

TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI MANUFAKTUR
PENGARUH LAJU REGANGAN PADA BAHAN
KUNINGAN TERHADAP KEKUATAN TARIK
DINAMIK

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh :

RANDY JUPRASTANTA
1307230153



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN - I
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PENGARUH LAJU REGANGAN PADA BAHAN
KUNINGAN TERHADAP KEKUATAN TARIK
DINAMIK

Disusun Oleh :

RANDY JUPRASTANTA

1307230153

Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

(Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar)

Pembimbing – II

(Khairul Umurani, S.T.,M.T)

Diketahui Oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T.,M.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN - II
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PENGARUH LAJU REGANGAN PADA BAHAN
KUNINGAN TERHADAP KEKUATAN TARIK
DINAMIK

Disusun Oleh :

RANDY JUPRASTANTA
1307230153

Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 1 September 2018

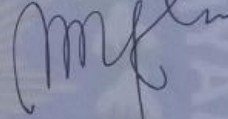
Disetujui Oleh :

Pembanding – I



(H.Muharnif, S.T.,M.Sc)

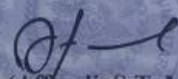
Pembanding – II



(M.Yani, S.T.,M.T)

Diketahui Oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T.,M.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Daftar spesifikasi tidak valid jika disetujui
tanpa dari tanggapnya

DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA

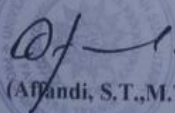
Nama : Randy Juprastanta
NPM : 1307230153
Semester : X (Sepuluh)
SPESIFIKASI : Pengaruh Laju Regangan Pada Bahan Kuningan

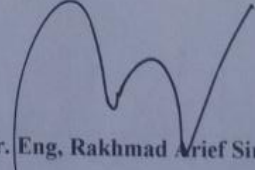
Terhadap Kekuatan Tarik Dinamik

Diberikan Tanggal : 04 November 2017
Selesai Tanggal : 01 September 2018
Asistensi : Seminggu Sekali
Tempat Asistensi : Fakultas Teknik UMSU

Diketahui oleh :
Ka. Program Studi Teknik Mesin

Medan, 01 September 2018
Dosen Pembimbing – I


(Afandi, S.T.,M.T)


(Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Sila mengubah surat ini agar kedudukan nomor dan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

NAMA :Randy Juprastanta
NPM :1307230153

PEMBIMBING – I : Dr. Eng, Rakhmad Arief Siregar
PEMBIMBING – II : Khairul Umurani, S.T.,M.T

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1	3/2/18	pertemuan bab 2	
2	8/2/18	laporan bab 3	
3	17/3/18	pertemuan bab 3	
4	24/3/18	laporan bab 4	
5	2/6/18	pertemuan bab 4	
6	14/8/18	laporan ke Pemb II	
7	21/8/18	Pertemuan Sub 5	
8	28/8/18	Pertemuan final	
9	29/8/18	Referensi tentang ke pengu I	
10	30/8/18	All Seminar	

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar
 Nama : Randy Juprastanta
 NPM : 1307230153
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Laju Regangan Pada Bahan Kuningan Terhadap Kekuatan Tarik Dinamik.

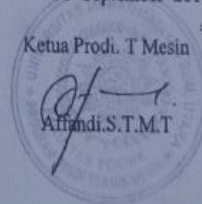
DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Dr.Rakhmad Arief.Srg.M.Eng
Pembimbing – II : Khairul Umurani.S.T.M.T
Pembanding – I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Pembanding – II : M.Yani.S.T.M.T

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230169	SAIKIBAN SALEH	SA
2	1307230177	KIAN MUKHM	SA
3	1307230108	M.GIPAZI	SA
4	1307230264	BAYU MANDALA PUTRA	SA
5	1307230107	RANZI VIKENI	SA
6	1307230111	ANGGHARI EFENDI	SA
7	1307230004	Eiki Syahputra	SA
8	1307230126	RIZKI ANGGA PRATAMA	SA
9			
10			

Medan, 20 Dzu hijjah 1439 H
01-September 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin

Affandi.S.T.M.T



**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Randy Juprastanta
NPM : 1307230153
Judul T.Akhir : Pengaruh Laju Regangan Pada Bahan Kuningan Terhadap Kekuatan Tarik Dinamik.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pemanding - II : M.Yani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
Lihat bilasan Sertifikasi.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....

Medan 22 Dzulhijjah 1439H
03 September 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Affandi.S.T.M.T

Dosen Pemanding- I

H.Muharnif.S.T.M.Sc

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Randy Juprstanta
NPM : 1307230153
Judul T.Akhir : Pengaruh Laju Regangan Pada Bahan Kuningan Terhadap Ke-
Kuatan Tarik Dinamik.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pemanding - II : M.Yani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

ditunda pd skripsi, dan ini revisi

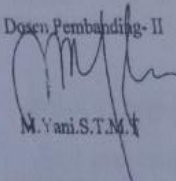
3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

Medan 22 Dzulhijjah 1439H
03 September 2018 M



Dosen Pemanding- II



M. Yani.S.T.M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Randy Juprastanta
Tempat/Tgl Lahir : Aceh, 15 September 1995
Npm : 1307230153
Bidang Keahlian : Konstruksi Dan Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Sarjana saya ini yang berjudul:

“PENGUKURAN LAJU REGANGAN PADA BAHAN KUNINGAN TERHADAP KEKUATAN TARIK DINAMIK”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Sarjana saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 September 2018

Saya yang menyatakan,



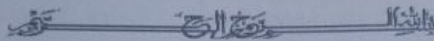
RANDY JUPRASTANTA

ABSTRAK

Laju regangan adalah perubahan regangan (deformasi) suatu material terhadap waktu. Kekuatan dinamik terletak pada saat menjatuhkan striker pergerakannya tidak kaku, pembebanan secara cepat dan beban tidak meningkat, sedangkan statis pembebanan secara perlahan bertambah dan pergerakannya kaku. Tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana cara untuk menguji spesimen kuningan, dengan menggunakan hopkinson vertikal. Hopkinson vertikal untuk menguji kekuatan spesimen, dimana spesimen dicekam ditengah antara dua buah besi baja berbentuk silinder kemudian beban dijatuhkan dari ketinggian yang telah ditentukan kemudian beban menghantam stopper dan mengakibatkan terjadinya rambatan gelombang antara besi pencekam dengan spesimen uji, sehingga menghasilkan gelombang volt dan waktu pada software picoscope. Pengujian hopkinson vertikal, dilakukan untuk mengetahui kekuatan tegangan, regangan, dan laju regangan terhadap kekuatan tarik dinamik. Pengujian ini melakukan perbandingan antara pengujian statis dan pengujian dinamik. Pengujian statis dilakukan pada bahan spesimen kuningan dengan standar ukuran E 8M, standar . Sedangkan pengujian pada dinamik menggunakan spesimen berbahan kuningan dengan ukuran dengan standar yang telah di tentukan yaitu ASTM D412 Type D. Dari pengujian statis dihasilkan tegangan maksimum 607,14 (MPa) dan regangan maksimum 0,30. Pada pengujian dinamik tegangan maksimum 36812,11 (Pa) dan laju regangan maksimum 0,00056 dan waktu 0,11 μ s . Spesimen statis digunakan berjumlah 1 dan spesimen dinamik digunakan berjumlah 1, jumlah spesimen yang digunakan tidak banyak, karena kandungan kuningan yang berbeda sulit didapatkan.

Kata kunci : Kuningan, Hopkinson vertikal, Statis, Dinamik, Tegangan, Laju regangan

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya.

Untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan dari pada dosen pembimbing merencanakan sebuah

“PENGARUH LAJU REGANGAN PADA BAHAN KUNINGAN TERHADAP KEKUATAN TARIK DINAMIK”

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus-menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak ,Ibu dan keluarga tercinta saya, yang tiada hentinya memberikan doa, cinta, semangat, kasih sayang serta motivasi dan dukungan moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr.Eng.Rakhmad Arief Siregar selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak H.Muharnif, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Muhammad Yani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc, Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Affandi, S.T.,M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Bapak Chandra A Siregar, S.T.,M.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Keluarga besar LAB TEKNIK MESIN UMSU yang telah memberikan dukungan, semangat dan do'a yang tulus baik secara moril maupun materil kepada penulis.

12. Seluruh teman-teman seperjuangan stambuk 2013 yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan do'a yang tulus kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 1 September 2018

Penulis



RANDY JUPRASTANTA
1307230153

DAFTAR ISI

LEMBAR PRNGESAHAN I	
LEMBAR PENGEAHAN II	
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR NOTASI	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Umum	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi Laju Regangan	5
2.2 Split Hopkinson Pressure Bar	6
2.3 Kuningan	10
2.3.1 Jenis Kuningan	10
2.3.2 Karakteristik Kuningan	11
2.3.3 Kelebihan Kuningan	12
2.3.4 Kelemahan Kuningan	12
2.4 Statis	12
2.4.1 Luas penampang	12
2.4.2 Tegangan	13
2.4.3 Regangan	13
2.4.4 Modulus elastisitas	14
2.5 Dinamik	14
2.5.1 Tegangan (stress)	14
2.5.2 Regangan (strain)	15
2.5.3 Laju Regangan (strain rate)	16
2.6 Persamaan Jembatan Wheatstone Strain Gauge	16
2.7 Jenis Perpatahan Material Spesimen	17
2.7.1 Perpatahan Ulet (Ductile Fracture)	18
2.7.2 Perpatahan Getas	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19

