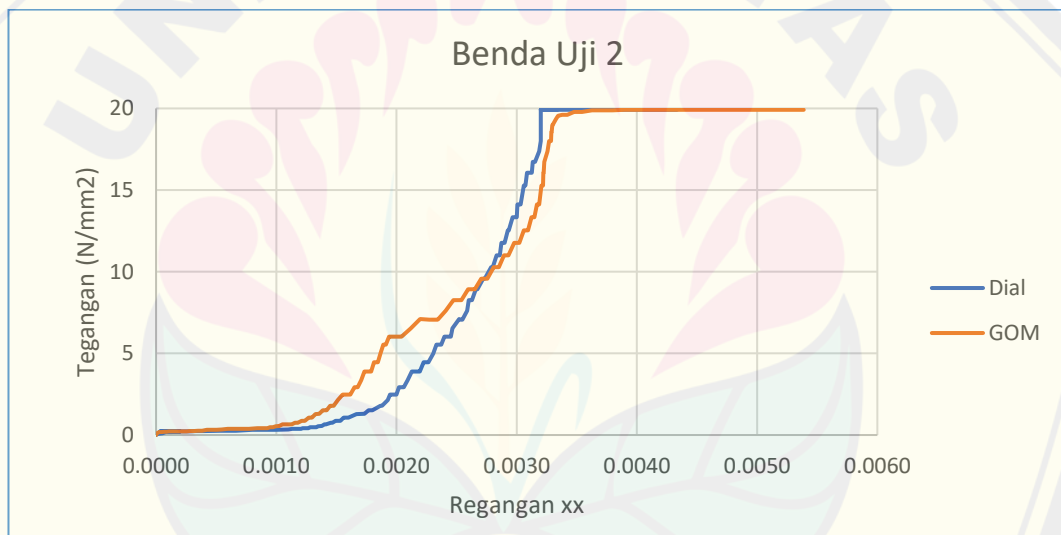
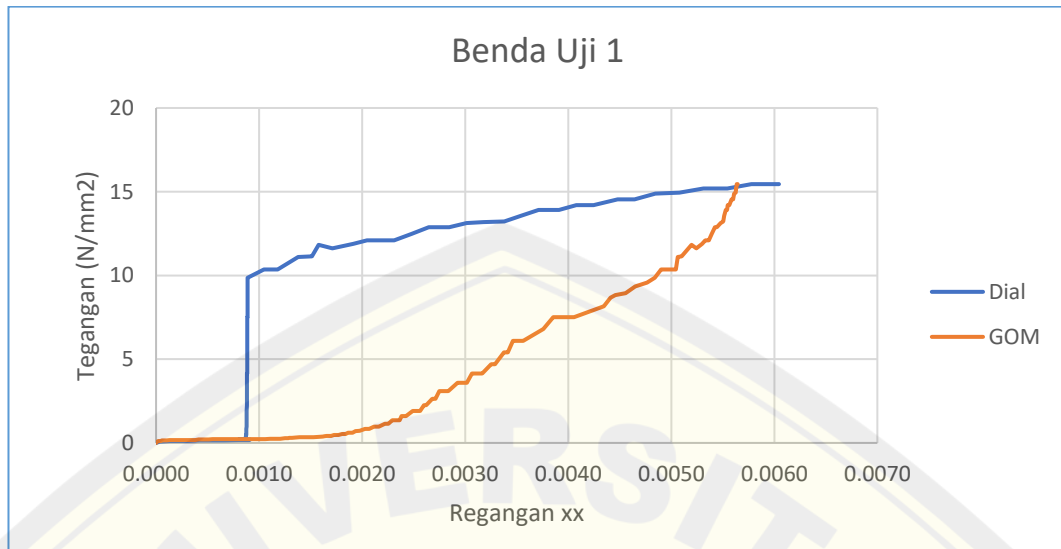
Lampiran 17. Grafik Hasil Perbandingan Regangan dan Tegangan antara Bantuan *Dial Indicator* dengan *GOM Correlate*

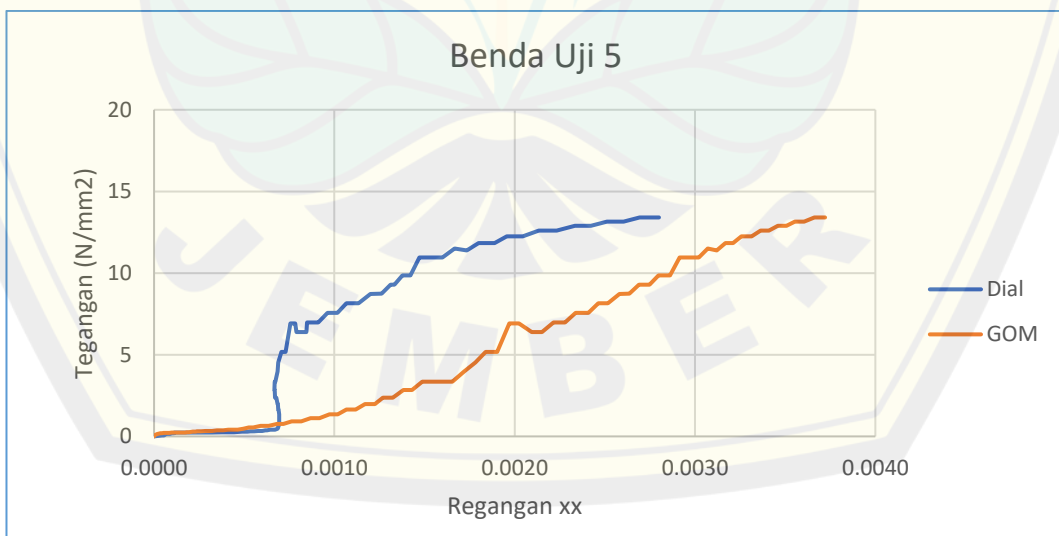
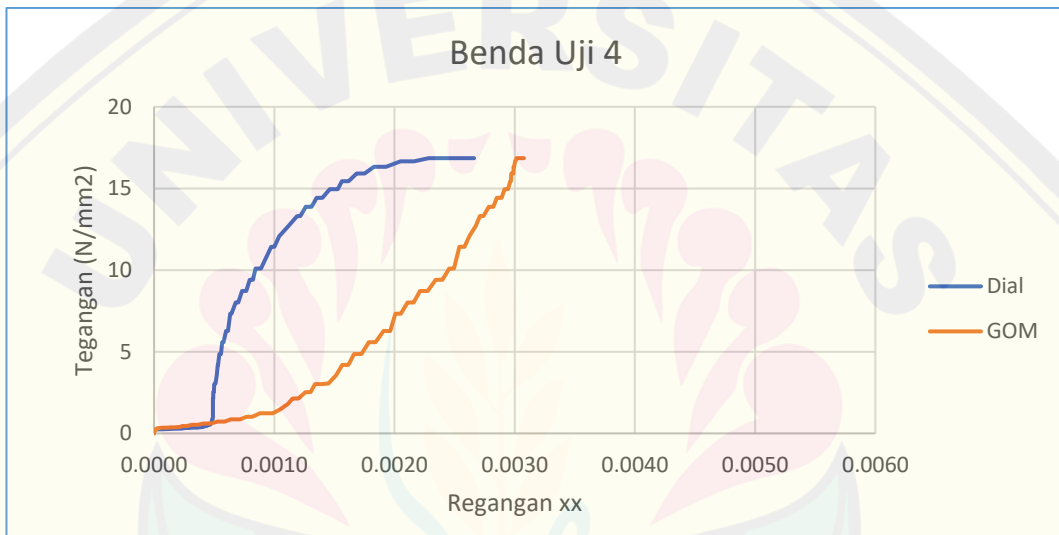
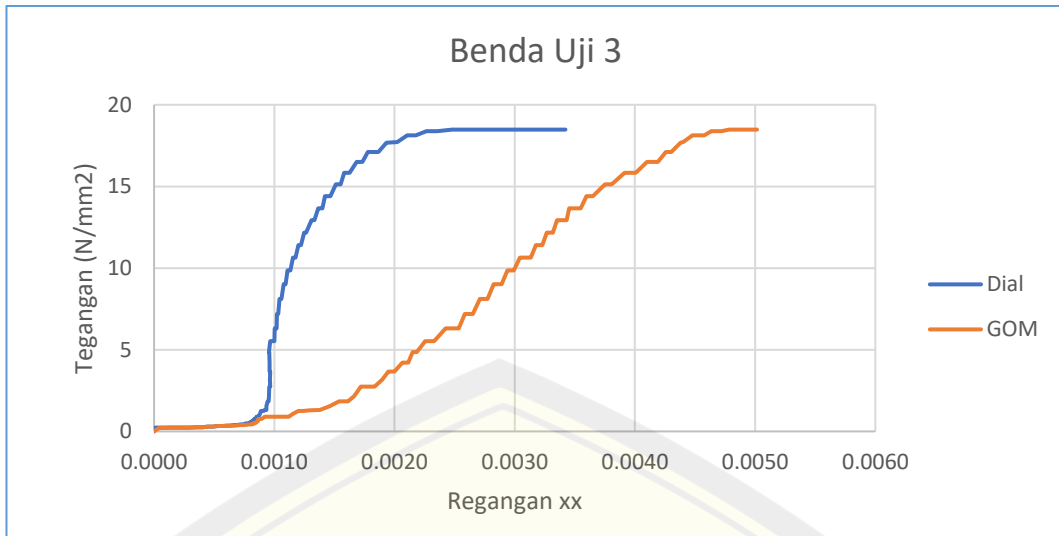
17.a. Regangan Vertikal





