



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**RANCANG BANGUN ALAT UJI GESER MATERIAL KUNINGAN
MENGUNAKAN SISTEM HIDROLIK BERBASIS ARDUINO**

PROYEK AKHIR

**NURHIDAYAT HASIBUAN
40040221650075**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
AGUSTUS 2025**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**RANCANG BANGUN ALAT UJI GESER MATERIAL KUNINGAN
MENGUNAKAN SISTEM HIDROLIK BERBASIS ARDUINO**

PROYEK AKHIR

**NURHIDAYAT HASIBUAN
40040221650075**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
AGUSTUS 2025**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Proyek Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar**

NAMA : Nurhidayat Hasibuan

NIM : 40040221650075

Tanda Tangan : 

Tanggal : 18 Juli 2025

SURAT TUGAS



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI

Jalan Prof. Sudarto, S.H Tembalang Semarang
Kode Pos 50275
Telp/Fax (024) 7471379
Laman www.vokasi.undip.ac.id
e-mail Vokasi@live.undip.ac.id

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 431/PA/RPM/II/2025

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama	: Nurhidayat Hasibuan
NIM	: 40040221650075
Judul Proyek Akhir	: Rancang Bangun Alat Uji Geser Material Kuningan Menggunakan Sistem Hidrolik Berbasis Arduino
Dosen Pembimbing	: Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes.
NIP	: 196204211986031002

Isi Tugas:

Rancang Bangun Alat Uji Geser Material Kuningan Menggunakan Sistem Hidrolik Berbasis Arduino

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 4 Februari 2025

Ketua Prodi Sarjana Terapan

Rekayasa Perancangan Mekanik

Sri Utami Handayani, S.T., M.T.

NIP 197609152003122001

Tembusan:

1. Ketua Prodi
2. Bagian pengajaran
3. Mahasiswa ybs

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Nurhidayat Hasibuan
NIM : 40040221650075
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Proyek Akhir : Rancangan Bangun Alat Uji Geser Material Kuningan
Menggunakan Sistem Hidrolik Berbasis Arduino

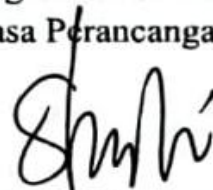
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing	: Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes	()
Penguji I	: Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes	()
Penguji II	: Ojo Kurdi, S.T., M.T., Ph.D.	()
Penguji III	: Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.	()

Semarang. 12 Agustus 2025

Ketua Program Studi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik



Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197609152003122001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nurhidayat Hasibuan
NIM : 40040221650075
Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“RANCANG BANGUN ALAT UJI GESER MATERIAL KUNINGAN MENGUNAKAN SISTEM HIDROLIK BERBASIS ARDUINO”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 19 Agustus 2025

Yang menyatakan



Nurhidayat Hasibuan

MOTTO

“Hidup Adalah Pilihan Jika Kau Tidak Memilih Maka Itulah Pilihanmu”

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada ALLAH SWT atas rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal Proyek Akhir ini dengan Judul “Rancang Bangun Alat Uji Geser Material Kuningan Menggunakan Sistem Hidrolik Berbasis Arduino”.

Penyusunan laporan poyek akhir ini tentunya tidak terlepas dari bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof Dr. Ir. Budiyono, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Ibu Dr. Sri Utami Handayani, S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
3. Bapak Drs. Ireng Sigit Atmanto,M.Kes., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, bantuan, dan dukungan selama proses penyusunan Tugas Akhir. Tanpa bimbingan dan ilmu yang telah diberikan penulis tidak akan dapat mencapai pada tahap ini.
4. Bapak Didik Ariwibowo, S.T., M.T., selaku dosen Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan selama proses penyusunan sensor pada alat Tugas Akhir. Tanpa bantuan, arahan, dan ilmu yang telah diberikan penulis tidak dapat mencapai tahap ini.

5. Seluruh dosen dan teknisi Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
6. Kedua orang tua serta keluarga yang telah senantiasa memberikan doa dan semangat serta dukungan.
7. Teman-teman tim Proyek Akhir Uji Geser.
8. Teman-teman Generator Yang senantiasa membantu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan ilmu dalam penyusunan laporan ini, maka segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Penulis berharap, semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan, diberi balasan kebajikan. Amin. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca secara umum, baik dari kalangan akademis maupun yang lain.