3.1.1 Tempat	19
3.1.2 Waktu Penelitian	19
3.2 Diagram Alir Penelitian	20
3.3 Persiapan Bahan dan Alat Penelitian	21
3.4 Pembuatan Spesimen Kuningan Statis dan Dinamik	24
3.5 Prosedur Pengujian Dinamik	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil Pengujian Statis dan Dinamik	34
4.1.1 Hasil Pengujian Spesimen Statis	34
4.1.2 Grafik Tegangan Regangan Statis	34
4.2 Hasil Pengujian Spesimen Dinamik	36
4.2.1 Grafik Volt vs Waktu	36
4.2.2 Gelombang Channel A	38
4.2.3 Grafik Tegangan vs Regangan	39
4.2.4 Grafik Laju Regangan vs Waktu	40
BAB 5 PENUTUP	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Solidwork Model of Split Hopkinson Pressure Bar Apparatus	7
Gambar 2.2 : Sketsa Vertikal Split Hopkinson Pressure Bar	9
Gambar 2.3 : Persamaan Jembatan Wheatstone Strain Gauge	17
Gambar 2.4 : Mekanisme Perpatahan	18
Gambar 2.5 : Perpatahan Ulet	18
Gambar 2.6 : Perpatahan Getas	18
Gambar 3.1 : Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 3.2 : Alat Uji Impak Batang Hopkinson Vertikal	21
Gambar 3.3 : Sensor Strain Gages	22
Gambar 3.4 : Bridge box	22
Gambar 3.5 : Picoscope	23
Gambar 3.6 : Laptop	23
Gambar 3.7 : Dimensi Spesimen Statis	24
Gambar 3.8 : Spesimen Statis Kuningan	24
Gambar 3.9 : Dimensi Spesimen Dinamik	25
Gambar 3.10 : Spesimen Dinamik Kuningan	25
Gambar 3.11 : Pemasangan Strain Gages	26
Gambar 3.12 : Pemasangan Plat Stopper	26
Gambar 3.13 : Pemasangan Kabel Strain Gages	27
Gambar 3.14 : Pemasangan Bridge Box	27
Gambar 3.15 : Pemasangan Picoscope	28
Gambar 3.16 : Pemasangan Output picoscope Pada PC (laptop)	28
Gambar 3.17 : Meratakan plat dudukan	29
Gambar 3.18 : Pemasangan Striker Bar	29
Gambar 3.19 : Pemasangan Spesimen	30
Gambar 3.20 : Proses Pengujian Spesimen	30
Gambar 3.21 : Shortcut Dekstop Picoscope	31
Gambar 3.22 : Tampilan Picoscope	31
Gambar 3.23 : Mengatur Daya Baterai pada channel	31
Gambar 3.24 : Penyetelan jarak waktu	32
Gambar 3.25 : Penyetelan Trigger None	32
Gambar 3.26 : Penyetelan Trigger Single	32
Gambar 3.27 : Klik Running	32
Gambar 3.28 : Penyimpanan Hasil Data	33
Gambar 4.1 : Hasil Statis Kuningan	34
Gambar 4.2 : Grafik tegangan vs Regangan	34
Gambar 4.3 : Hasil pengujian dinamik spesimen	36
Gambar 4.4 : grafik volt vs waktu	37
Gambar 4.5 : grafik volt vs waktu disimpan dalam excel	37
Gambar 4.6 : hasil data grafik incident reflected transmitted	38

Gambar 4.5 : grafik tegangan vs regangan

39

Gambar 4.6 : laju regangan vs waktu

40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Perbedaan regangan dan laju regangan	6
Tabel 2.2 : Perbedaan statis dan dinamik	6
Tabel 3.1 : Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	19

DAFTAR NOTASI

Notasi	Satuan
σ = Tegangan	(MPa)
A = Luas penampang	(mm ²)
F = Gaya (beban)	(Kgf)
ε = Regangan	
l_0 = Panjang awal	(mm)
l_i = Panjang akhir	(mm)
ΔL = Pertambahan panjang	(mm)
E = Modulus elastisitas	(Mpa)
σ_s = Tegangan spesimen	(Pa)
t = Waktu	(μ s)
A_s = Luas penampang spesimen	(mm ²)
ε_s = Regangan	
$\dot{\varepsilon}_s$ = Laju regangan	
c_o = Kecepatan Suara	(m/s)
l_o = Panjang awal spesimen	(mm)
$d\zeta$ = Perubahan waktu	(μ s/v)
ε_I = Gelombang jatuh	(μ s/v)
ε_R = Gelombang diteruskan	(μ s/v)
ε_T = Gelombang kembali	(μ s/v)
e_0 = Output voltage baterai	(v)
E = Baterai	(v)
Ks = Gage factor pada strain gauge	
ε_0 = Regangan	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan dunia industri, kuningan merupakan salah satu logam termasuk paling banyak digunakan di dunia industri. Karena beberapa manfaat yang didapat pada kuningan sebagai bahan industri atau sebagai bahan keteknikan, sehingga logam ini terus dikembangkan untuk berbagai penggunaan.

Sifat mekanik material, merupakan salah satu faktor terpenting dalam pemilihan logam yang tepat terutama sifat mekanik laju regangan. Sifat mekanik material pada laju regangan diperlukan dalam analisa respon suatu struktur akibat pembebanan yang dilakukan terjadi dalam waktu yang sangat cepat seperti beban impak.

Data dari pengujian ini diperlukan karena kebanyakan data sifat material yang tersedia diukur melalui pengujian statik. Pengukuran sifat mekanik material pada laju regangan pada umumnya melakukan pengujian dengan menggunakan Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB), alat ini pertama kali diperkenalkan oleh Bertram Hopkinson pada tahun 1914.

Awal mulanya posisi Split Hopkinson Pressure Bar adalah horizontal, kemudian terus dikembangkan untuk berbagai keperluan sehingga muncul Vertikal Split Hopkinson Pressure Bar. Dengan latar belakang ini maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul :
“Pengaruh laju regangan pada bahan kuningan terhadap kekuatan tarik dinamik”

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan judul tugas akhir ini maka perumusan masalah yang diperoleh dalam tugas sarjana ini adalah :

1. Bagaimana cara mengukur laju regangan pada bahan kuningan pada saat pengujian
2. Bagaimana mengevaluasi kekuatan tarik dinamik terhadap laju regangan
3. Bagaimana menguji kekuatan tarik dinamik pada bahan kuningan dengan mesin uji vertikal Split Hopkinson Pressure Bar

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi masalah agar tidak meluas dari pembahasan, Penulis membahas pengujian antara lain :

1. Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah paduan kuningan
2. Mesin yang digunakan adalah uji vertikal hopkinson Pressure Bar

1.4 Tujuan Umum

Untuk menganalisa laju regangan dinamik pada material kuningan terhadap mesin uji vertikal Split Hopkinson Pressure Bar

Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah

- a) Untuk menentukan spesimen, untuk menguji pengaruh laju regangan.
- b) Untuk menguji kekuatan tarik dinamik pada bahan kuningan dengan mesin uji vertikal Split Hopkinson Pressure Bar.
- c) Untuk mengevaluasi kekuatan tarik dinamik terhadap laju regangan.

1.5 Hasil Penelitian

Adapun hasil dari pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan informasi ilmiah dalam pengujian vertikal Hopkinson bar
2. Mendapat ilmu pengetahuan khususnya bidang pengujian material logam kuningan.
3. Dapat menambah alat uji khususnya vertikal Hopkinson bar Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

1.6 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan penulis dalam penulisan tugas akhir adalah:

1. Studi Pustaka

Studi pustaka adalah suatu metode yang dipergunakan dalam penelitian dalam penelitian ilmiah yang dilakukan dengan membaca dan mengolah data yang diperoleh dari literatur. Data yang dibaca dan diolah data yang berhubungan dengan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya.

2. Studi Simulasi dan Analitik

Metode simulasi dilakukan dengan cara mensimulasikan kasus yang dihadapi kedalam pemodelan sesuai dengan program yang digunakan. Dan selanjutnya hasil daripemodelan dianalisa dengan teori-teori yang sudah ada dan membandingkannya dengan data pustaka.

3. Konsultasi dan Bimbingan

Bertujuan untuk mendapatkan tambahan pengetahuan dan masukan dari dosen pembimbing serta koreksi terhadap kesalahan-kesalahan yang terjadi dalam penyusunan tugas terakhir.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir, yang diawali pada Lembar Pengesahan, Lembar Asistensi, Kata Pengantar, Daftar Isi, Daftar Tabel, Daftar Gambar, dan di bagi menjadi lima bab. Bab 1 berisi tentang latar belakang , perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, sistematika penulisan. Bab 2 berisi tentang penjelasan mengenai Hopkinson bar, klasifikasi material kuningan, laju regangan, kekuatan tarik dinamik, serta teori teori yang mendukung penulian tugas akhir. Bab 3 Menjelaskan tentang metode dan tahap penelitian, alat pengujian dan cara pengujian. Bab 4 menjelaskan mengenai data dan analisa pada penelitian. Bab 5 menjelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian dan saran. Diakhiri dengan daftar pustaka, daftar riwayat hidup, dan beberapa lampiran-lampiran lainnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Laju Regangan

Laju regangan adalah perubahan regangan (deformasi) suatu material terhadap waktu. Definisi tingkat regangan pertama kali diperkenalkan pada tahun 1867 oleh metallurgist Amerika Jade LeCocq, yang mendefinisikannya sebagai "tingkat di mana ketegangan terjadi. Ini adalah waktu perubahan regangan." Dalam fisika, laju regangan secara umum didefinisikan sebagai turunan dari regangan terhadap waktu. Definisi yang tepat tergantung pada bagaimana strain diukur. Dalam konteks sederhana, untuk menggambarkan regangan, laju regangan. Misalnya, ketika karet gelang panjang dan seragam secara bertahap diregangkan dengan menarik ujungnya, regangan dapat didefinisikan sebagai rasio epsilon antara jumlah peregang dan panjang asli:

$$\varepsilon(t) = \frac{L(t) - L_0}{L_0}$$

dimana L_0 adalah panjang asli dan $L_0(t)$ panjangnya setiap saat t . Maka laju regangan akan menjadi

$$\dot{\varepsilon}(t) = \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{L(t) - L_0}{L_0} \right) = \frac{1}{L_0} \frac{dL}{dt}(t) = \frac{v(t)}{L_0}$$

dimana $v(t)$ adalah kecepatan di mana ujungnya bergerak menjauh dari satu sama lain. (http://en.wikipedia.org/wiki/Strain_rate, diakses tanggal 04 september 2018).

Untuk mengetahui perbedaan regangan, laju regangan, berikut disertakan tabelnya. Dapat dilihat tabel pada 2.1.

Regangan	Laju regangan
Regangan adalah perubahan regangan (deformasi) suatu material terhadap panjang awal dan panjang akhir.	Laju regangan adalah perubahan regangan (deformasi) suatu material terhadap waktu.

untuk mengetahui perbedaan statis dan dinamik berikut disertakan tabelnya Dapat dilihat tabel pada 2.2.