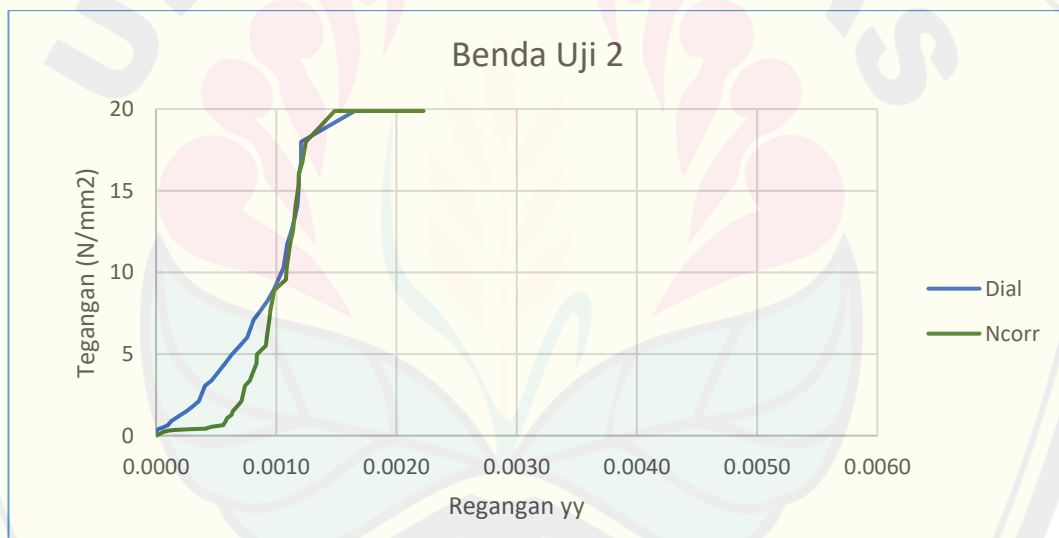
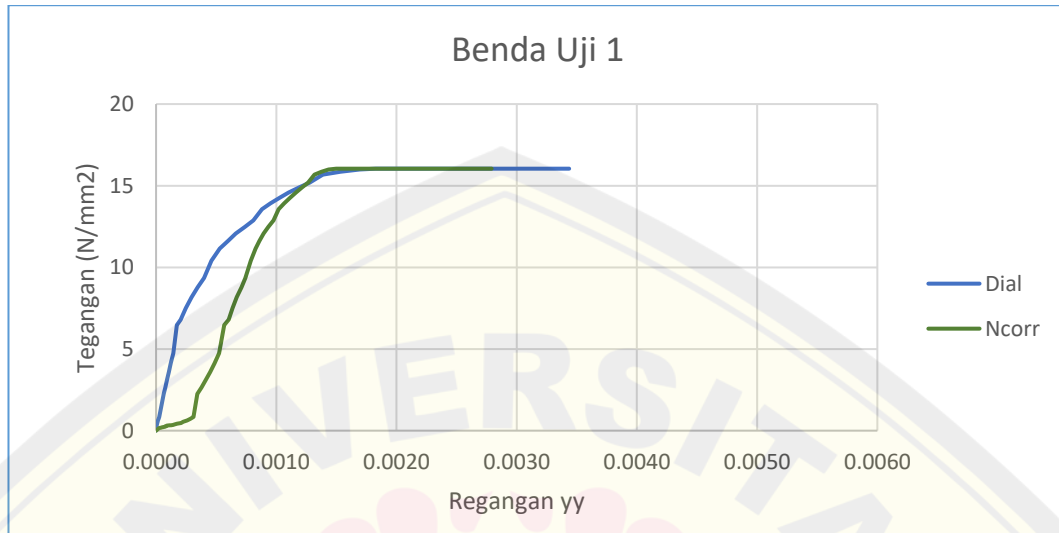
17.b. Regangan Horizontal

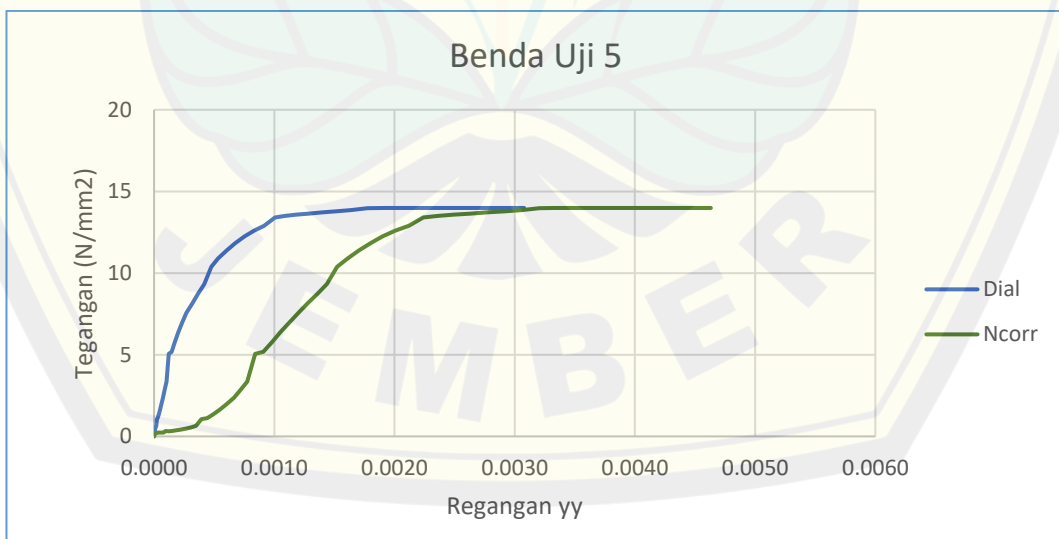
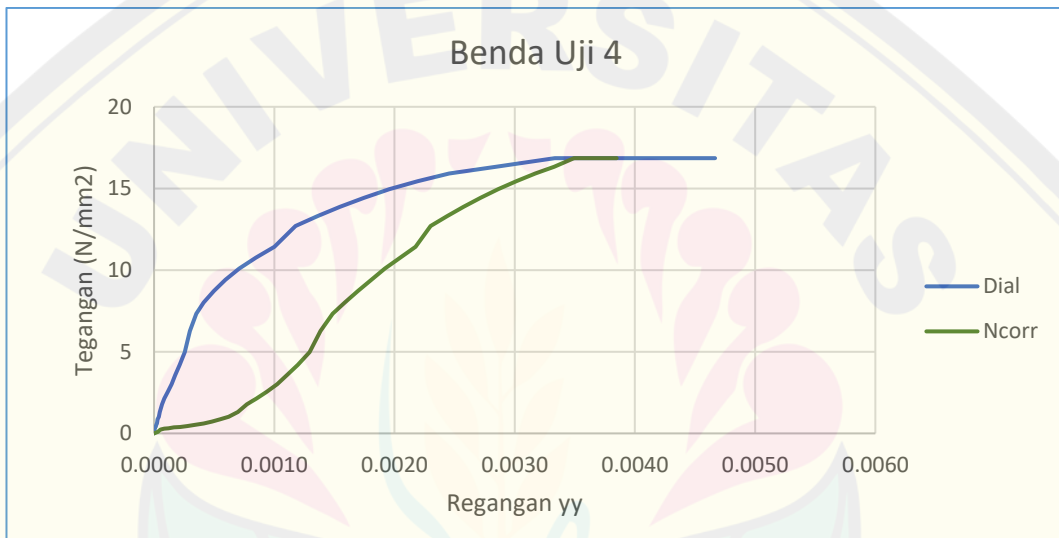
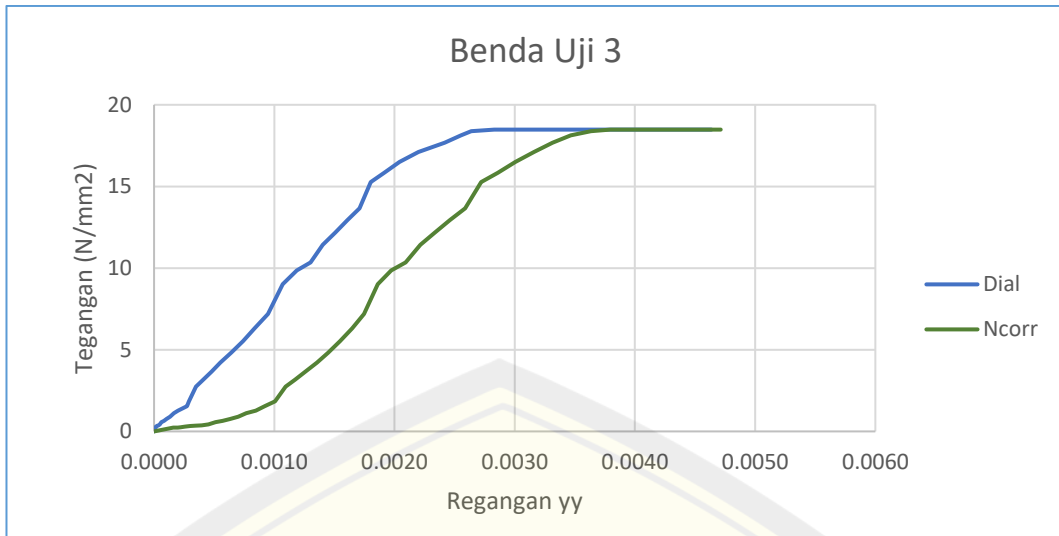