Semarang, 7 Juli 2025



NURHIDAYAT HASIBUAN

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT UJI GESER MATERIAL KUNINGAN MENGGUNAKAN SISTEM HIDROLIK BERBASIS ARDUINO

Rancang bangun alat uji geser material menjadi fokus utama penelitian ini, didasari oleh keterbatasan fungsionalitas pada alat uji yang ada. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan mekanisme hidrolik manual yang dikombinasikan dengan teknologi digital melalui sensor *load cell* dan mikrokontroler Arduino. Fabrikasi dan pengujian dilakukan dengan mengikuti metodologi yang sistematis, termasuk penerapan standar ASTM B565 untuk pengujian spesimen Kuningan. Analisis data dari sepuluh kali pengujian menunjukkan kapabilitas alat dalam mengukur tegangan geser secara akurat, yaitu 374,52 MPa pada kondisi awal dan 325,33 MPa setelah material mengalami perlakuan panas. Fenomena penurunan kekuatan geser sebesar 13,13% berhasil teridentifikasi, yang disebabkan oleh proses rekristalisasi. Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa alat uji geser yang dihasilkan telah beroperasi secara optimal dan dapat digunakan untuk keperluan penelitian maupun pembelajaran di lingkungan akademik.

Kata kunci: alat, Kuningan, hidrolik, Arduino, tegangan.

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A BRASS SHEAR TESTING

EQUIPMENT USING AN ARDUINO-BASED HYDRAULIC SYSTEM

The design of a material shear tester is the main focus of this research, based on the limited functionality of the existing test equipment. The developed system utilizes a manual hydraulic mechanism combined with digital technology through a load cell sensor and Arduino microcontroller. Fabrication and testing were conducted following a systematic methodology, including the application of ASTM B565 standards for testing Brass specimens. Data analysis from ten tests showed the capability of the device to accurately measure shear stress, which was 374.52 MPa in the initial condition and 325.33 MPa after the material was heat treated. The phenomenon of 13.13% decrease in shear strength was successfully identified, which was caused by the recrystallization process. Thus, the conclusion of this research is that the shear test equipment produced has operated optimally and can be used for research and learning purposes in the academic environment.

Keywords: Machine, brass, hydraulics, Arduino, shear.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
SURAT TUGAS	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.4.1 Tujuan teknis dari penelitian ini adalah :.....	4
1.4.2 Tujuan akademis dari penelitian ini adalah:	5
1.5 Luaran	5
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pengertian dan Konsep Pengujian Geser.....	7
2.1.2 Tegangan (<i>Stress</i>).....	8

2.1.3 Regangan (<i>Strain</i>).....	11
2.2 Kekuatan Bahan (<i>Strength Material</i>)	13
2.3 Hidrolik.....	13
2.3.1 Pompa Hidrolik.....	15
2.3.2 Hukum Pascal.....	17
2.4 Standar Pengujian	19
2.5 Sifat Bahan Material	21
2.5.1 Kuningan	21
2.6 Arduino Uno.....	22
2.7 Kalkulasi	23
BAB III METODOLOGI.....	25
3.1 Diagram Alir	25
3.2 Metodologi Penelitian.....	26
3.3 Matriks Keputusan	28
3.4 Perencanaan Alat	35
3.4.1 Menentukan Gaya Bahan Uji	35
3.4.2 Menentukan Spesifikasi Silinder Piston	36
3.4.3 Menentukan Spesifikasi Pompa.....	38
3.4.4 Menentukan Kontruksi Dudukan Silinder Piston	40
3.4.5 Menghitung Dudukan Silinder dan Cover Pemotong	43
3.4.6 Menghitung Baut Pisau Pemotong	44
3.4.7 Menghitung Baut pada Dudukan Piston	46
3.5 Alat dan Bahan.....	47
3.5.1 Alat	47
3.5.2 Bahan	54
3.6 Desain Alat	55

3.7 Variabel Penelitian	55
3.8 Fabrikasi Alat.....	56
BAB IV ANALISA HASIL PENGUJIAN	58
4.1 Prosedur Pengujian	58
4.2 Pengambilan Data Pengujian Menggunakan Sensor <i>Load Cell</i>	62
4.2.1 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-1	62
4.2.2 Hasil Pengujian pada bahan Uji Percobaan ke-2	64
4.2.3 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-3	66
4.2.4 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-4	68
4.2.5 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-5	70
4.2.6 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-6	72
4.2.7 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-7	74
4.2.8 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-8	76
4.2.9 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-9	78
4.2.10 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-10	80
4.3 Pengaruh Perlakuan Panas Pada Material Uji.....	83
4.3.1 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-1	83
4.3.2 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-2	85
4.3.3 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-3	87
4.3.4 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-4	89
4.3.5 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-5	91
4.3.6 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-6	93
4.3.7 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-7	95
4.3.8 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-8	97
4.3.9 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-9	99
4.3.10 Hasil Pengujian pada Bahan Uji Percobaan ke-10	101

4.4 Perbandingan Hasil Uji Tegangan Geser Material	104
5.1 Kesimpulan.....	106
5.2 Saran	107
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN.....	110