Statis	Dinamik
Pada uji statis (uji tarik) pada saat pengujian terhadap spesimen pembebanan bertambah, dilakukan secara perlahan dan pergerakannya kaku	Pada uji dinamik (vertikal hopkinson) pada saat pengujian menaikkan dan menjatuhkan striker secara vertikal pergerakannya tidak kaku, pembebanan secara cepat dan beban tidak meningkat (tidak berubah sesuai jarak ketinggian ditentukan)

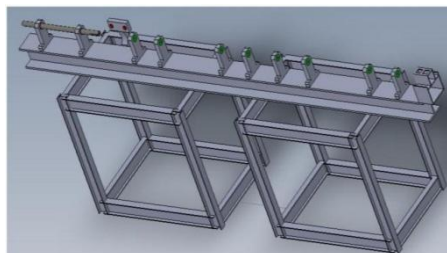
2.2 Split Hopkinson Pressure Bar

Split Hopkinson Pressure Bar pertama kali diperkenalkan oleh Bertram Hopkinson 1914. Hokinson menggunakan prinsip tersebut untuk mengukur tekanan yang dikembangkan di sebuah bar saat ledakan terjadi di salah satu ujungnya, sebuah bar ditangguhkan dengan satu ujung yang melekat pada mekanisme peledakan dan ujung satunya dalam kontak magnetik dengan potongan waktu.

Ketika ledakan terjadi di satu sisi, sebuah denyut nadi bergerak melalui batang yang tersuspensi dan berdampak pada potongan waktu. Pada ujung bebas dari antarmuka potongan-batang waktu, potongan waktu memisahkan dari bar dan terbang ke dalam mekanisme perangkat momentum. Energi yang dicatat oleh perangkat momentum sesuai dengan energi dua kali panjang gelombang pulsa tekanan pada potongan waktu.

Selanjutnya, prinsip Hopkinson digunakan oleh Robertson pada tahun 1921 dan oleh Landon dan Quinney pada tahun 1923. Teknik ini kemudian dimodifikasi pada tahun 1948 oleh Davies yang menggunakan kondensor untuk mengukur perpindahan di bar tekanan. Pada tahun 1949, Kolsky memodifikasi pengaturan lebih lanjut dengan menambahkan bar tekanan kedua dan meletakkan spesimen di antara kedua batang.

Dia menggunakan mikrofon kondensor silindris untuk mengukur amplitudo pulsa tekanan yang dihasilkan dengan menembaki detonator di ujung bebas dari batang kejadian. Pada tahun 1963 J L Chiddister, dkk. memperkenalkan teknik untuk tes kompresi suhu tinggi. Pada saat yang akan datang, tes batang Hopkinson diperluas untuk melakukan pengujian torsi. Solidwork Model of split hopkinson pressure bar apparatus, dapat dilihat pada gambar 2.4.(Nikhil A. Singh, 2015).

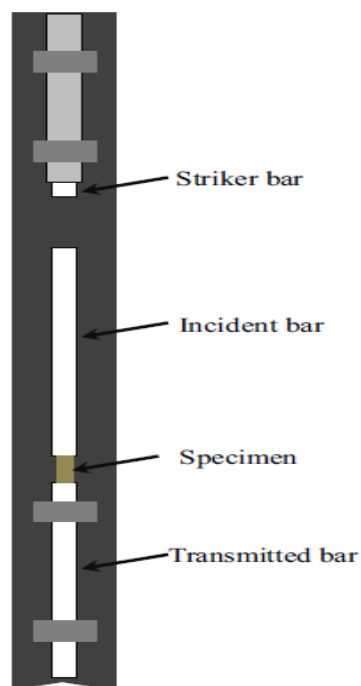


Gambar 2.4 Solidwork Model of split hopkinson pressure bar apparatus

Selama beberapa dekade, banyak peneliti yang telah mengembangkan SPHB untuk mengukur sifat mekanik yang dinamis dari banyak bahan yang berbeda. Terutama, teknik ini berguna untuk memeriksa respon dinamis dari bahan padat. Meskipun beberapa peneliti telah menguji berbagai sampel, itu tidak sepenuhnya dipahami bagaimana sampel dimensi. Dengan demikian, penting untuk memahami efek dari sampel relatif terhadap SPHB diameter dan rasio L / D sampel pada respon mekanik dinamis, karena dua parameter ini dapat mempengaruhi perilaku elastis bahan. (Eunhye kim, 2015).

Bar tekanan Hopkinson split terdiri dari dua batang panjang elastis yang menutupi spesimen di antara keduanya. Biasanya bar striker didorong menuju bar kejadian. Saat terjadi benturan, gelombang tekan elastis dihasilkan, di dalam bar kejadian dan ketegangan tergantung waktu di bar tekanan diukur pada titik tengah kejadian bar. Pada tampilan bar / spesimen, gelombang sebagian tercermin dan sebagian ditransmisikan ke dalam contoh. Bagian yang tercermin perjalanan kembali sepanjang bar kejadian sebagai gelombang tarik dan yang sesuai regangan diukur. Strain tekan berhubungan dengan porsi gelombang yang ditransmisikan melalui sampel ke dalam bar output diukur pada titik tengah bar output. Bila spesimen tersebut mengalami deformasi secara seragam, Tingkat regangan dalam spesimen berbanding lurus dengan amplitudo gelombang pantul. Demikian juga dengan Tegangan dalam sampel berbanding lurus dengan amplitudo gelombang yang ditransmisikan. Kedua sinyal ini bisa jadi dicatat, yang pertama terintegrasi ke strain hasil, dan dikombinasikan untuk memberikan kurva tegangan-regangan dinamis. (Rajnish Goyal, 2017)

Split-Hopkinson Pressure Bar (SHPB) adalah alat konvensional untuk menguji respon tegangan-regangan dinamis bahan. Yang terdiri dari proyektil, bar input, output bar dan perangkat buffering. Selama pengujian, proyektil serangan pada bar input akan menghasilkan stres dinamis dalam alat tersebut. Gelombang menyebar melalui bar input, maka deformasi spesimen dan akhirnya dikirim ke output bar. input dan output bar menangkap regangan aksial yang disebabkan oleh gelombang tekanan. (X.Guo, 2014). konfigurasi batang Hopkinson vertikal, yang berbagi bagian komponen yang sama dengan bar Hopkinson tradisional aparat. Besi sudut dengan panjang 4,5 m dipasang vertikal ke arah lantai dan bilah yang ditransmisikan ke bagian bawah dengan 2 berbentuk cincin. Spesimen itu diletakkan di atas muka dari batang yang ditransmisikan, dan batang kejadian vertikal berada di bagian atas spesimen tanpa ada kontak dengan besi sudut. sketssa vertikal split hopkinson pressure bar, dapat dilihat pada gambar 2.5.(Ying-Gang Miao, 2015)



Gambar 2.5 sketssa vertikal split hopkinson pressure bar

2.3 Kuningan

Kuningan merupakan paduan antara logam tembaga dan logam seng, yang proporsinya bisa diatur untuk menciptakan karakteristik kuningan yang dihasilkan. Kuningan memiliki kelenturan yang lebih tinggi dibandingkan dengan material perunggu. Namun keduanya mungkin juga mencakup proporsi kecil dari berbagai elemen lain termasuk arsen, fosfor, aluminium, mangan dan silikon. Umumnya kuningan memiliki titik lebur yang rendah yaitu sekitar 900°C - 940°C (1652°F - 1724°F) tergantung komposisinya. Dengan memvariasikan proporsi tembaga dan seng, sifat mekanik dari kuningan dapat dirubah, yang memproduksi kuningan keras dan lunak, kepadatan kuningan sekitar $0,303 \text{ lb/inch}^3$ ($8,4 \text{ gram/cm}^3$), campuran Cu – Zn banyak digunakan sebagai bahan industri, karena karakteristiknya yang sangat baik seperti keseimbangan kekuatan, kelenturan, ketahanan korosi, non magnet dan sifat membentuk yang baik. Karena sifat mekanik dan sifat mampu mesin yang baik, penggunaannya baik dalam membuat roda gigi, bantalan, peralatan dekoratif dan frame arsitektur. (Edward E, 2013).

Campuran tembaga yang paling terkenal adalah kuningan, yaitu Cu-Zn, yang memiliki kelebihan yang sangat berguna, seperti kekuatan yang tinggi, konduktivitas, sifat membentuk, ketahanan aus dan korosi, kombinasi terbaik dari kelenturan dan kekuatan yang diperoleh dari Cu-30Zn, menguasai sifat mampu bentuk yang sangat baik (Y.F.Sun, 2013)

2.3.1 Jenis Kuningan

- a. Kuningan Admiralty, Mengandung 30% seng, dan 1% timah.

- b. Kuningan Aich, Mengandung 60,66% tembaga, 36,58% seng, 1,02% timah, dan 1,74% besi. Dirancang untuk digunakan dalam pelayanan laut karena sifatnya yang tahan korosi, keras, dan tangguh.
- c. Kuningan Alpha, Memiliki kandungan seng kurang dari 35%. Bekerja dengan baik pada suhu dingin.
- d. Kuningan Alpha-beta (Muntz), sering juga disebut sebagai kuningan dupleks, mengandung 35-45% seng, Bekerja baik pada pada suhu panas.
- e. Kuningan Aluminium, Mengandung aluminium yang menghasilkan sifat peningkatan ketahanan korosi.
- f. Kuningan dr arsenikum, Berisi penambahan arsenik dan aluminium.
- g. Kuningan Cartridge, mengandung 30% seng, memiliki sifat kerja yang baik pada suhu dingin.
- h. Kuningan umum atau kuningan paku keling, mengandung 37% seng, murah dan standar sifat kerja baik pada suhu dingin.
- i. Kuningan Tinggi, mengandung 65% tembaga dan 35% seng, memiliki kekuatan tarik tinggi, banyak digunakan untuk pegas, sekrup, dan paku keling.. (Tata Surdia, 2005)

2.3.2 Karakteristik Kuningan

Kuningan sangatlah luas penggunaannya dalam dunia insustri karena karakteristik yang dimilikinya, antara lain:

- a. Logam yang tahan korosi
- b. Memiliki penghantar panas yang baik (biasa digunakan pada onderdil kendaraan)
- c. Kemudahan dalam proses pembentukan

2.3.3 Kelebihan Kuningan

- a. Logam yang tahan korosi
- b. Alat penghantar panas yang baik
- c. Memiliki keuletan yang tinggi dan mudah di bentuk

2.3.4 Kelemahan Kuningan

- a. Kekuatan rendah
- b. Sangat mahal

2.4 Statis

Sifat-sifat mekanik material yang salah satunya dengan mengetahui kekuatan material dapat diperoleh dengan pengujian tarik. Pada saat bersamaan benda uji akan bertambah panjang dengan bertambah gaya yang diberikan. Berdasarkan hasil pengujian tarik yaitu berupa data dan perpanjangan, maka dapat dianalisis luas penampang, tegangan, regangan, dan modulus elastisitas, yaitu persamaannya:

2.4.1 Luas penampang

Luas penampang adalah luas permukaan, rumus luas penampang dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$A = \pi \cdot r^2 \tag{2.1}$$

Dimana :

A = Luas penampang

π = Dimana bilangan konstannya 3,14

r = Jari jari

2.4.2 Tegangan

Tegangan adalah perbandingan antara gaya tarik terhadap luas penampang benda, rumus tegangan dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

Dimana :

σ = Tegangan

F = Gaya

A = Luas penampang

2.4.3 Regangan

Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang benda uji dengan panjang mula mula benda uji dan panjang akhir setelah pengujian , rumus regangan dapat dilihat pada persamaan 2.3.