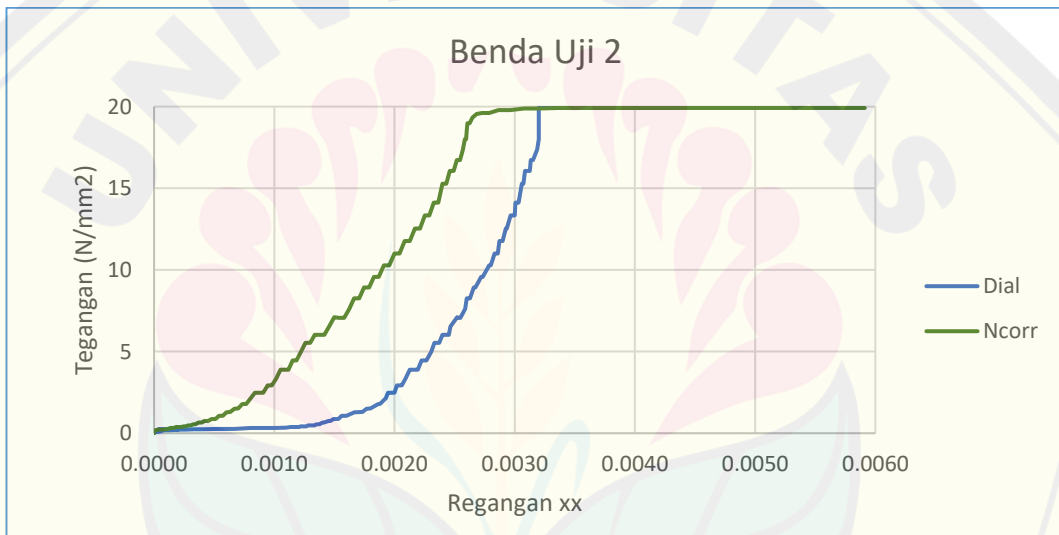
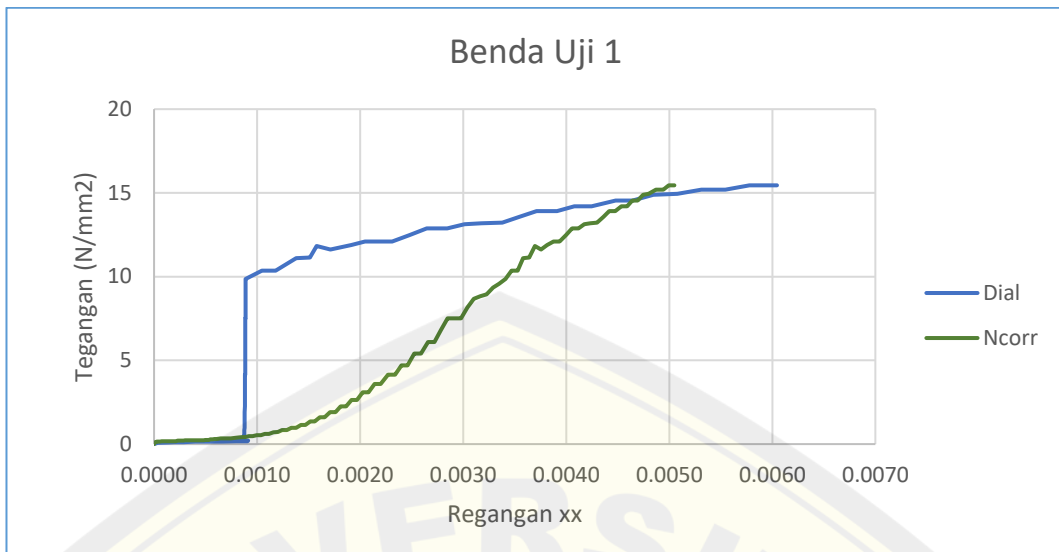
Lampiran 18. Grafik Hasil Perbandingan Regangan dan Tegangan antara Bantuan *Dial Indicator* dengan Matlab Ncorr

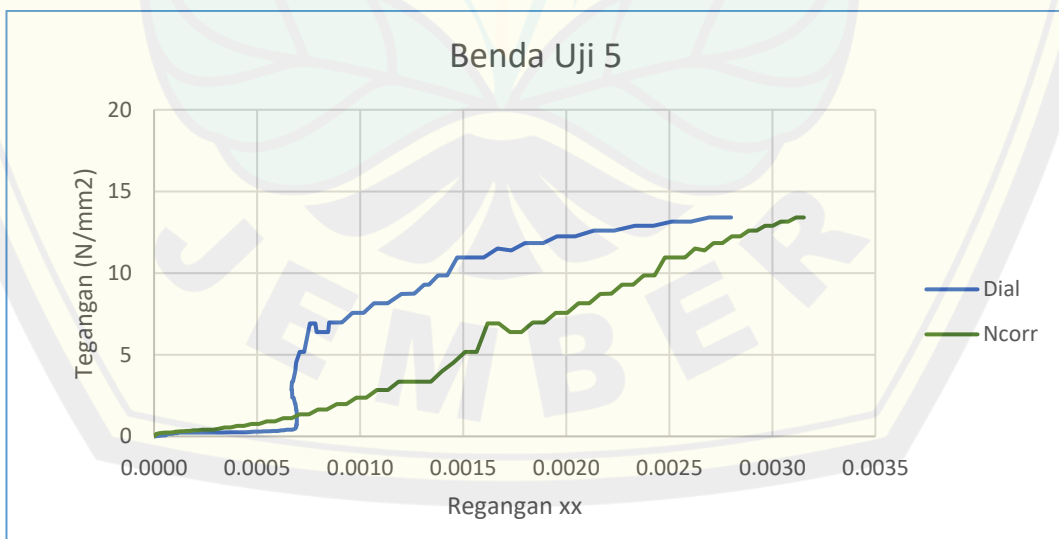
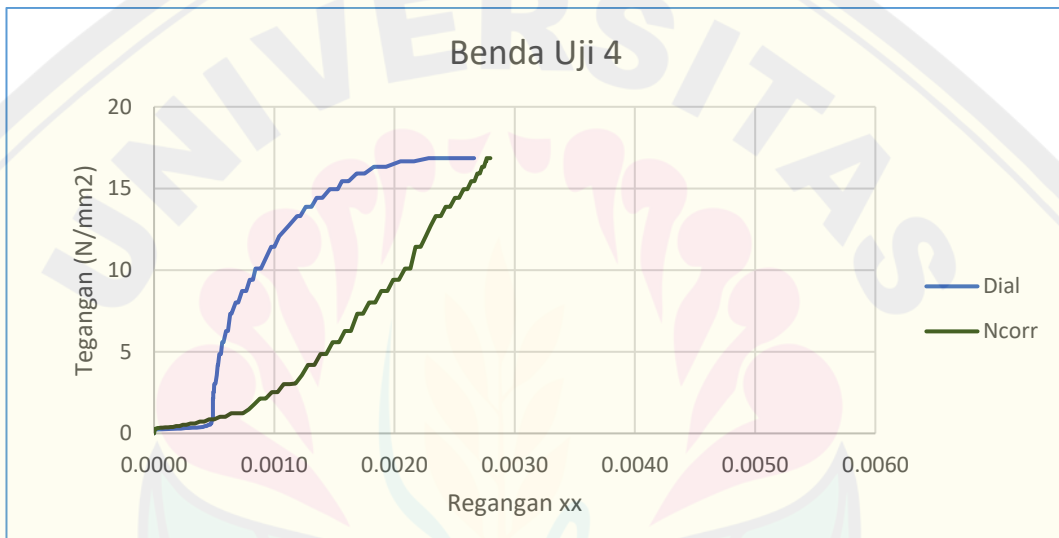
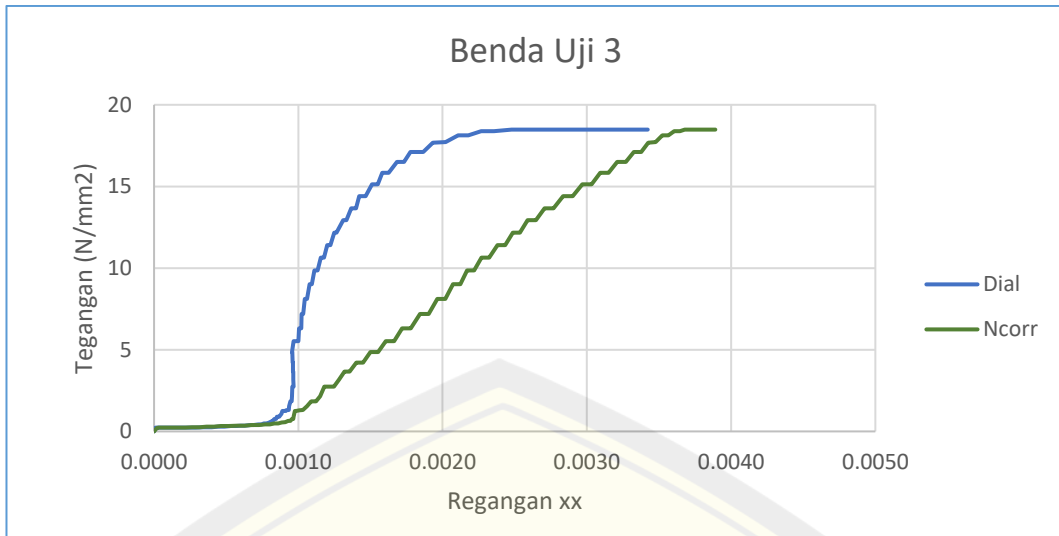
18.a. Regangan Vertikal