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi arduino	23
Tabel 3. 1 Penilaian kriteria alternatif pisau pemotong	29
Tabel 3. 2 Penilaian kriteria alternatif sistem penggerak	31
Tabel 3. 3 Penilaian kriteria alternatif sensor.....	33
Tabel 3. 4 Penilaian kriteria alternatif <i>software</i>	35
Tabel 3. 5 Variabel.....	55
Tabel 4. 1 Nilai gaya kuningan oleh <i>load cell</i>	82
Tabel 4. 2 Nilai tegangan kuningan	82
Tabel 4. 3 Nilai gaya kuningan yang sudah dipanaskan	103
Tabel 4. 4 Nilai tegangan geser kuningan yang sudah dipanaskan.....	103
Tabel 4. 5 Rata-rata tegangan geser	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tekanan pada anggota struktur	8
Gambar 2. 2 Bagian dengan beban melintang	10
Gambar 2. 3 Gaya-gaya pada penampang.....	10
Gambar 2. 4 Diagram tegangan-regangan	12
Gambar 2. 5 Ilustrasi prinsip hukum pascal.....	18
Gambar 2. 6 Arduino.....	23
Gambar 3. 1 Diagram alir mesin uji geser material basis Arduino	26
Gambar 3. 2 Pisau pemotong	36
Gambar 3. 3 Dimensi pompa	38
Gambar 3. 4 Dudukan silinder	40
Gambar 3. 5 Pelat siku	41
Gambar 3. 6 Dudukan silinder dan <i>cover</i> pemotong.....	43
Gambar 3. 7 Baut pisau pemotong.....	44
Gambar 3. 8 Baut pada dudukan piston	46
Gambar 3. 9 <i>Shearing machine</i>	48
Gambar 3. 10 Mesin gerinda	48
Gambar 3. 11 Baut	49
Gambar 3. 12 Jangka sorong	49
Gambar 3. 13 Silinder hidrolik	49
Gambar 3. 14 <i>Flexible hose</i>	50
Gambar 3. 15 <i>Directional control valve</i>	51
Gambar 3. 16 Pompa hidrolik	51
Gambar 3. 17 Arduino.....	52
Gambar 3. 18 Laptop.....	52
Gambar 3. 19 Kabel USB.....	53
Gambar 3. 20 Sensor <i>load cell</i>	53
Gambar 3. 21 Penggaris	54
Gambar 3. 22 Kuningan	54
Gambar 3. 23 Desain alat uji geser	55
Gambar 3. 24 Pembuatan rangka	56

Gambar 3.25 Pembuatan rangkaian pisau	56
Gambar 3.26 Pemasangan silinder dan pompa	56
Gambar 3. 27 Pengecatan.....	57
Gambar 3. 28 Pemasangan sensor.....	57
Gambar 3. 29 Hasil fabrikasi	57
Gambar 4. 1 Prosedur pengujian	61
Gambar 4. 2 Distribusi beban selama waktu pengujian geser ke-1	63
Gambar 4. 3 Distribusi aktual selama waktu pengujian geser ke -1	63
Gambar 4. 4 Distribusi aktual tegangan selama waktu pengujian geser ke-1	64
Gambar 4. 5 Distribusi beban selama waktu pengujian geser ke-2	65
Gambar 4. 6 Distribusi aktual selama waktu pengujian geser ke -2	65
Gambar 4. 7 Distribusi aktual tegangan selama waktu pengujian geser ke-2.....	66
Gambar 4. 8 Distribusi beban selama waktu pengujian geser ke-3	67
Gambar 4. 9 Distribusi aktual selama waktu pengujian geser ke-3	67
Gambar 4. 10 Distribusi aktual tegangan selama waktu pengujian geser ke-3.....	68
Gambar 4. 11 Distribusi beban selama waktu pengujian geser ke-4	69
Gambar 4. 12 Distribusi aktual selama waktu pengujian geser ke-4	69
Gambar 4. 13 Distribusi aktual tegangan selama waktu pengujian geser ke-4.....	70
Gambar 4. 14 Distribusi beban selama waktu pengujian geser ke -5	71
Gambar 4. 15 Distribusi aktual selama waktu pengujian geser ke -5	71
Gambar 4. 16 Distribusi aktual tegangan selama waktu pengujian geser ke-5.....	72
Gambar 4. 17 Distribusi beban selama waktu pengujian geser ke-6	73
Gambar 4. 18 Distribusi aktual selama waktu pengujian geser ke-6	73
Gambar 4. 19 Distribusi aktual tegangan selama waktu pengujian geser ke-6.....	74
Gambar 4. 20 Distribusi beban selama waktu pengujian geser ke-7	75
Gambar 4. 21 Distribusi aktual selama waktu pengujian geser ke-7	75
Gambar 4. 22 Distribusi aktual tegangan selama waktu pengujian geser ke-7.....	76
Gambar 4. 23 Distribusi beban selama waktu pengujian geser ke-8	77
Gambar 4. 24 Distribusi aktual selama waktu pengujian geser ke-8	77
Gambar 4. 25 Distribusi aktual tegangan selama waktu pengujian geser ke-8.....	78
Gambar 4. 26 Distribusi beban selama waktu pengujian geser ke-9	79
Gambar 4. 27 Distribusi aktual selama waktu pengujian geser ke-9	79