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2.3)$$

Dimana :

ε = Regangan

L_i = Panjang akhir sesudah pengujian

L_0 = Panjang awal sebelum pengujian

ΔL = Pertambahan panjang

2.4.4 Modulus Elastisitas

Regangan dapat dihasilkan dengan membagikan hasil tegangan dan regangan, rumus modulus elastisitas dapat dilihat pada persamaan 2.4.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.4)$$

Dimana

E = Modulus elastis

σ = Tegangan

ε = Regangan

2.5 Dinamik

Pengujian dinamik pada hopkinson vertikal digunakan untuk menguji kekuatan spesimen, yang menghasilkan gelombang pada software picoscope, kemudian di konversi, sehingga rumus dapat diterapkan. Berdasarkan hasil pengujian hopkinson vertikal, maka dapat dianalisis tegangan, regangan, dan laju regangan, yaitu persamaannya:

2.5.1 Tegangan (Stress)

Tegangan adalah tahanan material terhadap gaya atau beban. Tegangan diukur dalam bentuk gaya per luas. Tegangan diberi simbol σ (dibaca sigma). Secara matematis tegangan dinamik dapat dilihat pada persamaan 2.5.

(J.M.Lifshitz, 1993)

$$\sigma_s(t) = \frac{EA_2}{2A_s} [\varepsilon_I + \varepsilon_R + \varepsilon_T] \quad (2.5)$$

Dimana :

σ_s = Tegangan spesimen (N/m^2)

- t = Waktu (μs)
- E = Modulus elastic (N/m^2)
- A = Luas penampang (m^2)
- ε_I = Gelombang saat jatuh ($V/\mu s$)
- ε_R = Gelombang yang diteruskan ($V/\mu s$)
- ε_T = Gelombang kembali ($V/\mu s$)

2.5.2 Regangan (Strain)

Regangan didefinisikan sebagai perubahan ukuran atau bentuk material dari panjang awal sebagai hasil dari gaya yang menarik atau yang menekan pada material, regangan diberi simbol ε (dibaca epsilon). Secara matematis regangan dinamik dapat dilihat pada persamaan 2.6. (J.M.Lifshitz, 1993)

$$\varepsilon_s(t) = \frac{c_0}{l_0} \int_0^t [\varepsilon_I - \varepsilon_R - \varepsilon_T] d\xi \quad (2.6)$$

Dimana :

- ε_s = Regangan
- t = Waktu (μs)
- c_0 = Kecepatan suara (m/s)
- l_0 = Panjang awal spesimen (N/m^2)
- ε_I = Gelombang saat jatuh ($V/\mu s$)
- ε_R = Gelombang yang diteruskan ($V/\mu s$)
- ε_T = Gelombang kembali ($V/\mu s$)
- $d\xi$ = Perubahan waktu

2.5.3 Laju Regangan (strain-rate)

Strain rate adalah laju regangan deformasi suatu material terhadap waktu ketika mendapat beban. Secara matematis laju regangan dinamik dapat dilihat pada persamaan 2.7 (J.M.Lifshitz, 1993)

$$\dot{\varepsilon}_s(t) = \frac{c_0}{l_0} [\varepsilon_I - \varepsilon_R - \varepsilon_T] \quad (2.7)$$

Dimana :

$\dot{\varepsilon}_s$ = Regangan

t = Waktu (μs)

c_0 = Kecepatan suara (m/s)

l_0 = Panjang awal spesimen (N/m^2)

ε_I = Gelombang saat jatuh ($V/\mu s$)

ε_R = Gelombang yang diteruskan ($V/\mu s$)

ε_T = Gelombang kembali ($V/\mu s$)

2.6 Persamaan Rumus Jembatan Wheatstone Strain Gauge

Berikut rumus atau persamaan jembatan wheatstone yang digunakan pada pengujian hopkinson vertikal

$$\varepsilon_0 = \frac{4 \cdot e_0}{E \cdot K_s} \quad (2.8)$$

Dimana

ε_0 = Regangan

e_0 = Gelombang channel yang dihasilkan

E = Volt baterai yang digunakan

KS = Gage factor strain gauge

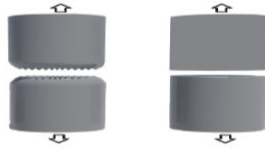
Sesuai dengan pemasangan strain gauge yang digunakan dapat dilihat pada nomor 3, gambar 2.6. (www.kyowa-ei.co.jp, diakses tanggal 20 februari 2018)

How to Form Strain-gage Bridges						
No.	Name	Application Sample	Circuit	Output	Remarks	Bridge Box DB-120A/350A
1	1-active-gage 2-wire system Number of gages: 1	 Uniaxial stress (uniform tension/compression)		$C_o = \frac{E}{4} K_s \cdot \epsilon_o$ K_s : Gage factor ϵ_o : Strain E : Bridge voltage C_o : Output voltage R_g : Gage resistance R : Fixed resistance	Suitable for use under environment of less ambient temperature changes; no temperature compensation, x1 output	
2	1-active-gage 3-wire system Number of gages: 1	 Uniaxial stress (uniform tension/compression)		$C_o = \frac{E}{4} K_s \cdot \epsilon_o$	No temperature compensation; thermal effect of leadwires cancelled, x1 output	
3	Dual 1-active-gage 2-wire system (to cancel bending strain) Number of gages: 2	 Uniaxial stress (uniform tension/compression)		$C_o = \frac{E}{4} K_s \cdot \epsilon_o$ $R_{g1} \dots$ Strain: ϵ_1 $R_{g2} \dots$ Strain: ϵ_2 $\epsilon_o = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2}$ R : Fixed resistance $R = R_{g1} + R_{g2}$	No temperature compensation; bending strain cancelled, x1 output	
4	Dual 1-active-gage 3-wire system (to cancel bending strain) Number of gages: 2	 Uniaxial stress (uniform tension/compression)		$C_o = \frac{E}{4} K_s \cdot \epsilon_o$ $R_{g1} \dots$ Strain: ϵ_1 $R_{g2} \dots$ Strain: ϵ_2 $\epsilon_o = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2}$ R : Fixed resistance $R = R_{g1} + R_{g2}$	No temperature compensation; bending strain cancelled; thermal effect of leadwires cancelled, x1 output	
5	Active-dummy 2-gage system Number of gages: 2	 Uniaxial stress (uniform tension/compression)		$C_o = \frac{E}{4} K_s \cdot \epsilon_o$ K_s : Gage factor ϵ_o : Strain E : Bridge voltage C_o : Output voltage R_{g1} : Strain: ϵ $R_{g2} \dots$ Strain: 0 R : Fixed resistance	Temperature compensation; thermal effect of leadwires cancelled, x1 output	
6	Orthogonal 2-active-gage system Number of gages: 2	 Uniaxial stress (uniform tension/compression)		$C_o = \frac{(1 + \nu) E}{4} K_s \cdot \epsilon_o$ ν : Poisson's ratio R_{g1}, R_{g2} : Gage resistance $R_{g1} \dots$ Strain: ϵ_o $R_{g2} \dots$ Strain: $-\nu \epsilon_o$ R : Fixed resistance	Temperature compensation; thermal effect of leadwires cancelled, x(1+ ν) output	
<p>●Relation between strain and voltage</p> <p>The output of a strain-gage bridge is expressed as a strain quantity ($\mu\epsilon$) or an output voltage (mV/V or μV/V) against the bridge voltage. The strain quantity and the output voltage have the following relation:</p> $\epsilon_o = \frac{E}{4} K_s \cdot \epsilon_o$ <p>If the bridge voltage $E = 1V$ and the gage factor $K_s = 2.00$,</p> $2\epsilon_o = \epsilon_o.$ <p>Thus, a strain output is always 2 times larger than a bridge output voltage.</p> <p>e.g. $3000\mu\epsilon \rightarrow 1500\mu V/V = 1.5mV/V$</p>						

Gambar 2.6 Persamaan jembatan wheatstone Strain gauge

2.7 Jenis Perpatahan Material

Sampel hasil pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa tampilan perpatahan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7:



Gambar 2.7 Mekanisme perpatahan.(Enrique Rocha, 2011)

2.7.1 Perpatahan Ulet (Ductile Fracture)

Patah ductile terjadi apabila material logam pada saat patah mengalami Terjadi deformasi plastis yang cukup besar sebelum patah, Penampang melintang di daerah patahan biasanya berkurang karena pengecilan penipisan (necking), Terjadi patahan retak berjalan lambat .Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7:



Gambar 2.8 Perpatahan Ulet.