18.a. Regangan Horizontal





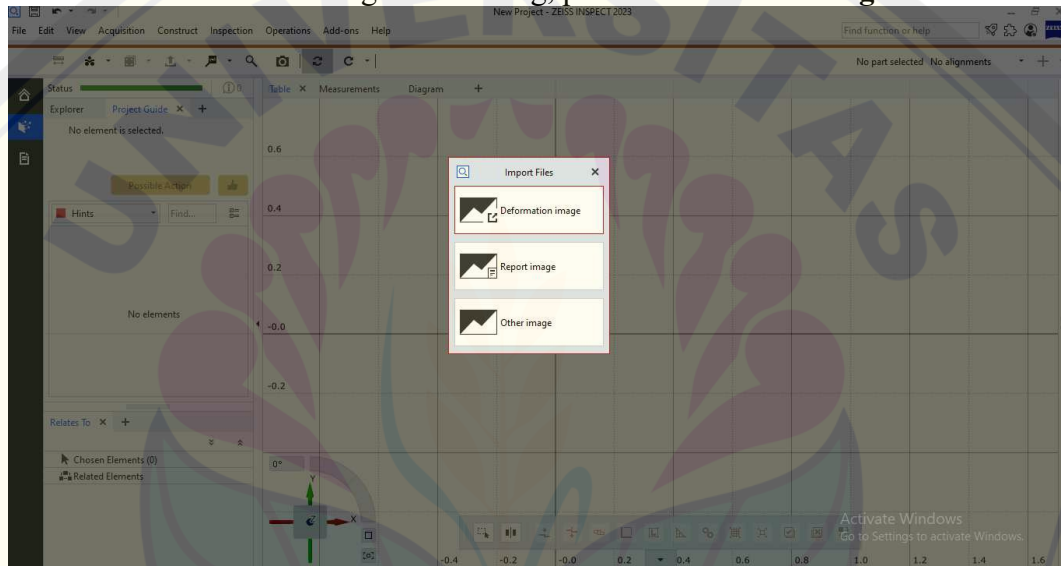
Lampiran 19. Tahapan Pengolahan Data Metode DIC menggunakan Software GOM Correlate

Instalasi GOM CORRELATE

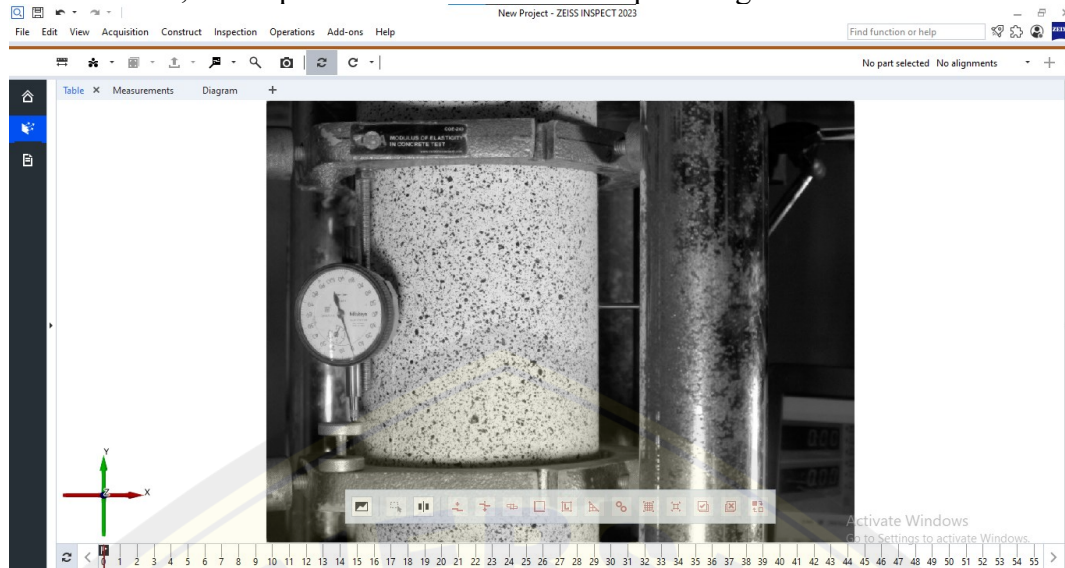
GOM *CORRELATE* merupakan software open source yang dapat digunakan untuk mengolah data 2D dan 3D DIC yang sekarang berubah nama menjadi GOM *Correlate* yang dapat diunduh pada website [GOM Correlate is now GOM Correlate](#). Penelitian ini menggunakan GOM *Correlate* 2023.

Menginput Data

Setelah berhasil mengunduh software Zeiss Inspect, selanjutnya buka software **GOM Correlate 2023** > **New Project** Lalu drag gambar yang ingin dianalisis ke GOM *Correlate*. Untuk menginput gambar juga dapat langsung dilakukan dengan drag gambar pada tampilan awal GOM *CORRELATE*, software ini akan otomatis membuat file baru. Setelah gambar didrag, pilih **deformation image**

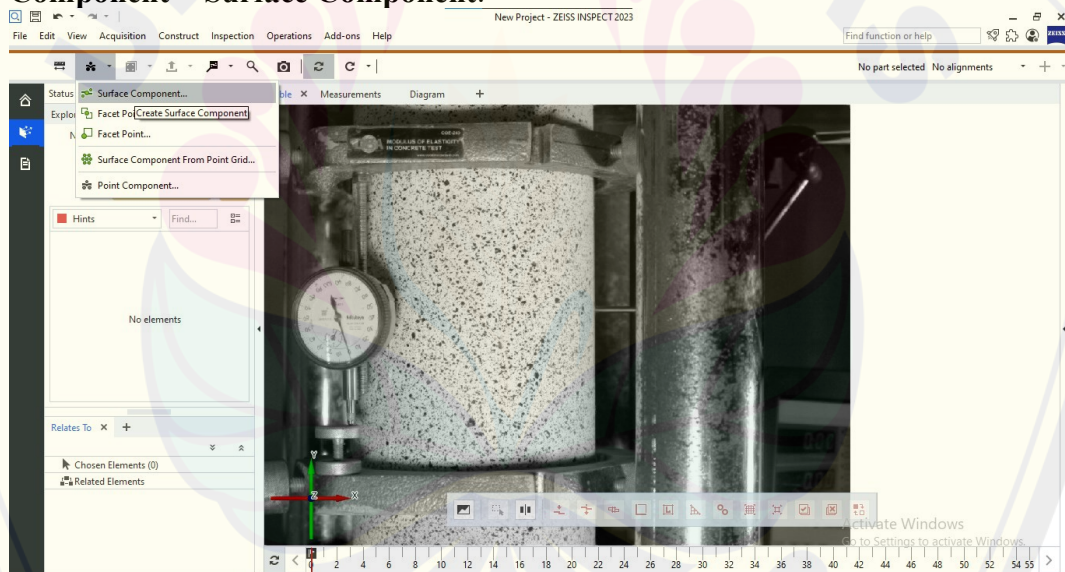


Setelah itu, tampilan GOM akan seperti gambar dibawah ini.

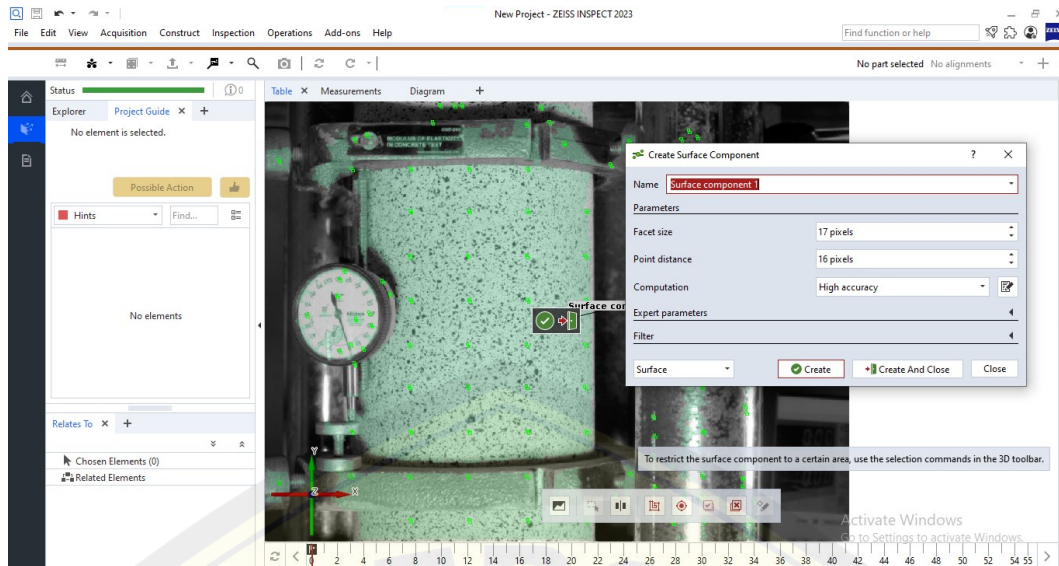


Membuat Surface Component

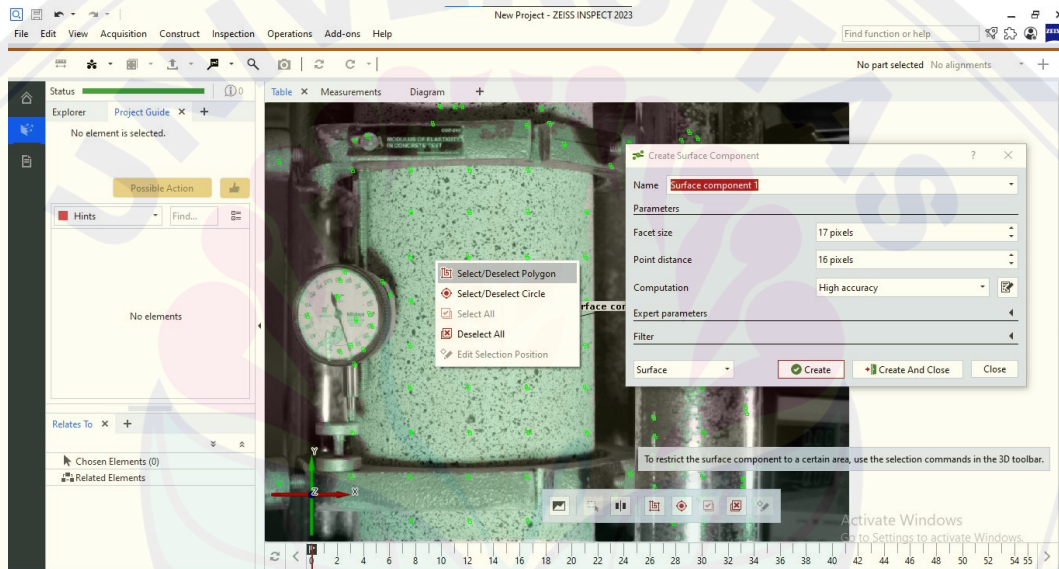
Surface Component adalah area tinjauan yang akan dianalisis. Dalam satu file dapat dibuat banyak surface component. Untuk membuat surface component pilih Define Component > Surface Component.



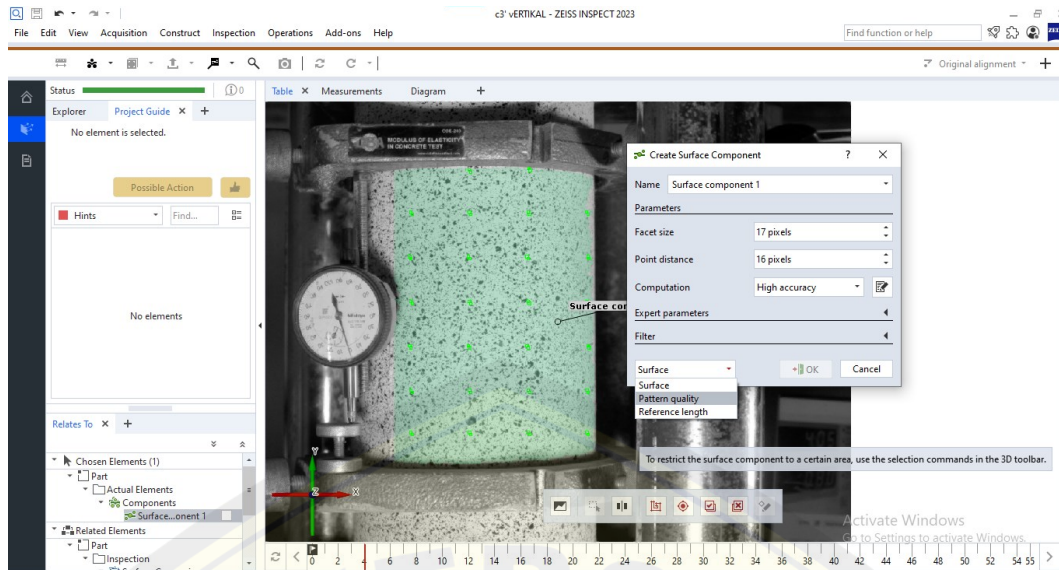
Setelah itu, beri nama surface component, atur besar facet size dan point distance. Facet size adalah besarnya radius facet dan point distance adalah jarak antar facet. Parameter ini dapat memengaruhi kualitas gambar dari hasil analisis DIC. Penulis menggunakan parameter default dari software.



Setelah itu, Klik kanan pada gambar > Select/Deselect Polygon seperti gambar dibawah.

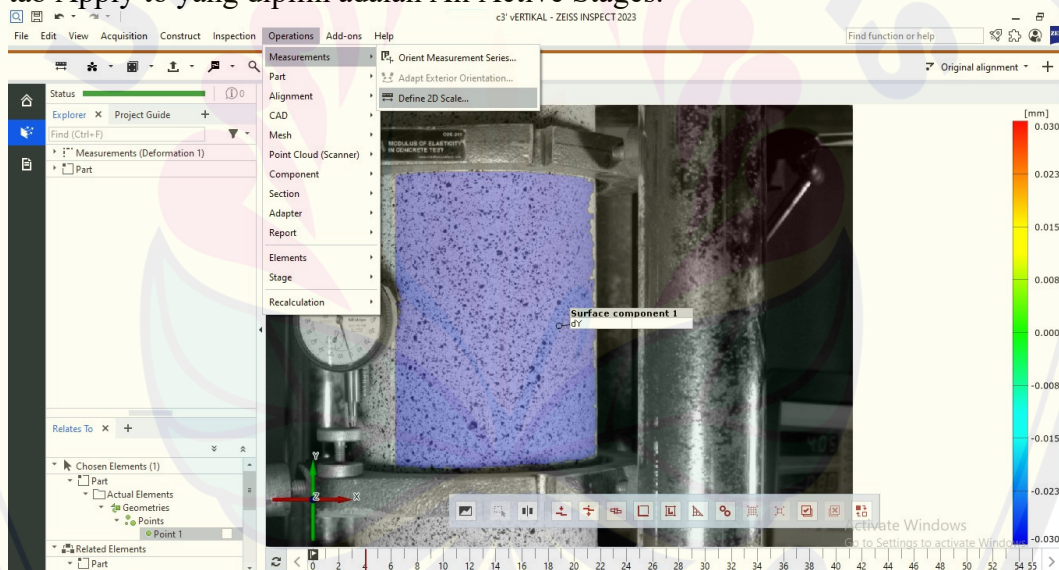


Setelah itu buat polygon sesuai dengan luasan yang akan ditinjau. Setelah area yang ingin ditinjau sudah digambar, selanjutnya klik kanan > arahkan pointer pada icon + yang berguna untuk menambahkan polygon. Setelah itu, ganti Surface menjadi Pattern Quality. Setelah selesai membuat surface component, pilih Create and Close

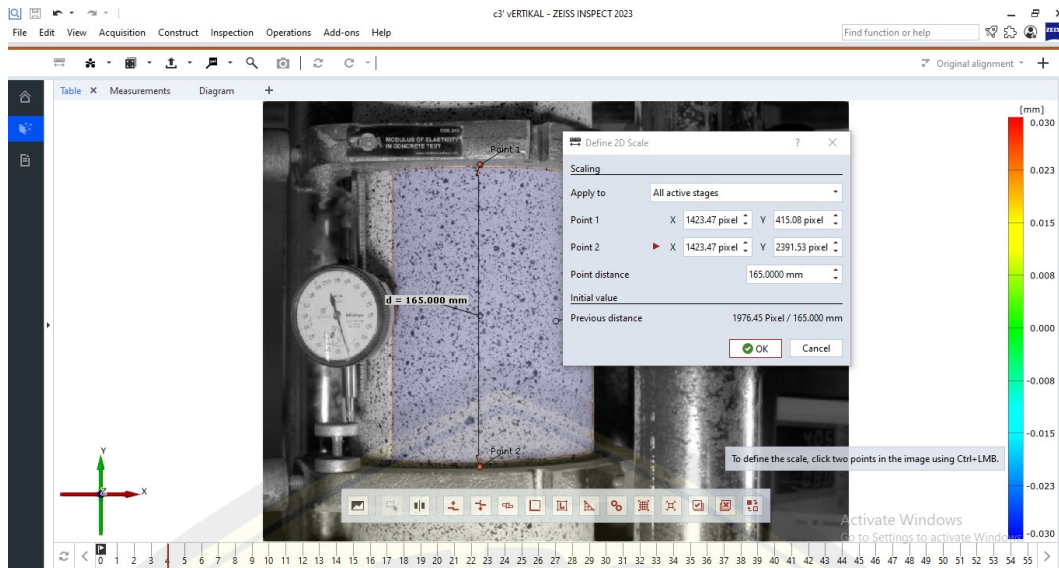


Mengkalibrasi Ukuran Gambar Benda Uji

Tujuan dari langkah ini adalah agar ukuran gambar memiliki ukuran yang sama dengan ukuran benda uji pada aslinya. Untuk mengkalibrasi ukuran gambar adalah dengan klik **Operations > Measurements > Define 2D Scale**. Pastikan pilihan pada tab **Apply to** yang dipilih adalah **All Active Stages**.

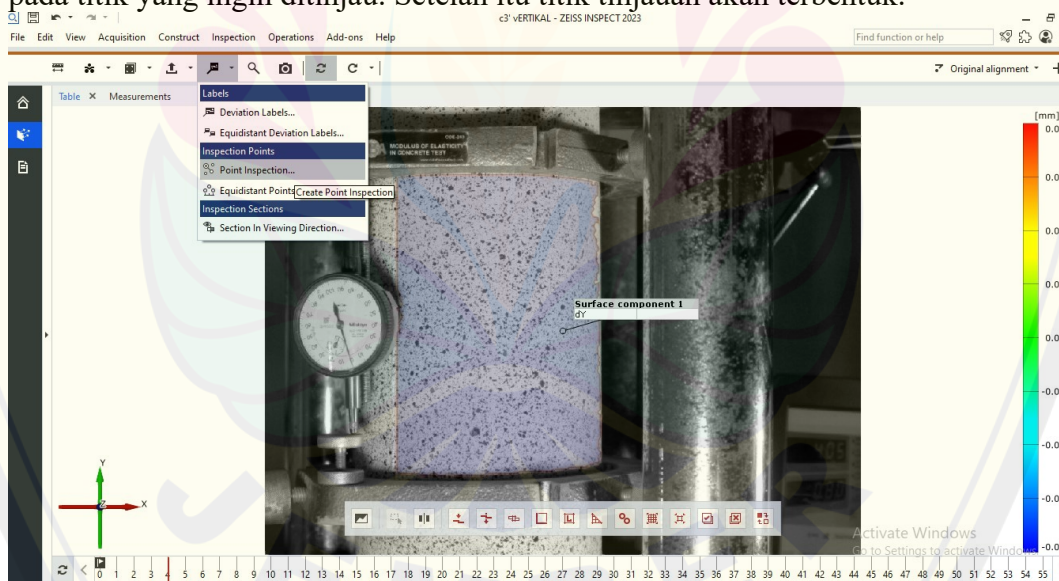


Setelah itu, buat garis dan definisikan satuan dan panjang dari garis tersebut dengan jarak yang sesungguhnya. Untuk menempatkan titik garis pada gambar, tahan tombol **CTRL + Klik kiri** pada gambar dimana titik itu akan diletakkan. Setelah itu klik **OK > OK**.



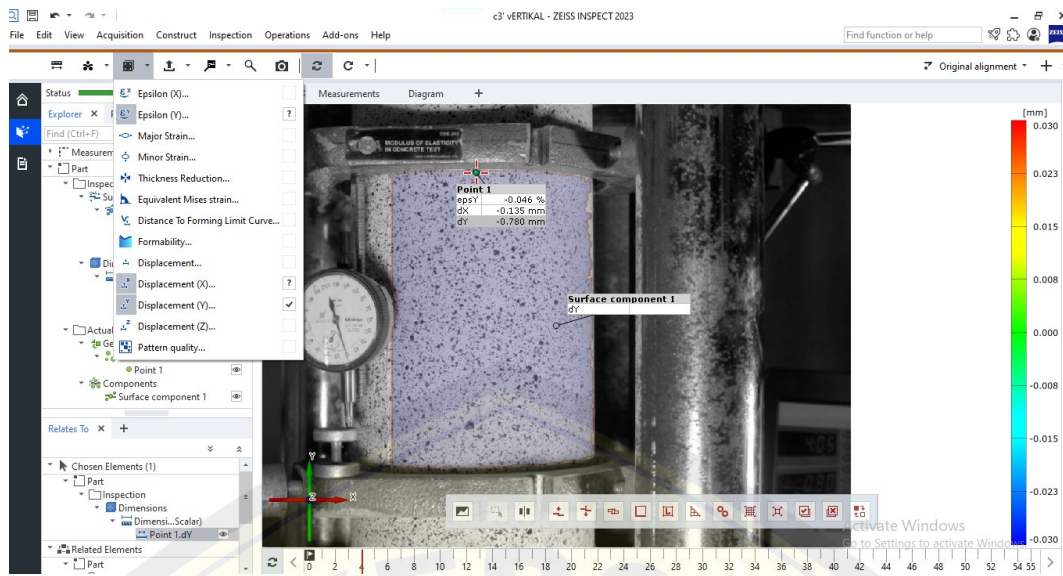
Inspection

Untuk mengetahui hasil dari analisis yang telah kita lakukan, pilih **Point Inspection**. Terdapat beberapa pilihan yang dapat dilakukan. Yaitu memberi label dengan memilih **Deviation Labels** atau **Equidistant Deviation Labels**, peninjauan terhadap titik dapat menggunakan **Point Inspection** atau **Equidistant Points**, dan untuk melakukan tinjauan dalam sebuah potongan pilih **Section in Viewing Direction**. Setelah memilih tinjauan yang akan dilakukan, tekan **CTRL + Klik kiri** pada titik yang ingin ditinjau. Setelah itu titik tinjauan akan terbentuk.



Analisis DIC

Untuk menganalisis DIC, pilih **Inspect All Visible Actual Element** lalu pilih analisis yang ingin dilakukan.

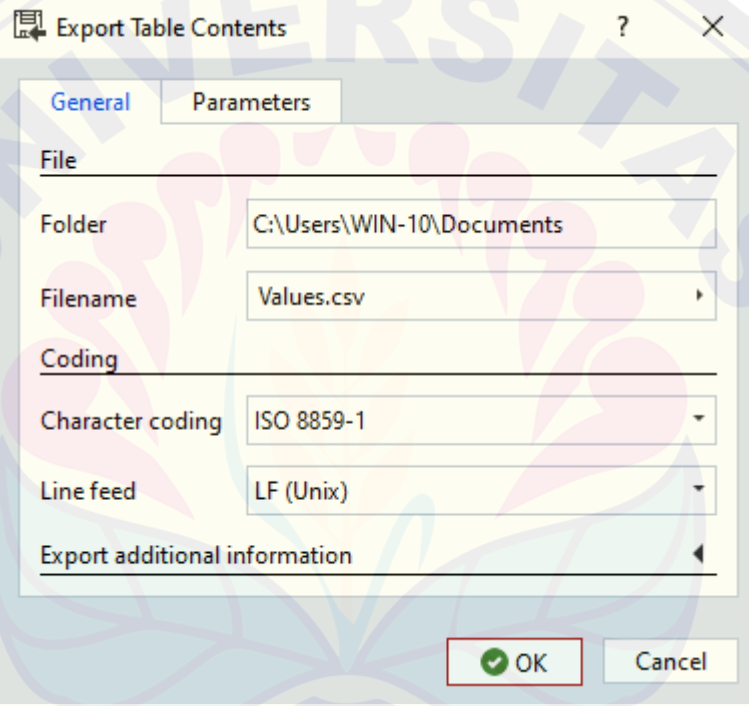
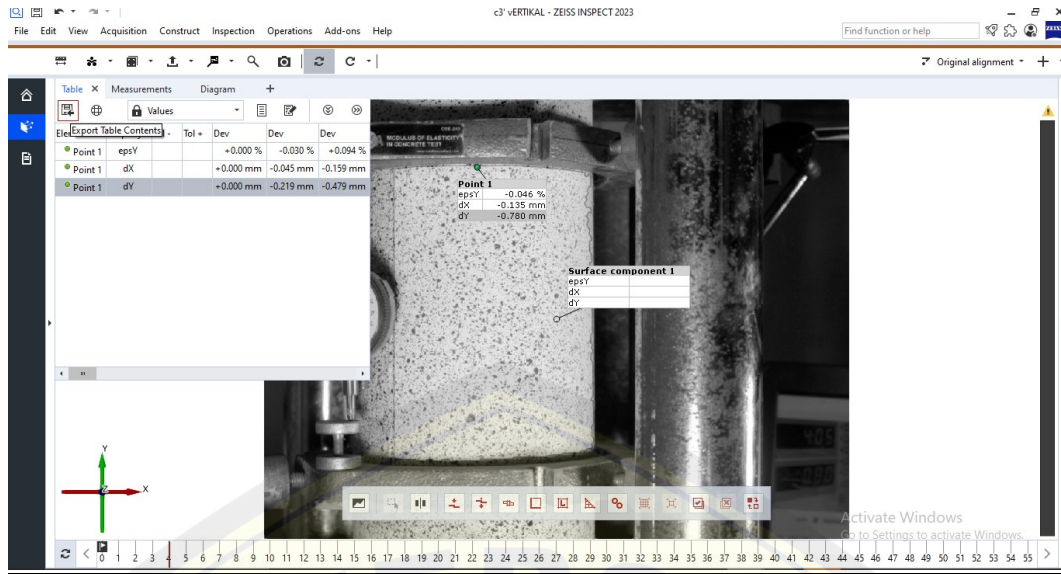


Dibawah ini adalah pilihan analisis yang dapat dilakukan

- ϵ_x Epsilon (X)...
- ϵ_y Epsilon (Y)...
- Major Strain...
- Minor Strain...
- Thickness Reduction...
- Equivalent Mises strain...
- Distance To Forming Limit Curve...
- Formability...
- Displacement...
- Δ_x Displacement (X)...
- Δ_y Displacement (Y)...
- Δ_z Displacement (Z)...
- Pattern quality...

Export Hasil Analisis ke Excel

Untuk menyimpan hasil analisis dalam bentuk file csv, dapat dilakukan dengan pilih **Table > Export Table Content** lalu pilih file tempat menyimpannya dan nama filenya. Setelah itu klik **OK**.



Lampiran 20. Tahapan Pengolahan Data Metode DIC menggunakan Software Matlab Ncorr

1. Instalasi MATLAB

Disarankan menggunakan MATLAB resmi versi terbaru yang dapat diunduh pada website resminya yang tertera pada tabel diatas. Tugas ini menggunakan MATLAB R2023b.

2. Instalasi Add-Ons

Untuk mengunduh Add-Ons pada MATLAB dapat dilakukan dengan cara: **MATLAB > Add-Ons > Get Add-Ons > Masukkan nama Add-Ons yang akan diunduh pada "Search for add-ons" lalu tekan tombol enter > Klik Add-Ons yang akan diunduh > Install.**

Add-Ons -Ons yang dibutuhkan dalam pengoperasian Ncorr pada MATLAB R2023b adalah sebagai berikut:

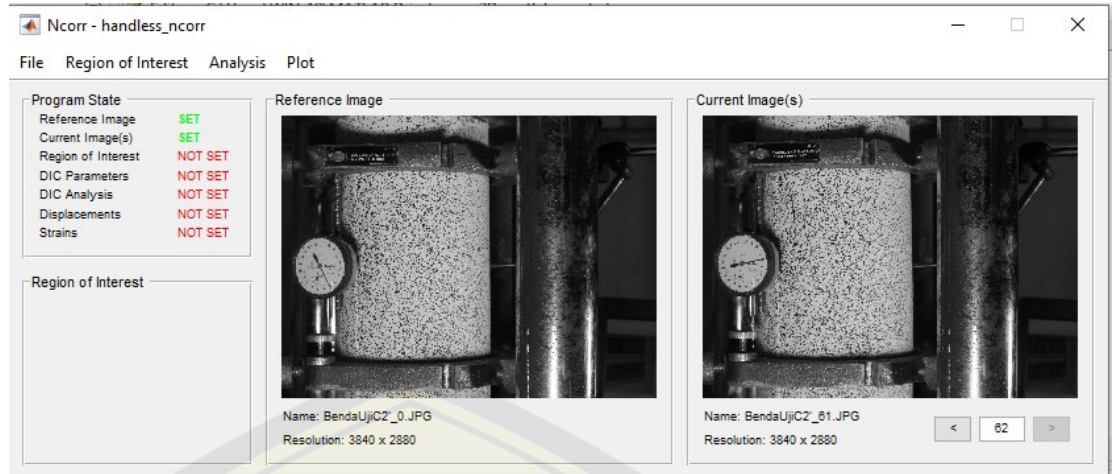
1. MATLAB support MinGW-w64 C/C++ Compiler
2. Image Processing Toolbox
3. Statistics and Machine Learning Toolbox

3. Instalasi Ncorr

Instalasi Ncorr dapat dilakukan dengan mengakses website yang sudah tertera diatas dan dapat mengikuti prosedur instalasi yang tertera pada Ncorr-Manual.

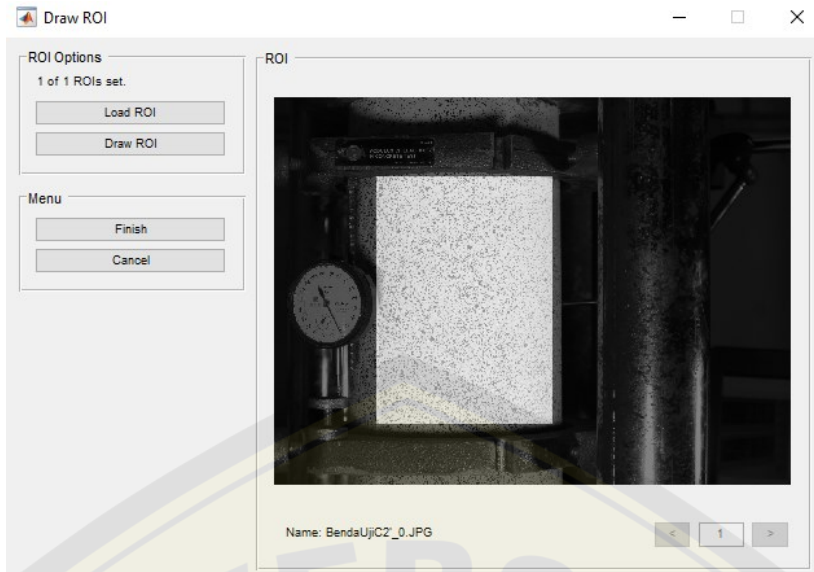
Terdapat dua pilihan metode instalasi yaitu otomatis dan manual. Instalasi yang dilakukan penulis adalah instalasi otomatis. Jika gagal, dapat dilakukan pengecekan pada Compiler C++ apakah sudah terinstal dengan benar.

4. Load Gambar



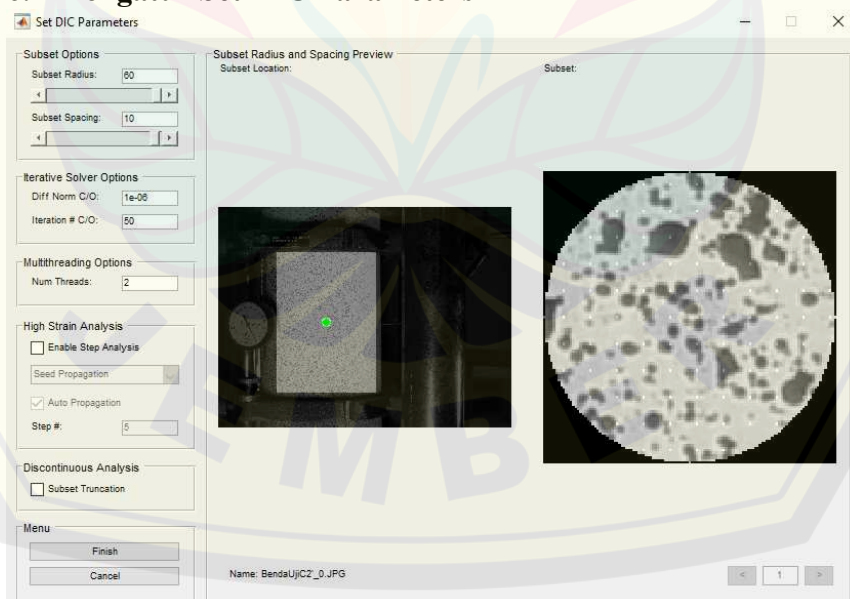
Pertama, ketik “**handless_ncorr = ncorr**” pada Command Window. Selanjutnya input gambar acuan pengolahan dengan memilih **File > Load Reference Image**. Selanjutnya, untuk memilih gambar lainnya selain gambar acuan dilakukan dengan cara **File > Load Current Image(s) > Load Lazy (slower but less memory)**. Setelah pilihan *Load Current Image(s)*, terdapat pilihan *Load lazy* dan *Load All*. Jika memilih *Load All*, maka keseluruhan kapasitas RAM akan digunakan sementara *Load Lazy* hanya menggunakan Sebagian dari kapasitas RAM. Ketika keseluruhan kapasitas RAM digunakan, kemungkinan crash yang terjadi akan menjadi besar akan tetapi jika hanya menggunakan Sebagian dari kapasitas RAM, waktu yang digunakan akan lebih lama. Penulis memilih untuk menggunakan *Load Lazy* untuk menghindari terjadinya crash. Setelah itu, pilih semua gambar yang akan diolah selain gambar acuan, lalu klik **Open**.

5. Memilih ROI (Region of Interest)



ROI adalah area yang akan ditinjau oleh Ncorr untuk pengolahan DIC. Memilih ROI dilakukan dengan memilih **Region of Interest** > **Set Reference ROI** > **Draw ROI**. Gambar ROI sesuai dengan area yang akan ditinjau dengan tools yang ada pada Drawing Options. Terdapat tools untuk membesarkan dan menggeser gambar yaitu Zoom/Pan. Tools ini dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi dalam menggambar ROI. Jika telah terpilih semua area tinjauan, selanjutnya pilih **Finish** > **Finish**.

6. Mengatur Set DIC Parameters

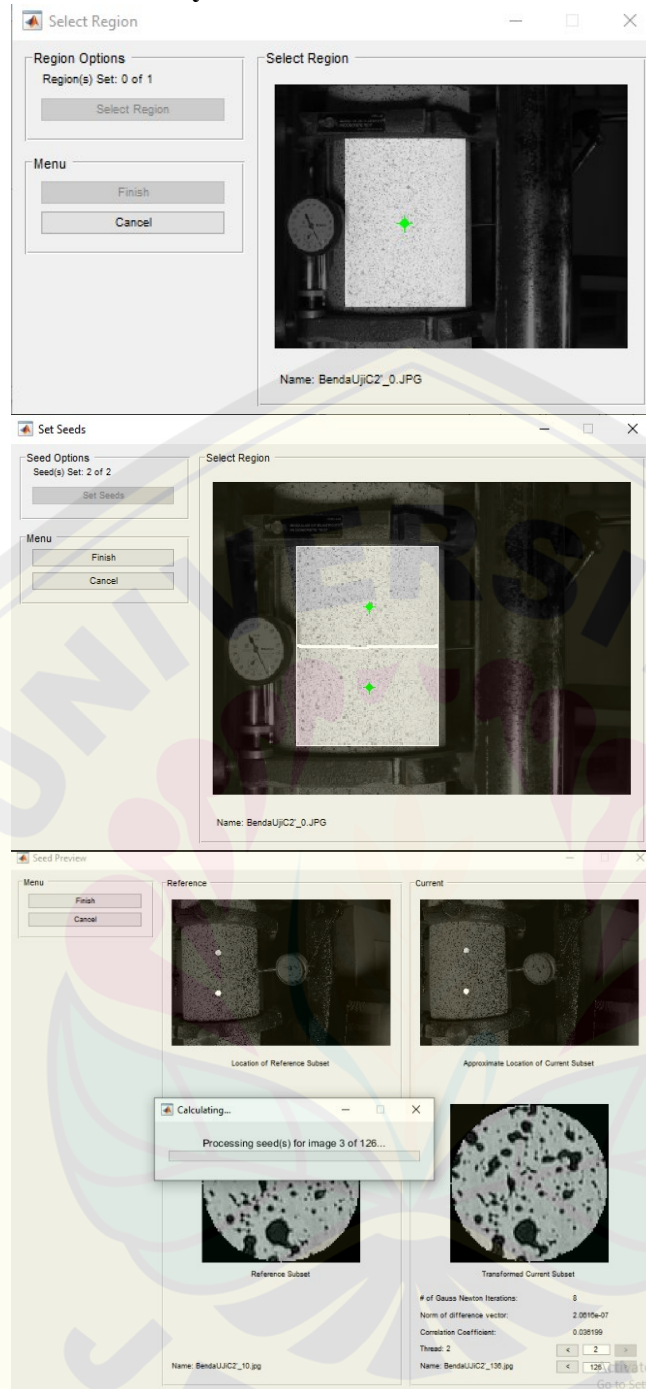


Tahap ini dilakukan untuk mengatur detail dan keakuratan pada saat pengolahan DIC. Dilakukan dengan cara memilih **Analysis > Set DIC Parameters**. Atur subset radius dan subset spacing sesuai dengan kebutuhan. Ketika subset spacing bertambah maka resolusi gambar menurun sehingga dapat menurunkan computational cost. Sedangkan, radius dari subset memengaruhi efek blur dari hasil analisis DIC dan mengurangi kualitas gambar.

Num Threads merupakan jumlah subset region yang ditinjau Ncorr dalam sekali running, semakin banyak jumlahnya maka akan sedikit waktu pengolahan dan menambah keakuratan data.

Tugas ini menggunakan pengaturan default pad Ncorr karena telah disesuaikan dengan kondisi komputer yang digunakan dan kebutuhan dalam pengolahan data DIC. Jika sudah selesai mengatur parameter-parameter DIC, pilih **Finish > Yes**

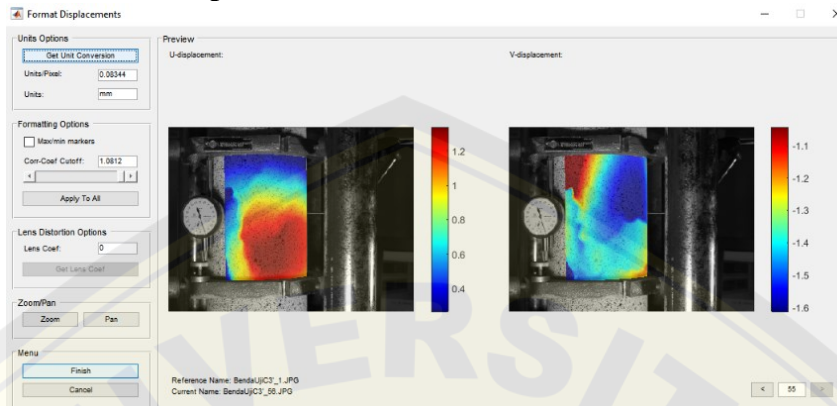
7. DIC Analysis



Untuk memulai analisis DIC pilih **Analysis > Perform DIC Analysis > Select Region > Set Seeds > (Tempatkan titik sehingga seluruh are terbagi rata sesuai dengan jumlah Num Threads) > Finish > Finish > Finish.**

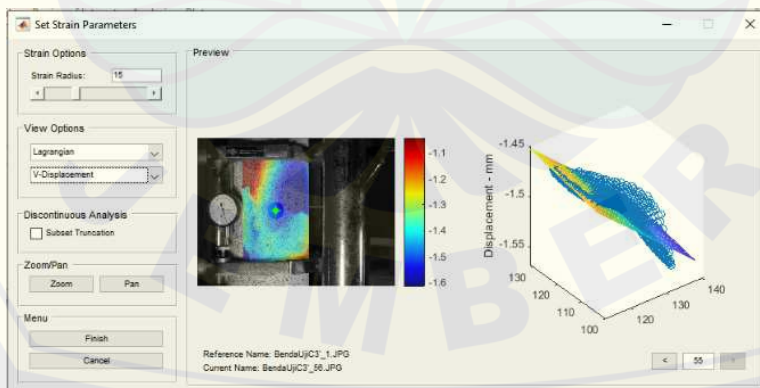
Setelah ini, maka proses analisis DIC akan berjalan. Waktu yang dibutuhkan cukup lama tergantung pada pengaturan parameter DIC, kualitas dan banyaknya gambar, dan juga spesifikasi komputer yang digunakan.

8. Format Displacement



Setelah proses analisis DIC selesai, untuk menentukan pengaturan hasil dari displacement dilakukan dengan memilih **Analysis > Format Displacement**. Untuk mengkalibrasikan ukuran benda uji sebenarnya dengan foto, pilih **Get Unit Conversion > Load Calibration Image > (Pilih gambar acuan)**. Setelah itu pilih **Set Line** untuk menggambar garis acuan pada gambar acuan. Setelah itu, input satuan dan panjang sebenarnya dari garis acuan tersebut. Jika telah sesuai, untuk menyelesaikannya pilih **Finish**.

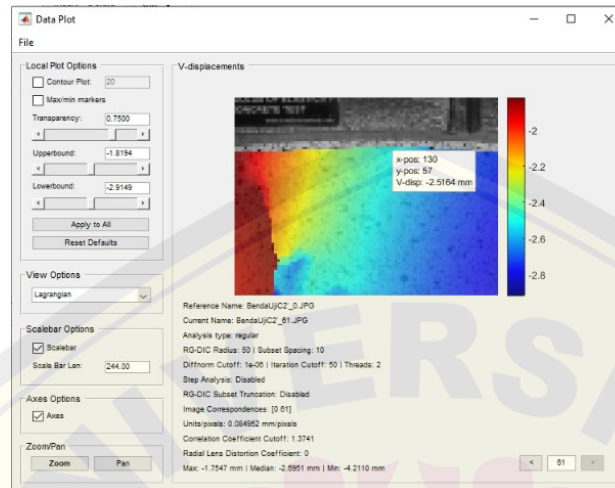
9. Calculate Strain



Untuk mengatur hasil dari analisis strain dapat dilakukan dengan memilih **Analysis > Calculate Strain**. Atur strain radius sesuai dengan kebutuhan.

Strain radius ini akan menjadi radius referensi setiap sekali running pada Ncorr. Radius ini juga mempengaruhi waktu pengolahan data dan kualitas gambar hasil pengolahan. Setelah selesai, pilih **Finish > Yes > OK**

10. Plot



Untuk melihat hasil dari analisis DIC yang telah dilakukan, dilakukan plot. Pada Ncorr, plot yang dihasilkan dapat berupa displacement U, displacement V, Strain Exx, Strain Exy, Strain Eyy. Untuk plot hasil analisis ini pilih **Plot** lalu pilih hasil analisis yang ingin ditampilkan. Hasil strain maupun displacement pada setiap titik dapat dilihat dengan menggerakkan dan mengarahkan kursor ke titik yang ingin ditinjau. Selain dengan mengarahkan kursor ke titik yang ditinjau pada menu plot, dapat juga dilakukan menggunakan command pada command window di MATLAB. Untuk command yang digunakan untuk memanggil hasil dapat dilihat pada Manual Ncorr.

Contoh command untuk mengetahui displacement V adalah **“handless_ncorr.data_dic.displacement(A).plot_v_formatted(y,x)”**.

Dimana (A) adalah nomor gambar dan (y,x) adalah koordinat titik pada gambar yang ingin ditinjau.

Gambar hasil plot dapat disimpan dengan cara **File > Save Image**, setelah itu dapat memilih antara **Save Image Without Info** atau **Save Image With**

Info. Selain menyimpan dalam bentuk gambar, hasil plot juga dapat disimpan dalam bentuk GIF atau gambar bergerak dengan memilih **File > Save GIF**