Gambar 4. 28 Distribusi aktual tegangan selama waktu pengujian geser ke-9.....	80
Gambar 4. 29 Distribusi beban selama waktu pengujian geser ke-10	81
Gambar 4. 30 Distribusi aktual selama waktu pengujian geser ke-10	81
Gambar 4. 31 Distribusi aktual tegangan selama waktu pengujian geser ke-10.....	82
Gambar 4. 32 Distribusi beban uji geser ke-1 setelah perlakuan panas.....	84
Gambar 4. 33 Distribusi aktual uji geser ke-1 setelah perlakuan panas.....	84
Gambar 4. 34 Distribusi aktual tegangan uji geser ke-1 setelah perlakuan panas	85
Gambar 4. 35 Distribusi beban uji geser ke-2 setelah perlakuan panas.....	86
Gambar 4. 36 Distribusi aktual uji geser ke-2 setelah perlakuan panas.....	86
Gambar 4. 37 Distribusi aktual tegangan uji geser ke-2 setelah perlakuan panas	87
Gambar 4. 38 Distribusi beban uji geser ke-3 setelah perlakuan panas.....	88
Gambar 4. 39 Distribusi aktual uji geser ke-3 setelah perlakuan panas.....	88
Gambar 4. 40 Distribusi aktual tegangan uji geser ke-3 setelah perlakuan panas	89
Gambar 4. 41 Distribusi beban uji geser ke-4 setelah perlakuan panas.....	90
Gambar 4. 42 Distribusi aktual uji geser ke-4 setelah perlakuan panas.....	90
Gambar 4. 43 Distribusi aktual tegangan uji geser ke-4 setelah perlakuan panas	91
Gambar 4. 44 Distribusi beban uji geser ke-5 setelah perlakuan panas.....	92
Gambar 4. 45 Distribusi aktual uji geser ke-5 setelah perlakuan panas.....	92
Gambar 4. 46 Distribusi aktual tegangan uji geser ke-5 setelah perlakuan panas	93
Gambar 4. 47 Distribusi beban uji geser ke-6 setelah perlakuan panas.....	94
Gambar 4. 48 Distribusi aktual uji geser ke-6 setelah perlakuan panas.....	94
Gambar 4. 49 Distribusi aktual tegangan uji geser ke-6 setelah perlakuan panas	95
Gambar 4. 50 Distribusi beban uji geser ke-7 setelah perlakuan panas.....	96
Gambar 4. 51 Distribusi aktual uji geser ke-7 setelah perlakuan panas.....	96
Gambar 4. 52 Distribusi aktual tegangan uji geser ke-7 setelah perlakuan panas	97
Gambar 4. 53 Distribusi beban uji geser ke-8 setelah perlakuan panas.....	98
Gambar 4. 54 Distribusi aktual uji geser ke-8 setelah perlakuan panas.....	98
Gambar 4. 55 Distribusi aktual tegangan uji geser ke-8 setelah perlakuan panas	99
Gambar 4. 56 Distribusi beban uji geser ke-9 setelah perlakuan panas.....	100
Gambar 4. 57 Distribusi aktual uji geser ke-9 setelah perlakuan panas.....	100
Gambar 4. 58 Distribusi aktual tegangan uji geser ke-9 setelah perlakuan panas ...	101
Gambar 4. 59 Distribusi beban uji geser ke-10 setelah perlakuan panas.....	102

Gambar 4. 60 Distribusi aktual uji geser ke-10 setelah perlakuan panas	102
Gambar 4. 61 Distribusi aktual tegangan uji geser ke-10 setelah perlakuan panas .	103

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
σ	Tegangan Tarik (MPa)	Pa
P	Gaya Aksial/Tekanan(N)	N
A	Luas Penampang (m)	m
τ	Tegangan (N/mm ²)	N/m ²
ε	Regangan (<i>strain</i>)	
L	Panjang (m)	m
δ	Deformasi(m)	m
E	<i>Young's Modulus</i> (Pa)	Pa
Δx	Total Perpindahan <i>Displacement</i> (m)	m
γ	Regangan Geser	
F	Gaya(N)	N
Π	Phi	
r	Jari-jari (<i>radius</i>)(m)	M
D	Diameter(m)	m