2.7.2 Perpatahan Getas

Perpatahan getas memiliki ciri-ciri mempunyai ciri-ciri yang berbeda dengan perpatahan ulet. pada saat patah tidak mengalami perubahan bentuk plastis atau pengecilan penampang. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8:



Gambar 2.9 Perpatahan Getas.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Kekuatan Material Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

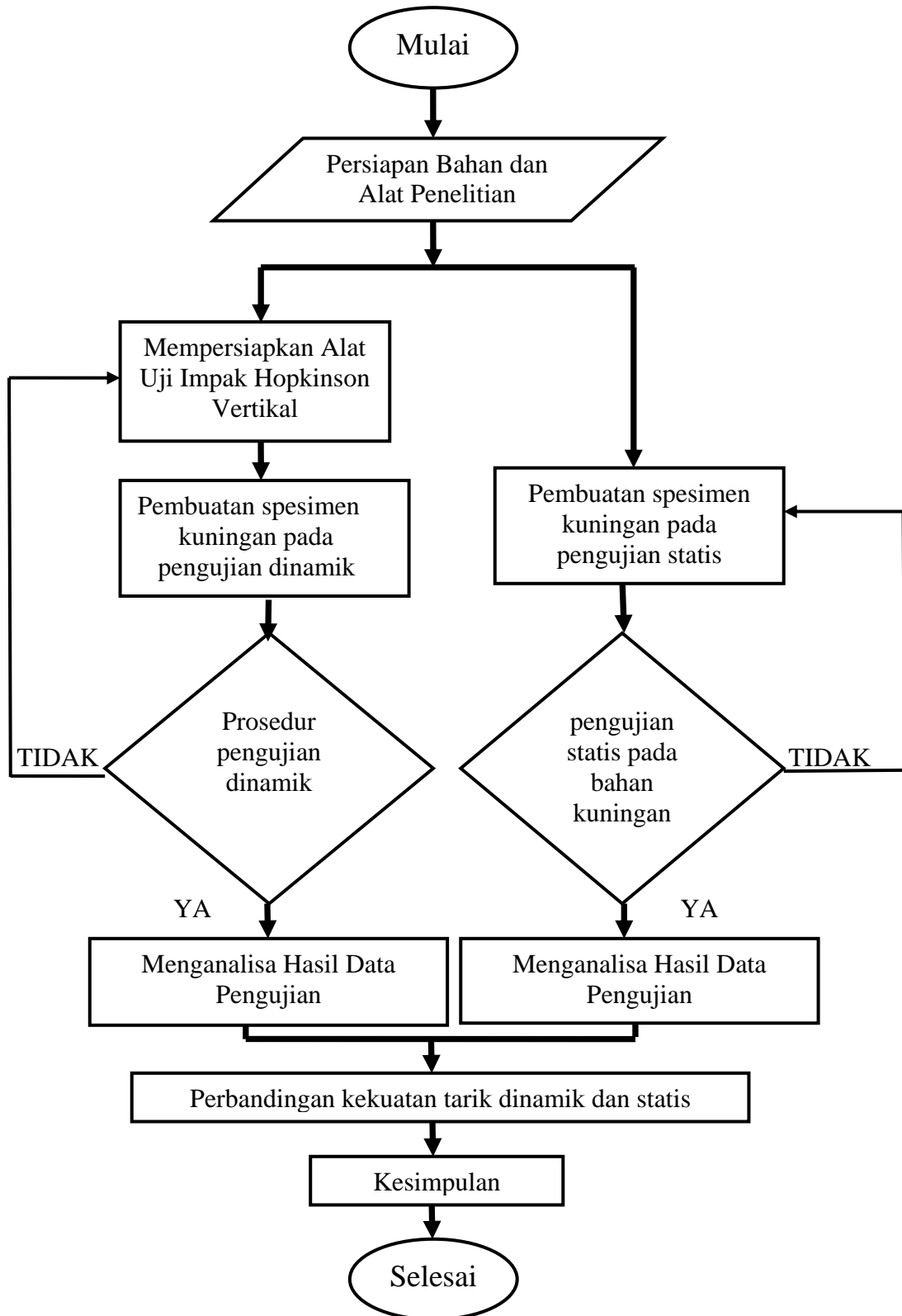
3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing terhitung dari tanggal 04 November 2017 sampai dengan selesai.

Tabel 3.1: Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No.	Kegiatan	November	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Agustus
1.	Pengajuan judul	■						
2.	Membuat spesimen		■					
3.	Penyiapan alat dan bahan dinamik		■	■				
4.	Pelaksanaan Pengujian				■	■		
5.	Penyusunan skripsi			■	■	■	■	
6.	Penyelesaian Skripsi							■

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Keterangan diagram alir penelitian :

3.3 Persiapan Bahan dan Alat Penelitian

Adapun bahan dan alat yang digunakan dalam yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

a. Alat Uji Impak Hopkinson Vertikal

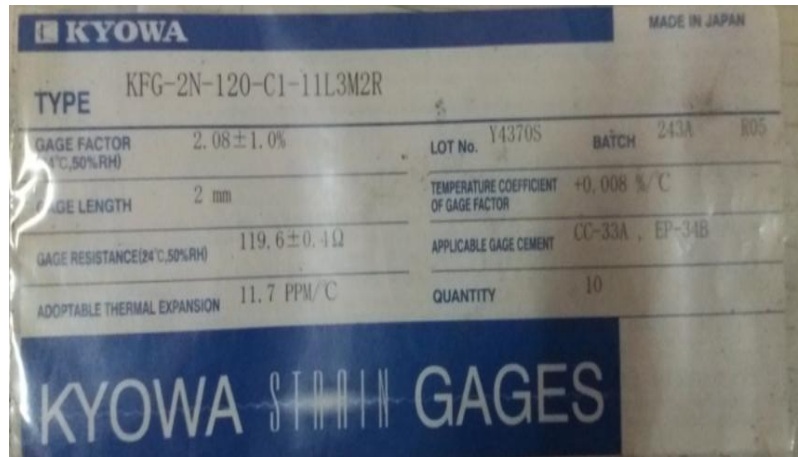
Merupakan alat uji yang akan digunakan untuk mengetahui laju regangan dinamik. Fungsinya ialah untuk mengetahui laju regangan dinamik dengan spesimen bervariasi, dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Alat Uji Impak Batang Hopkinson Vertikal

b. Strain Gages

Strain Gages sebagai alat pengukur tegangan regangan yang terjadi, pada spesimen setelah pengujian, strain gages bermerek Kyowa dengan type type KFG-2N-120-C1-11L3M2R, dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sensor Strain Gages

c. Bridge Box

Bridge box terdiri dari papan sirkuit cetak, 3 resistor dengan nilai hambatan 120 ohm(Ω), variabel resistor (resistor tidak tetap) nilai max 500 ohm (Ω), konektor BNC, Sambungan kabel mur, Baterai 3volt, dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Bridge box

d. Oscilloscope digital

Oscilloscope digital merupakan alat picoscope yang dipergunakan untuk membaca nilai voltase yang dihasilkan V_{out} dari Bridge box. Dengan menggunakan picoscope ini dapat mempermudah dalam memperoleh data saat melakukan percobaan pengujian. Output dari picoscope ini dapat langsung dilihat dengan menggunakan personal computer (PC) yang telah terhubung langsung dan memiliki aplikasi picoscope, dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Oscilloscope digital

e. Laptop

Laptop Acer digunakan pada saat proses pengujian dan dihubungkan dengan picoscope yang akan menampilkan hasil grafik regangan, pada saat spesimen uji diberikan beban impak, dapat dilihat pada gambar 3.6.

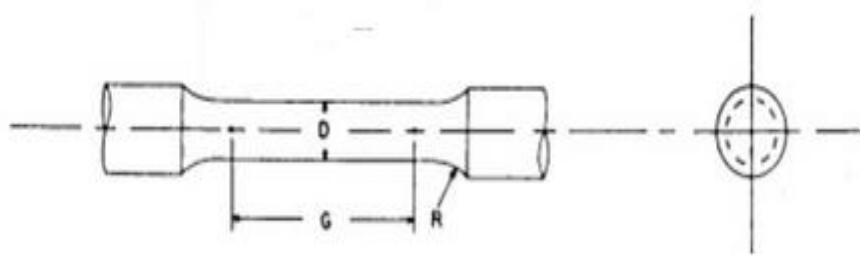


Gambar 3.6 Laptop

3.4 Pembuatan Spesimen Kuningan Statis dan Dinamik

a. Bentuk dan Ukuran Spesimen Statis

Bentuk ukuran spesimen pengujian statis menggunakan standar spesimen E 8M dapat dilihat pada gambar 3.8



Gambar 3.7 Dimensi Spesimen Statis

No.	Spesimen	Dimensi		
1	1	Diameter(D)	Panjang Ukur (G)	Radius (R)
		$6,0\pm 0,1$ mm	$30\pm 0,1$ mm	6mm

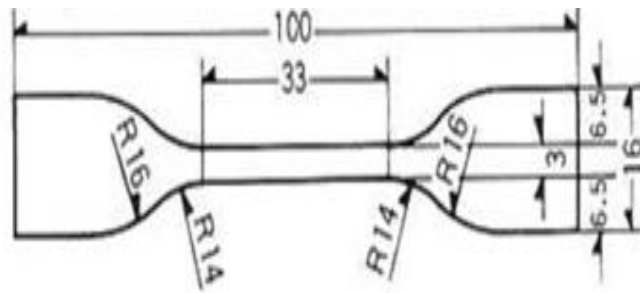
Pembentukan atau pembuatan spesimen uji statis bahan Kuningan, dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Spesimen Statis Kuningan

b. Bentuk dan Ukuran Spesimen Dinamik

Spesimen yang akan diuji, menggunakan kuningan, bentuk dan ukuran spesimen pengujian tarik menggunakan standar ASTM D 412 tipe D. Dimensi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 Dimensi Spesimen Dinamik

Pembentukan atau pembuatan spesimen uji dinamik bahan Kuningan, dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut



Gambar 3.10 Spesimen Dinamik Kuningan

3.5 Prosedur Pengujian Dinamik.

Prosedur pengujian dengan menggunakan, jarak jatuh striker, dengan menggunakan alat uji impak hopkinson vertikal, dengan cara sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat uji serta bahan-bahan yang akan digunakan untuk pengujian.
2. Memasang strain gages pada besi baja karbon menggunakan lem perekat, dengan jarak 500mm diukur dari ujung pencekam spesimen, strain gages yang digunakan berjumlah 4, berada pada sisi depan dan belakang, dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.11 Pemasangan Strain Gages

3. Pemasangan plat stopper pada besi baja karbon bagian bawah, dapat dilihat pada gambar 3.10.



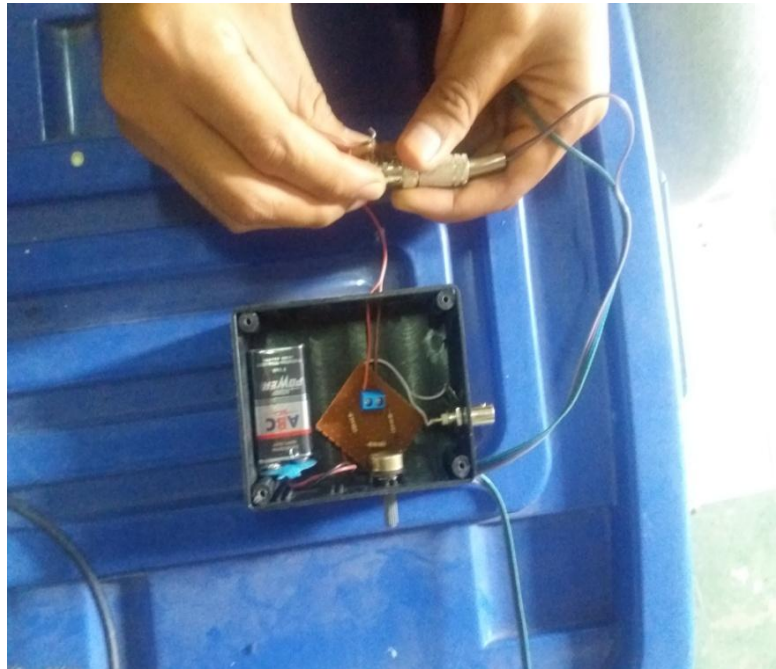
Gambar 3.12 Pemasangan Plat Stopper

4. Memasang kabel strain gages pada besi baja karbon menggunakan lem lakban, dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.13 Pemasangan Kabel Strain Gages

5. Menghubungkan kabel strain gages pada input bridge box, dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.14 Pemasangan Bridge Box

6. Menghubungkan kabel bnc bridge box pada input bnc picoscope, dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.15 Pemasangan Picoscope

7. Menghubungkan output picoscope pada PC (laptop) menggunakan kabel usb dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.16 Pemasangan Output Picoscope Pada PC (laptop)

8. Meratakan plat dukungan bawah dengan menggunakan water pass, dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Meratakan plat dukungan

9. Pemasangan Striker, striker bar berfungsi sebagai beban uji impact..

Dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Pemasangan Striker Bar

10. Memasang spesimen kuningan pada pencekam besi baja karbon, dapat dilihat pada gambar 3.17.



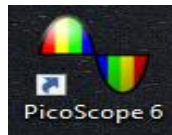
Gambar 3.17 Pemasangan Spesimen

11. Proses pengujian spesimen dengan jarak jatuh striker 3756 mm, dapat dilihat pada gambar 3.18.



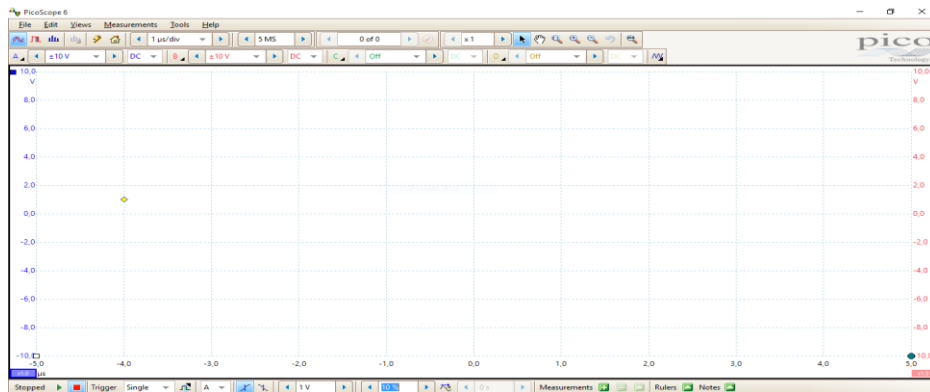
Gambar 3.18 Proses Pengujian Spesimen

12. Hidupkan laptop yang telah di unduh software picoscope, software picoscope dapat diunduh pada website picotech.com/download, setelah diinstal kemudian klik dua kali pada shortcut desktop picoscope untuk membuka program gambar 3.19



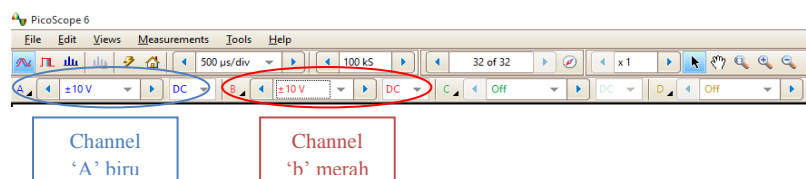
Gambar 3.19 shortcut dekstop picoscope

13. Tampilan program picoscope setelah di buka, dapat dilihat pada gambar 3.20.



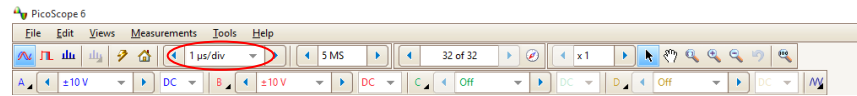
Gambar 3.20 tampilan picoscope

14. Mengatur daya baterai $\pm 10V$ arus dc pada channel A(biru) dan mengatur daya batrai $\pm 10V$ arus DC pada channel B(merah) dapat dilihat pada gambar 3.21.



Gambar 3.21 Mengatur daya batrai pada channel A dan B

15. Atur jarak waktu menjadi $1\mu\text{s}/\text{div}$ sebagai titik awal dapat dilihat pada gambar 3.22.



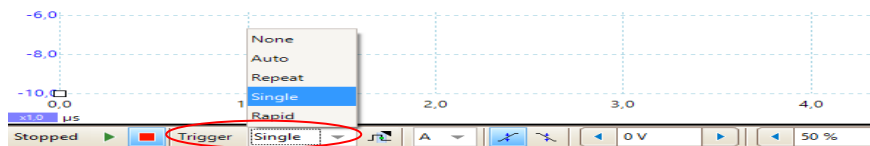
Gambar 3.22 Penyetelan jarak waktu

16. None dalam pengkondisian belum dapat merekam, dapat dilihat pada gambar 3.23



Gambar 3.23 Penyetelan Trigger None

17. Single mendapat kan hasil gelombang channel A dan channel B saat striker dijatuhkan dapat dilihat pada gambar 3.24



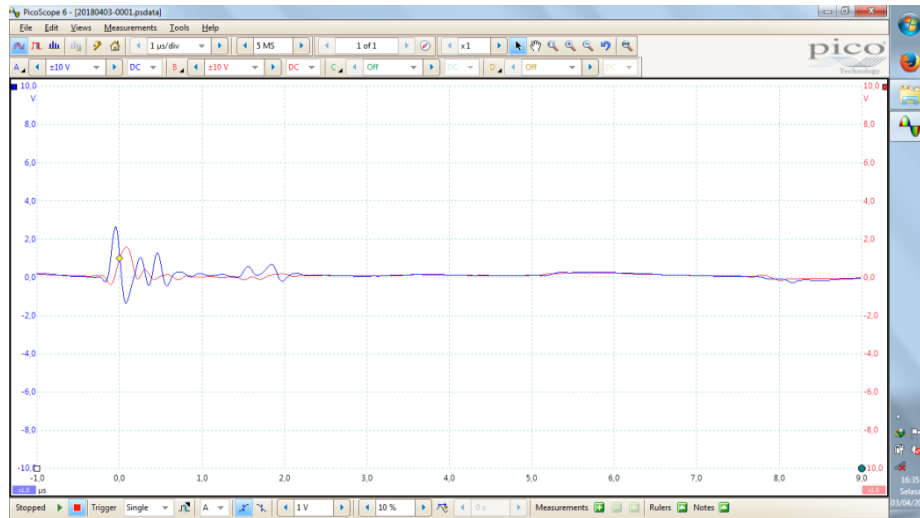
Gambar 3.24 Penyetelan Trigger single

18. Running untuk memulai merekam gelombang channel A dan channel B, trigger pada opsi single dapat dilihat pada gambar 3.25



Gambar 3.25 klik running

19. Penyimpanan data grafik setelah selesai pengujian, dapat dilihat pada gambar 3.26



Gambar 3.26 Penyimpanan Hasil Data

20. Setelah selesai pengujian simpan hasil data dalam bentuk data excel, kemudian non aktifkan software, picoscope, dan bridge box.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Statis dan Dinamik

4.1.1 Hasil Pengujian Spesimen Statis

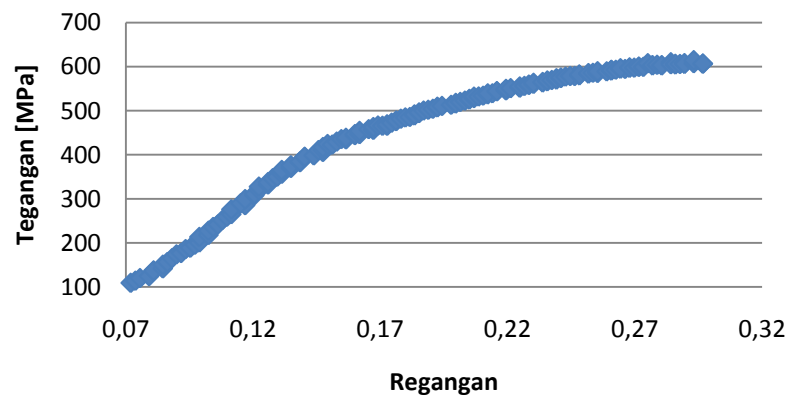
Bentuk spesimende setelah pengujian statis dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Hasil Statis Kuningan

4.1.2 Grafik Tegangan Regangan Statis

Berikut adalah hasil grafik tegangan regangan setelah pengujian statis (uji tarik) pada bahan kuningan, dengan gaya (maximum force) yang dihasilkan 1772,92 kg. Grafik tegangan vs regangan dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 grafik tegangan (MPa) vs Regangan

Berikut data yang diketahui:

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

$$L_i = 38,7 \text{ mm}$$

$$r = 3 \text{ mm}$$

$$F = 1772,92 \text{ kg} = 1772,92 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N} = 17.374,61$$

Berdasarkan data spesimen uji statis berbahan kuningan, maka di dapatkan hasil berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} \quad A &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \cdot 3^2 \\ &= 28,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan} \quad \sigma &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{17.374,61 \text{ N}}{28,26 \text{ mm}^2} \\ &= 614,81 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Regangan} \quad \varepsilon &= \frac{L_i - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L} \\ &= \frac{38,7 - 30}{30} = \frac{8,7}{30} \\ &= 0,29 \end{aligned}$$

Modulus elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$= \frac{614,81 MPa}{0,29}$$

$$= 2120,03 MPa$$

4.2 Hasil Pengujian Spesimen Dinamik

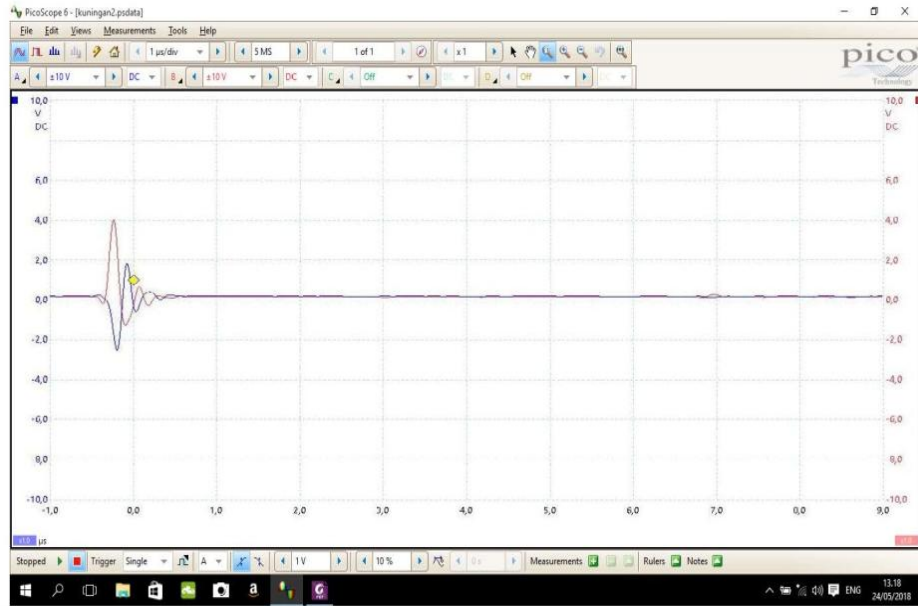
Berikut adalah hasil pengujian dinamik dengan menggunakan 1 spesimen yang berbahan kuningan, bentuk spesimen setelah pengujian dinamik dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Hasil Dinamik Kuningan

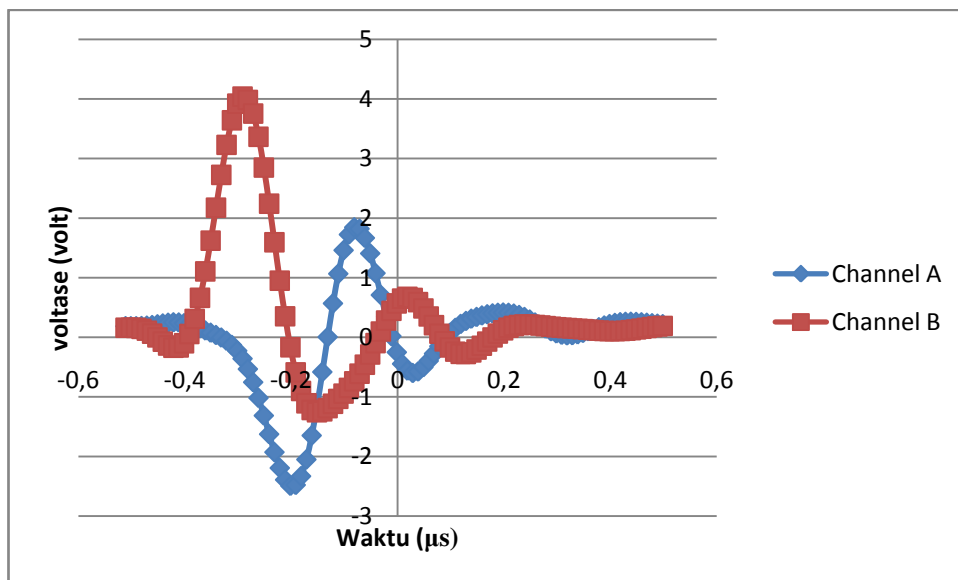
4.2.1 Grafik volt vs waktu

Berikut adalah hasil pengujian dinamik spesimen berbahan kuningan yang menghasilkan grafik volt vs waktu, yang diperoleh dari software picoscope, dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Grafik Volt vs Waktu

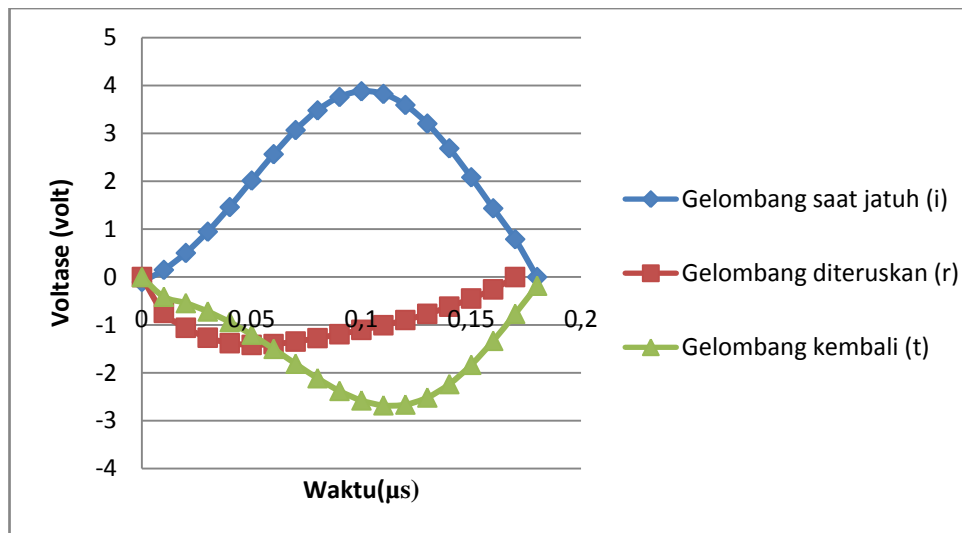
Berikut adalah hasil gelombang volt vs waktu setelah di save dalam bentuk data microsoft office excel, dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik Volt vs Waktu disimpan dalam Excel

4.2.2 Gelombang Channel A

Berikut adalah hasil gabungan grafik gelombang saat jatuh, gelombang diteruskan, gelombang kembali, yang didapat dari gelombang channel A, dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Hasil data grafik incident, reflected, transmitted

Untuk mengubah voltase menjadi regangan diterapkan perhitungan dan rumus pada bawah ini :

$$\begin{aligned}
 \text{Gelombang saat jatuh (i)} \quad \epsilon_o &= \frac{4 \cdot e_o}{E \cdot K_s} \\
 &= \frac{4 \cdot 0,79}{8,7 \cdot 2,08} \\
 &= 0,17
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gelombang diteruskan (r)} \quad \epsilon_o &= \frac{4 \cdot e_o}{E \cdot K_s} \\
 &= \frac{4 \cdot (0,57)}{8,7 \cdot 2,08}
 \end{aligned}$$

$$= 0,18$$

Gelombang Kembali (t) $\varepsilon_o = \frac{4 \cdot e_o}{E \cdot K_s}$

$$= \frac{4 \cdot (0,55)}{8,7 \cdot 2,08}$$

$$= 0,18$$

Berikut data perhitungan dan grafik yang diketahui setelah pengujian dinamik:

Luas penampang $A = \pi \cdot r^2$

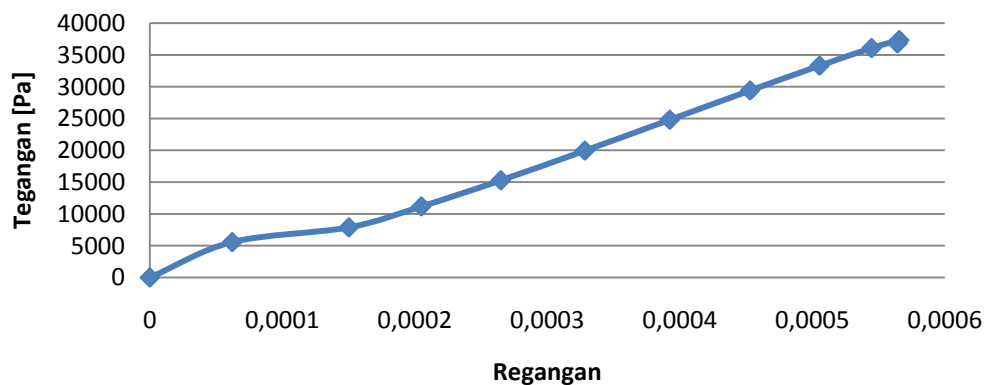
$$= 3,14 \cdot 1,5^2$$

$$= 7,065 \text{ mm}^2$$

Modulus elastis $E = 200 \text{ Gpa}$

4.2.5 Grafik Tegangan vs Regangan

Berikut adalah pengujian 1 spesimen kuningan, dengan hasil grafik tegangan vs regangan, dengan nilai maksimum tegangan 36812,11 (pa) dan regangan maksimum 0,000564 (mm/mm), dapat dilihat pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Grafik Tegangan (pa) vs Regangan (mm)

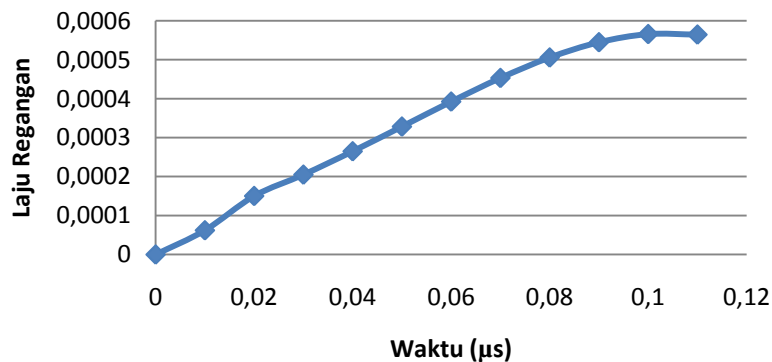
Berdasarkan hasil diagram diatas dapat dihasilkan perhitungan pada tegangan dinamik dengan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan dinamik } \sigma_s(t) &= \frac{EA_2}{2A_s} [\varepsilon_I + \varepsilon_R - \varepsilon_T] \\
 &= \frac{200 \cdot 7,065}{2 \cdot 7,065} [3,23] \\
 &= 36812,11 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Regangan dinamik } \varepsilon_s(t) &= \frac{C_o}{l_o} \int_0^t [\varepsilon_I - \varepsilon_R + \varepsilon_T] \\
 &= \frac{5960}{33 \cdot 10^{-3}} [3,68] \\
 &= 56 \times 10^{-5}
 \end{aligned}$$

4.2.4 Grafik Laju Regangan vs Waktu

Berikut adalah hasil spesimen berbahan kuningan setelah diuji dinamik menghasilkan, grafik Regangan vs waktu dengan nilai maksimum laju regangan 0,00056 (mm/mm) dan waktu maksimum 0,11 (μ s), dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik Regangan vs Waktu (μ s)

Berdasarkan hasil diagram diatas dapat dihasilkan perhitungan pada regangan dinamik dengan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}\text{Laju regangan dinamik } \dot{\varepsilon}(t) &= \frac{C_o}{l_o} [\varepsilon_I + \varepsilon_R + \varepsilon_T] \\ &= \frac{5960}{33 \cdot 10^{-3}} [3,68] \\ &= 56 \times 10^{-5}\end{aligned}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada pengujian pengaruh laju regangan pada bahan kuningan terhadap pengujian dinamik dan statis ini didapat beberapa kesimpulan yaitu :

1. Dari hasil pengujian statis dapat dilihat hasil grafik tegangan maksimum 607,14(MPa) dan regangan maksimum 0,30. Pada pengujian dinamik dapat dilihat hasil grafik input dengan nilai tegangan maksimum 36812,11 (Pa) dan nilai regangan maksimum 0,00056 .
2. Pada pengujian dinamik semakin tinggi jarak jatuh striker atau beban maka akan menghasilkan grafik volt dan waktu pada software picoscope semakin besar.
3. Pada pengujian dinamik diperlukan persamaan jembatan wheatstone strain gauge untuk mengkonversikan nilai gelombang dan waktu, sehingga hasil gelombang saat jatuh(i), diteruskan(r), kembali(t) bisa didapat.

5.2 Saran

1. Pada pencekam plat atas dengan besi baja karbon, untuk pengujian berikutnya disarankan menggunakan jenis pencekam yang lebih kuat, sehingga saat beban jatuh, besi baja karbon tidak turun atau ketinggiannya berubah.
2. Pada pengujian berikutnya yang ingin mengambil judul dari pengujian Hopkinson vertikal ini, penulis menyarankan pencekam spesimen dapat

dimodifikasi sehingga ukuran atau dimensi standar yang digunakan bisa beragam.

3. Pada pengujian berikutnya beban atau striker dimodifikasi sehingga untuk menaikkan striker saat pengujian tidak perlu menaiki tangga.

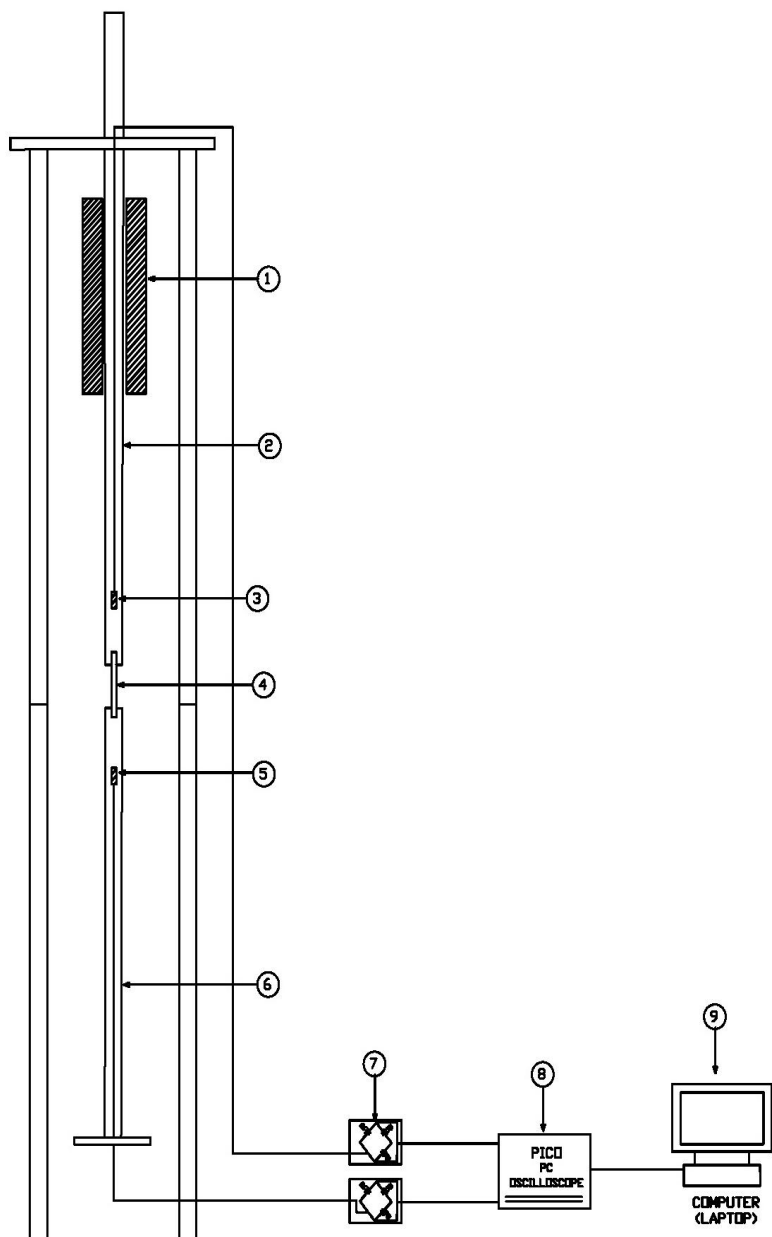
DAFTAR PUSTAKA

- Edward E. Igelegbai, Oluwaseun A.Alo, (2016) "Evaluation Of Mechanical and Structural Properties of Brass Alloy Produced From Scrap Copper and Zinc Metal through sand casting process" ,Journal Of Minerals and Materials Characterization and Engineering, Afe Babalola University, Ado-Ekiti, Nigeria
- Enrique Rocha Rangel, (2014) "Fracture Toughness Determinations By Means Of Indentation Fracture" Univerity Politecnica De Victoria, Mexico
- Eunhye Kim, Hossein Changani, (2015) " Study of dynamic mechanical behavior of aluminum 7075-T6 with respect to diameters and L/D ratios using Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB)" , Journal Structural Engineering and Mechanics, Vol. 55, No. 4 (2015) 857-869
- E.J. Pavlina and C.J. Van Tyne, (2008)"Correlation of Yield Strength and Tensile Strength with Hardness for Steels", Journal of Materials Engineering and Performance
- J. M. Lifshitz, H. Leber , (1993) " Data Processing In The Split Hopkinson Pressure Bar Tests" , Material Mechanics Laboratory, Faculty Of Mechanical Engineering, Haifa 32000
- Jun CAO, Fu-guo LI, (2011) " Tensile stress–strain behavior of metallic alloys ", State Key Laboratory of Solidification Processing, School of Materials Science and Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China
- Nikhil A. Singh ,Santosh R. Wankhade , (2015) " Strain Rate Analysis Of Aluminum Specimen Using Split Hopkinson Pressure Bar " , International Journal of Management and Applied Science (IJMAS) , pp. 67-72, Volume-3,Issue-2
- Tata Surdia, dan Shinroku Saito, (2005), Pengetahuan Bahan Teknik. PT. Praditiya Paramita, Jakarta
- X. Guo, T. Heuz'e1, R. Othman, G. Racineux, (2014) " Dynamic testing with modified Hopkinson-bar at very high-strain rate " LUNAM Universit'e, GeM, UMR CNRS 6183, Ecole Centrale de Nantes, Universit'e de Nantes, France Mechanical engineering department, Faculty Engineering, King Abdulaziz University, Jeddah, 21589, Saudi Arabia
- Rajnish Goyal and B. Venkataraman, (2017) "Comparison of high-strain rate behaviour of OFHC Copper using dynamic indentation and split Hopkinson pressure bar techniques " , 11thInternational Symposium on Plasticity and

Impact Mechanics, Defence Metallurgical Research Laboratory,
Kanchanbagh-PO, Hyderabad – 500 058, India

Ying-Gang Miao, Yu-LongLi, (2015) " Determination of dynamic elastic modulus of polymeric materials using vertical split Hopkinson pressure bar ” ,
Fundamental Science on Air craft Structural Mechanic sand Strength
Laboratory, School of Aeronautics, Northwestern Polytechnical University,
Xi'an, Shaanxi 710072,China

Y.F.Sun, N.Xu, H. Fujii, (2013) “ The Microstructure and Mechanical Properties Of friction Stir Welded Cu-30Zn Brass Alloys ” ,Journal Material Science & Engineering A, Joining And Welding Research Institute, Osaka University,
Ibaraki 567-0046, Japan



9	1	COMPUTER (LAPTOP)	
8	1	PICO OSCILLOSCOPE	
7	2	BRIDGE BOX	
6	1	INPUT BAR	
5	1	STRAIN GAUGE	
4	1	SPESEMEN	
3	1	STRAIN GAUGE	
2	1	OUTPUT BAR	
1	1	STRIKER	

NO	JUMLAH	NAMA	KETERANGAN
		SKALA : 1:200	Digambar : Randy Jupradanta
		SATUAN : mm	Npm : 1307230153
		TANGGAL : 27-10-2017	Diperiksa : Dr. Eng Rahmat Ariel Siregar
		FAKULTAS TEKNIK MESIN UMSU	VERTIKAL SPLIT HOPKINSON PRESSURE BAR

A4

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : RANDY JUPRASTANTA
NPM : 1307230153
Tempat/ Tanggal Lahir : Aceh, 15 September 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Jl. Gajah Mada Lingk VI Tempel No.7
 Kel/Desa : Pekan Kuala
 Kecamatan : Kuala
 Provinsi : Sumatera Utara
Nomor HP/ WA : 082276447498
E-Mail : randijuprastanta@yahoo.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Nagsir Tarigan
 Ibu : Sada Arih

PENDIDIKAN FORMAL

2001-2007 : SD Swasta Methodist Kuala
2007-2010 : SMP Swasta Methodist Kuala
2010-2013 : SMA Swasta Methodist Kuala
2013-2018 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara