

**TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR**

**ANALISA UKURAN HEKSAGONAL TERHADAP
STRUKTUR SARANG LEBAH YANG DI IMPAK DENGAN
SUDUT MIRING DAN NORMAL MENGGUNAKAN
PROYEKTIL TAJAM**

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

Disusun oleh :

RUHDI IWAN PUGER

1207230141



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

LEMBAR PENGESAHAN - I

TUGAS SARJANA

**ANALISA UKURAN HEKSAGONAL TERHADAP
STRUKTUR SARANG LEBAH YANG DI IMPAK DENGAN
SUDUT MIRING DAN NORMAL MENGGUNAKAN
PROYEKTIL TAJAM**

Disusun Oleh :

NAMA : RUHDI IWAN PUGER

NPM :1207230141

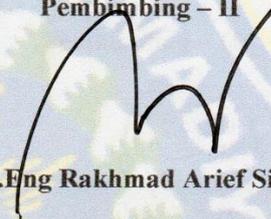
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing - I



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

Pembimbing - II



(Dr. Eng Rakhmad Arief Siregar)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Afandi S.T.)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2018

LEMBAR PENGESAHAN - II

TUGAS SARJANA

**ANALISA UKURAN HEKSAGONAL TERHADAP
STRUKTUR SARANG LEBAH YANG DI IMPAK DENGAN
SUDUT MIRING DAN NORMAL MENGGUNAKAN
PROYEKTIL TAJAM**

Disusun Oleh :

NAMA : RUHDI IWAN PUGER

NPM:1207230141

**Telah Diperiksa Dan Diperbaiki
Pada Seminar Tanggal 10 Maret 2018**

Disetujui Dan Diperiksa Oleh :

Pembanding - I



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

Pembanding - II



(Chandra A. Siregar.S.T.,M.T)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Aiffandi S.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>

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR SPESIFIKASI

TUGAS SARJANA

Nama : **Ruhdi Iwan Puger**

NPM : **1207230141**

Semester : **XI (Sebelas)**

SPESIFIKASI :

ANALISA UKURAN HEKSAGONAL TERHADAP

STRUKTUR SARANG LEBAH YANG DI IMPAK

DENGAN SUDUT MIRING DAN NORMAL

Diberikan Tanggal : **15 Juni 2017**

Selesai Tanggal : **10 Maret 2018**

Asistensi : **satu minggu sekali**

Tempat Asistensi : **Kampus UMSU**

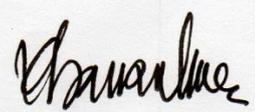
Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin


(Affandi, S.T.)

Medan,.....

Dosen Pembimbing – I



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



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>

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

NAMA : Ruhdi iwan puger PEMBIMBING–I: Khairul Umurani,S.T.,M.T
NPM : 1207230141 PEMBIMBING–II: Dr.Eng Rakhmad Arief Siregar

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1	Selasa 3-10-2017	Pembacaan openfile tugas	le
2	Selasa 17-10-2017	Perbincangan tugas penelitian	le
3	Rabu 1-11-2017	Perbincangan tugas instalasi	le
4	Rabu 3-1-2018	lingkat ke pembimbing I	le
5	Rabu 14-2-2018	pembacaan bab IV pembacaan abstract	le
6	Rabu 24-2-2018	kembali ke pembimbing I = Da, seminar	le

DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2017 – 2018

Peserta Seminar
 Nama : Ruhdi Iwan Puger
 NPM : 1207230141
 Judul Tugas Akhir : Analisa Ukuran Hexagonal Pada Struktur Sarang lebah Yang Di Impak Dengan Sudut Miring Dan Normal Meng Gunakan Proyektil Tajam.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T	:
Pembimbing – II : DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng	:
Pemanding – I : Rakmatullah S.Pd.Sc H. Mubarnif, ST.M.Sc	:
Pemanding – II : Rakmatullah S.Pd.Sc CHANDRA A SIBELAR, ST.MT	:

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230169	HIDAYAT ANSHARI SINAGA	
2	1307230088	ILHAM KAMALUDIN	
3	1207230130	JULIO ELGA PRATAMA	
4	1207230157	Maulana Anul Hakim	
5	1307230264	BAYU MANDALA PUTRA	
6	1207230035	Rajali Siregar	
7	1307230320-P	Jusuf Harahab Mustaqim Sitompul	
8	1107230057	ARIE PESUMA	
9	1107230021	IMAM Munnandar Pardede	
10			

Medan, 21 Djum.Akhir 1439 H
10 Maret 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin

Affandi.S.T

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

NAMA : Ruhdi Iwan Puger
NPM : 1207230141
Judul T.Akhir : Analisa Ukuran hexagonal *Pada* Struktur Sarang lebah Yang Di –
Impak Dengan Sudut Miring Dan Normal Menggunakan Proyek-
Til Tajam..

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng
Dosen Pembanding - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

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

Ukuran buncu sarang.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 21 Djum.Akhir 1439H
10 Maret 2018 M



Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Affandi, S.T

Dosen Pembanding- I

H. Muharnif, S.T.M.Sc
Rahmatullah, S.T.M.Sc

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

NAMA : Ruhdi Iwan Puger
NPM : 1207230141
Judul T.Akhir : Analisa Ukuran hexagonal ~~Pada~~ Struktur Sarang lebah Yang Di –
Impak Dengan Sudut Miring Dan Normal Menggunakan Proyek-
Til Tajam..

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing -- II : DR.Rakhamad Arief Srg.M.Eng
Dosen Pembimbing - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

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

..... *litrak* *bulu* *hmgce* *sarjilawa*

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 21 Djum.Akhir 1439H
10 Maret 2018 M



Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Affandi, S.T.

Dosen Rembanding- II

[Signature]
CHANDRA A PIREGAR, ST.MU
H. Muharnif S. T. M. Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ruhdi Iwan Puger
Tempat/Tgl Lahir : simpang Tiga , 07 September 1994
NPM : 1207230141
Bidang Keahlian : Kontruksi Dan Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatrera Utara
(UMSU)

Menyatakan Dengan Sesungguhnya Dan Sejujurnya, Bahwa Laporan Tugas Sarjanah (skripsi) saya ini yang berjudul :

ANALISA UKURAN HEKSAGONAL TERHADAP STRUKTUR SARANG LEBAH YANG DI IMPAK DENGAN SUDUT MIRING DAN NORMAL MENGUNAKAN PROYEKTIL TAJAM

Bukan merupakan plangiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan yang saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang hakikatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang di bentuk untuk 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, 8 Maret 2018

Saya yang menyatakan,




RUHDI IWAN PUGER

Abstrak

Aluminium merupakan salah satu logam bukan besi yang termasuk paling banyak digunakan di dunia industri. Karena beberapa manfaat yang didapat pada aluminium sebagai bahan industri atau bahan keteknikan. Untuk mengetahui seberapa besar kenaikan sifat mekanis aluminium terutama kekuatan (uji impak) pada spesimen aluminium. Aluminium memiliki kekuatan tensil sebesar 90 MPa, terlalu lunak untuk penggunaan yang luas, sehingga seringkali aluminium dipadukan dengan logam lain, titik lebur aluminium 660,3°C. Penambahan logam paduan hingga konsentrasi tertentu meningkatkan kekuatan tensil dan kekerasan. Split Hopkinson pressure bar menjadi metode untuk mendapatkan nilai tingkat regangan tinggi pada suatu material. Spesimen yang di uji menggunakan aluminium paduan, yang kedua ujungnya dibentuk dengan menggunakan ulir untuk menahan spesimen diantara input dan output bar, dan diletakkan sebuah *collar* agar dorongan tekan meneruskan gelombang ke input dan output bar melalui *collar* dan akan kembali memantul menjadi pembebanan impak yang terjadi akibat beban tekanan angin pada spesimen uji yang dimana depormasi adalah 2,1 mm dengan tekanan 7 bar, setelah melakukan pengujian impak mengalami depormasi 1,4 mm. Lalu pengujian kedua dengan tekanan 9 bar, setelah melakukan pengujian impak mengalami depormasi 1,25 mm. Lalu pengujian ketiga dengan tekanan 8 bar, setelah melakukan pengujian impak mengalami depormasi 1,20 mm. Semakin tinggi tekanan bar, maka perubahan diameter pada spesimen semakin besar, begitu juga sebaliknya.

Kata kunci : *Aluminium, Split Hopkinson Pressure Bar, Tensile Test, Collar.*

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Puji dan syukur pertama dan utama Penulis sampaikan kepada sang Rabb Alam Semesta, yakni Allah SWT Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang, yang telah memberikan Berkah, Rahmah dan Hidayah-Nya kepada Penulis, sehingga Tugas Sarjana ini dapat diselesaikan.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul Tugas Sarjana ini adalah **“Anallisa Ukuran Heksagonal Pada Struktur Sarang Lebah Yang Di Impak Dengan Sudut Miring Dan Normal Menggunakan Proyektil Tajam”**

Sebagaimana manusia biasa, Penulis menyadari bahwa Tugas Sarjana ini masih banyak terdapat kekurangan, baik dalam cara penyajian materi, maupun dalam penganalisaan data. Hal ini mungkin disebabkan oleh keterbatasan buku-buku literatur yang digunakan, maka demi kesempurnaan Tugas Sarjana ini, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sekalian.

Penyelesaian Tugas Sarjana ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak, dan sangat berterima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada Orang Tua yang disayangi (Gazali dan Hasni Laila) sebagaimana mereka telah memberikan dorongan semangat, nasihat serta doa atas perjuangan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
2. Kepada bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
3. Kepada Bapak Affandi S.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Kepada Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T, selaku dosen pembimbing – I yang telah membimbing , memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
5. Kepada Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar, selaku dosen pembimbing - II yang telah membimbing, memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
6. Kepada Bapak dan Ibu Dosen dan staff pegawai di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bekal pengetahuan dan bantuan hingga akhir studi.

7. Kepada Seluruh Asisten Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu dan memberikan arahan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
8. Kepada Kakak, Aini Liana Sartika, dan Adik kandung, Rahma Sari Rezeki & Tawardi sebagai penyemangat sekaligus penasihat penulis untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
9. Kepada seluruh sahabat-sahabat dan rekan seperjuangan di Fakultas Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan yang utama pada kelas A2 Siang, dan B2 Siang stambuk 2012 yang telah membantu menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
10. Kepada sahabat seperjuangan yang telah banyak membantu dalam pengerjaan Tugas Sarjana ini.
11. Kepada rekan satu tim (Hopkinson Team), Ardiansyah, Bambang Syahputra, Julio Elga, Maulana, yang telah berjuang dari awal hingga akhir untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.

Semoga Tugas Sarjana ini dapat memberikan manfaat dan tambahan ilmu bagi pembaca.

Medan,
Penulis

(RUHDI IWAN PUGER)
NIM : 1207230141

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I

LEMBAR PENGESAHAN II

LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANAH

ABSTRAK

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumus Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.4.1 Tujuan Umum	2
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Bagi Penulis	3
1.5.2 Bagi Akademik	3
1.6 Sistematika Penulisan	3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar Aluminium	5
2.2 Teori Komposit Sandwich	5
2.2.1 Komposit Sandwich	7
2.3 Struktur Sarang Lebah	8
2.3.1 Pertimbangan Struktural	9
2.3.2 Teori Kegagalan Struktur	10
2.4 Kajian Teori Pengujian Impak	12

2.5 Sifat-sifat Material	12
2.5.1 Modulus Young/E (Gpa)	12
2.5.2 Kekuatan Luluh (Yield Strength)	14
2.5.3 Ketangguhan (Toughness)	15
2.6 Split Pressure Hopkinson Bar	16
2.6.1 Prinsip Kerja Split Hopkinson Pressure Bar	17
2.7 Kecepatan Rambat Gelombang Impak	19
2.8 Proyektil	20
2.9 Sensor Strain Gage (Strain Gauge)	21
2.9.1 Perhitungan perancangan jembatan WheatStone	23

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan waktu Penelitian	25
3.1.1 Tempat Penelitian	25
3.1.2 Waktu Penelitian	25
3.2 Diagram Alir Penelitian	26
3.3 Bahan dan Alat	27
3.3.1 Bahan	27
3.3.2 Alat Penelitian	31
3.4 Prosedur Penelitian	38

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan	42
4.1.1 Hasil Pembuatan Proyektil Tajam	42
4.1.1 Hasil pembuatan Spesimen Struktur Sarang Lebah	42
4.2 Pengujian impak dengan sudut normal 90 drajat	43
4.3 Pengujian impak dengan sudut Miring 60 drajat	44
4.4 Pengujian impak dengan sudut Miring 45 drajat	45
4.5 Pembahasan	50

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	52

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengklasifikasian material komposit	6
Gambar 2.2 Struktur <i>composite sandwich</i>	7
Gambar 2.3 Struktur Sarang Lebah	8
Gambar 2.4 Struktur Sarang lebah <i>honeycomb</i>	9
Gambar 2.5 Representasi teori tegangan normal maksimum	12
Gambar 2.6 Diagram Modulus Young	13
Gambar 2.7 Diagram Kekuatan	15
Gambar 2.8 Bagian utama Split Hopkinson pressure Bar.	18
Gambar 2.9 Grafik strain gage keluaran sinyal input dan output bar	18
Gambar 2.10 Skema pengujian split hopkinson bar	19
Gambar 2.11 Skema Gelombang Tumbukan Dua Bar	20
Gambar 2.12 Tumbukan proyektil terhadap spesimen	21
Gambar 2.13 Rangkaian Jembatan Wheastone	23
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3.2 Lembaran Aluminium	27
Gambar 3.3 Cetakan Spesimen Struktur Sarang Lebah	28
Gambar 3.4 pengukuran plat aluminium	28
Gambar 3.5 Memotong plat aluminium	29
Gambar 3.6. Lem Setan dan Bubuk Ajinomoto	29
Gambar 3.7 Lem Kambing	30
Gambar 3.8 Penggaris	30
Gambar 3.9. Pisau <i>Cutter</i>	31
Gambar 3.10 Alat Uji Split Hopkinsson Pressure Bar (SHPB)	32
Gambar 3.11 Spesimen Sarang Lebah Diameter 2 mm	32
Gambar 3.12 Spesimen Sarang Lebah Diameter 6 mm	33
Gambar 3.13 Dimensi collar	34

Gambar 3.14 Strain Gauges	34
Gambar 3.15 Oscilloscope	35
Gambar 3.16 Wheatstone Bridge (Bridge Box)	35
Gambar 3.17 Personal Computer	36
Gambar 3.18 Kompresor (<i>Gas Gun</i>)	37
Gambar 3.19 Selenoid Valve	37
Gambar 3.20 Selang angin	38
Gambar 3.21 Tombol switch	38
Gambar 3.22 Pemasangan solenoid	39
Gambar 3.23 Pemasangan tombol switch	39
Gambar 3.24 Mengisi tekanan angin	40
Gambar 3.25 Pemasangan strain gauges pada input dan output bar	40
Gambar 3.26 Strain gages dan oscilloscope terhubung ke dalam PC	41
Gambar 4.1 proyektil tajam	42
Gambar 4.2 Spesimen jenis core struktur sarang lebah	43
Gambar 4.3 Spesimen dengan sudut normal 90 drajat	43
Gambar 4.4 hasil Spesimen setelah di uji dengan sudut normal 90 drajat	43
Gambar 4.5 Spesimen uji dengan sudut miring 60 drajat	44
Gambar 4.6 hasil Spesimen setelah di uji dengan sudut normal 60 drajat	44
Gambar 4.7 Spesimen dengan sudut miring 45 drajat	45
Gambar 4.8 hasil Spesimen setelah di uji dengan sudut normal 45 drajat	45
Gambar 4.9 Grafik Lendutan 6 mm	47
Gambar 4.10 Grafik Lendutan 2 mm	47
Gambar 4.11 grafik Perbandingan	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Modus Kegagalan Komponen	10
Tabel 3.1 Langkah-Langkah Penelitian	25
Tabel 3.1 Sifat Mekanik Bahan Aluminium	27
Tabel 3.2 Ukuran Benda Uji	33
Tabel 4.4 Jarak Stiker Bar	43
Tabel 4.2 Pengujian Dengan Sudut normal 90 derajat	44
Tabel 4.3 Pengujian Dengan Sudut Miring 60 derajat	45
Tabel 4.4 Pengujian Dengan Sudut Miring 45 derajat	46

DAFTAR NOTASI

Σ = regangan, $\Delta l/l$ (tanpa satuan)

L_{SB} = merupakan panjang striker

s = tegangan geser, kg/cm^2

E = modulus Young, kg/cm^2

K = Faktor *gage*

ΔR = Perubahan tahanan *gage*

Δl = Perubahan panjang bahan

R = Tahanan *gage* nominal

L = Panjang normal bahan

ρ = tahanan spesifik dari bahan konduktor

l = panjang konduktor

d = diameter konduktor

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan dunia industri, terutama yang berhubungan dengan penelitian bahan dan penggunaannya, maka dalam proses produksinya banyak menggunakan alat-alat atau mesin untuk menguji kualitas suatu material, salah satunya kekuatan dari material tersebut. Penggunaan mesin tersebut banyak digunakan oleh perusahaan besar maupun kecil, mesin mempunyai berbagai jenis klasifikasi yang sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Adapun jenis mesin yang digunakan untuk mempertimbangkan faktor-faktor statis dan dinamis untuk menentukan kekuatan suatu material.

Pada tahun 1914, Bertram Hopkinson menciptakan metode eksperimen untuk mengamati *stress and strain* (tegangan dan regangan) dengan menggunakan batangan yang panjang yang disebut *bar*, metode ini dikenal dengan nama *Hopkinson Pressure Bar Method*. Pada dasarnya, Hopkinson Pressure Bar merupakan pistol gas yang dibebankan dengan gas angin (*nitrogen*) untuk menghasilkan tumbukan (*impact*) pada suatu material. Didalam prosesnya, tumbukan (*impact*) yang disebabkan oleh sebuah *striker bar* yang panjang akan menghasilkan pembebanan dalam jangka waktu yang berbeda. Nilai data regangan dan tegangan dari hasil tumbukan (*impact*) oleh *striker bar* dapat dilihat dari alat pengukurnya (*gauges*). Hopkinson Pressure Bar juga merupakan alat yang digunakan untuk menguji beban dinamis dalam bentuk pengujian tarik (*tensile*).

Kekuatan tarik (*tensile strength*) adalah [tegangan](#) maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Beberapa bahan dapat patah begitu saja tanpa mengalami deformasi, yang berarti benda tersebut bersifat rapuh atau getas (*brittle*). Bahan lainnya akan meregang dan mengalami [deformasi](#) sebelum patah, yang disebut

dengan benda elastis (*ductile*). Kekuatan tarik umumnya dapat dicari dengan melakukan [uji tarik](#) dan mencatat perubahan regangan dan tegangan (*strain and stress*). Dalam pengujian ini menggunakan bahan jenis almunuium untuk mengetahui titik tertinggi dari [kurva tegangan-regangan](#) disebut dengan kekuatan tarik maksimum (*maximum tensile strength*). Nilainya tidak bergantung pada ukuran bahan, melainkan karena faktor jenis bahan.

Dengan latar belakang ini maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul : **ANALISA UKURAN HEKSAGONAL TERHADAP STUKTUR SARANG LEBAH YANG DI IMPAK DENGAN SUDUT MIRING DAN NORMAL MENGGUNAKAN PROYEKTIL TAJAM.**

1.2 Rumus Masalah

Dari latar belakang masalah di atas, maka di dalam penelitian ini dapat di merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membuat komposit struktur sarang lebah ?
2. Bagaimana dampak yang terjadi akibat pengujian dengan sudut miring 45 drajat, 60 drajat dan sudut normal 90 drajat pada spesimen sarang lebah ?

1.3 Batasan Masalah

Agar pengujian ini dapat di lakukan lebih fokus dan sempurna, dan mendalam maka penulis memandang permasalahan pengujian yang diangkat perlu dibatasi diri hanya berkaitan, pembuatan 6 spesimen ukuran 2 mm dan 6 spesimen ukuran 6 mm untuk pengujian.

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pada struktur sarang lebah yang di impak dengan sudut miring dan normal menggunakan proyektil tajam

14.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dalam penelitian ini. Diantaranya sebagai berikut:

- a. Untuk membangun sebuah proyektil Tajam.
- b. Untuk menyiapkan 6 (enam) benda kerja aluminium sarang lebah dan ukuran heksagonal 6 mm & 2 mm.
- c. Untuk menganalisa Tegangan impak pada pengujian.
- d. Untuk mengevaluasi hasil pengujian berupa Perbandingan yang di impakan pada struktur sarang lebah.

1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.5.1 Bagi penulis

Untuk mengubah pengetahuan dan wawasan tentang penelitian mengenal bahan struktur sarang lebah dengan pengujian menggunakan proyektil tajam.

1.5.2 Bagi Akademik

Hasil dari penelitian ini dapat di gunakan salah satu bahan pertimbangan dan referensi untuk membuat penelitian struktur sarang lebah yang menggunakan aluminium dan sejenisnya atau penelitian yang lebih luas.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas sarjanah ini sebagai berikut;

BAB 1 PENDAHULUAN

BAB ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, batas masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

BAB ini berisikan pengertian struktur sarang lebah dan contoh-contoh ukuran dan pengujian yg di impak kan dengan sudut miring dan normal.

BAB 3 METODE PENELITIAN

BAB ini berisikan waktu dan tempat penelitian, persiapan bahan dan alat, prosedur penelitian, pembuatan benda uji, pengujian specimen.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB ini berisikan tentang hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilaksanakan penulis.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

BAB ini berisikan tentang kesimpulan dan saran penulis dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat mekanik, ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik. Logam ini dipergunakan secara luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, otomotif, kapal laut, konstruksi dan lain – lain. Untuk mendapatkan peningkatan kekuatan mekanik, biasanya logam aluminium dipadukan dengan dengan unsur Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni, dan sebagainya. Mengolah biji logam menjadi aluminium (Al) memerlukan energi yang besar, sedangkan sumber biji aluminium semakin berkurang. Salah satu usaha untuk mengatasi hal ini adalah dengan melakukan daur ulang.

Aplikasi teknologi modern umumnya membutuhkan material dengan kombinasi properties yang tidak biasa, yang tidak dapat ditemukan pada logam konvensional, keramik maupun polimer. Oleh karena itulah muncul jenis material dengan kombinasi properties skala makro dan berkembang pesat pada saat sekarang ini yang disebut dengan material komposit (composite material).

2.2 Teori Komposit Sandwich

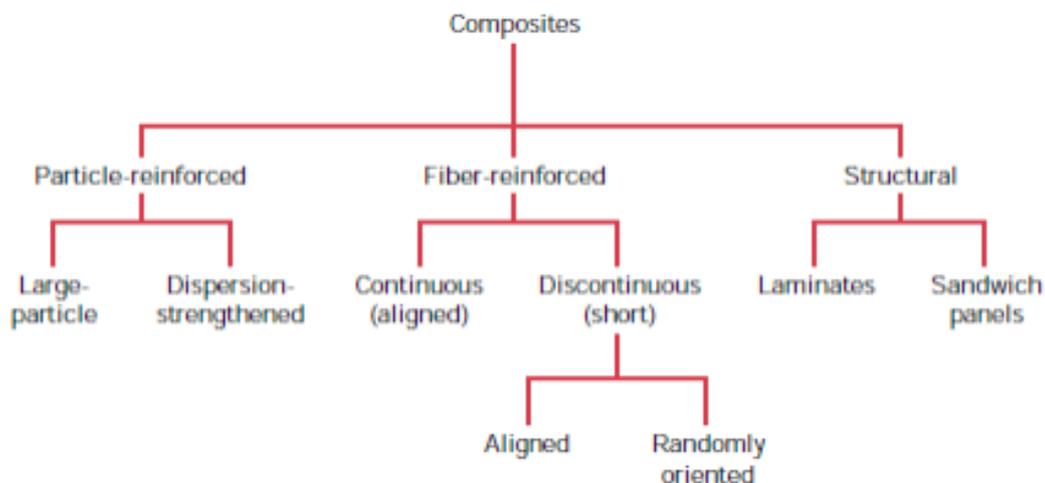
Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit bersifat heterogen dalam skala makroskopik. Bahan penyusun komposit tersebut masing-masing memiliki sifat yang berbeda dan ketika digabungkan dalam komposisi tertentu terbentuk sifat-sifat baru yang disesuaikan dengan keinginan (Krevelen, 1994).

Sandwich merupakan komposit yang tersusun dari tiga lapisan yang terdiri dari flat komposit (*metal sheet*) sebagian kulit permukaannya (*skin*) serta material inti (*core*) dibagian tengahnya. Bagian *skin* ini biasanya berupa lembaran *metals*, *wood*, atau *fiber composite*. Jenis *core* dapat berupa : *honeycombs*, *corrugated*,

balsa wood, dan cellular foams. sandwich dibuat untuk mendapatkan struktur tetapi mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi.

Biasanya pemilihan bahan untuk komposit sandwich, syaratnya adalah ringan, tahan panas dan korosi, serta harga juga dipertimbangkan. Komposit sandwich merupakan jenis komposit yang sangat cocok untuk menahan beban lentur, impak, meredam getaran dan suara. Komposit sandwich merupakan jenis komposit yang sangat cocok untuk struktur (Simon Amine, 2005). **Structural composite**, dapat di lihat pada gambar 2.1 dibawah ini, yaitu material yang merupakan kombinasi dari komposit dan homogeneous, sifatnya bergantung pada material pembentuk dan rancangan geometri elemennya. Struktural composite dapat dibedakan menjadi :

- a. *Laminates*, yaitu gabungan dua dimensional sheet atau panel yang mempunyai kecenderungan arah *high-strength*, contohnya plywood.
- b. *Sandwich*, yaitu komposit yang terdiri atas dua lapisan muka (*face*), diantaranya terdapat lapisan material berdensitas rendah (*core*) dan memiliki kekakuan dan kekuatan yang lebih rendah pula, contohnya konstruksi *honeycomb core sandwich* panel. Dapat di lihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



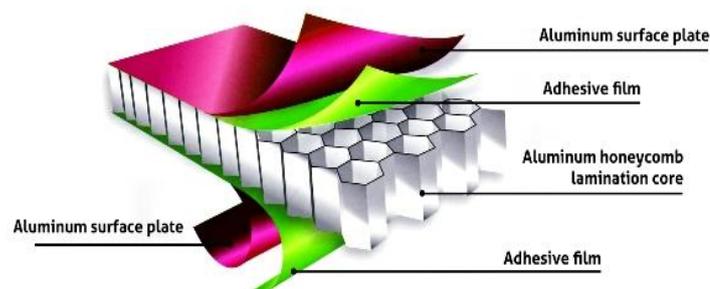
Gambar 2.1 Pengklasifikasian material komposit berdasarkan jenis penguatannya

Sandwich panel struktural yang banyak digunakan dalam konstruksi ringan terutama di industri kedirgantaraan karena kekuatan spesifik yang tinggi dan kekakuan. Struktur panel sandwich ini dengan core sarang lebah yang khas terdiri

dari inti ringan dan ditutupi oleh dua lembar *skin* tipis (kulit). Setiap lembar *skin* mungkin menjadi bahan isotropik atau laminasi komposit diperkuat serat sedangkan bahan inti dapat berupa metalik/aramid dari struktur sarang lebah *honeycomb*. Pada 1954, pengembangan Epoxy Resin dimungkinkan untuk mengikat kulit lembaran aluminium untuk struktur sarang lebah, maka banyak perkembangan di bidang struktur sarang lebah telah terjadi. Honeycomb diproduksi dalam lima cara dasar: ikatan perekat, pengelasan resistansi, mematri, ikatan difusi dan fusi termal. Ikatan perekat adalah metode manufaktur yang paling umum digunakan, yang menghasilkan 95% dari semua core sarang lebah. Metode lainnya yang berhubungan dengan biaya tinggi dan hanya digunakan untuk memproduksi struktur sarang lebah yang harus menahan suhu tinggi atau kondisi lingkungan yang ekstrem. Dasar bentuk sel sarang lebah adalah segi enam, persegi dan *flex-core*. Beberapa variasi dari konfigurasi ini adalah konfigurasi over-diperluas, dibawah-diperluas dan diperkuat. Dengan memvariasikan geometri sel, kepadatan dan sifat mekanik dari struktur *honeycomb*, kombinasi yang berbeda dari kelengkungan dapat diproduksi. Sel segi enam adalah jauh yang paling umum digunakan untuk struktur sarang lebah. (Simon Amine, 2005)

2.2.1 komposit Sandwich

Komposit Sandwich adalah material komposit yang terdiri dari dua buah skin yang dimana diantara dua skin tersebut terdapat *core*. Struktur komposit *sandwich* terdapat pada gambar 2.2

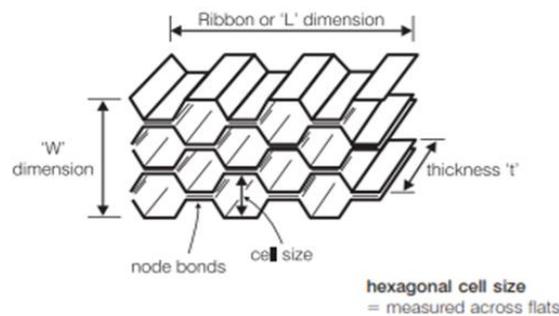


Gambar 2.2 Struktur *sarang lebah*

2.3 Struktur Sarang Lebah

Struktur Sarang Lebah yang berbentuk sarang lebah ini terdiri dari berbagai macam material dan konfigurasi yang tidak terbatas.

Struktur Honeycomb Sandwich umumnya terbuat dari material komposit, sehingga didapatkan massa yang ringan terhadap konstruksi tersebut. Selain ditujukan kepada massa material konstruksi yang ringan, juga didapatkan tingkat fleksibilitas yang cukup besar dari pemilihan material komposit tersebut. Suatu segi enam beraturan adalah suatu segienam dengan panjang sisi dan besar sudut dalam yang sama. Sudut dalam pada segienam beraturan adalah 120 derajat. Segienam ini memiliki 6 simetri garis dan 6 simetri putar. Diagonal terpanjang dari segienam beraturan, yang menghubungkan dua titik sudut bersebrangan, panjangnya adalah dua kali panjang satu sisinya. Jadi, segienam ini dapat dibagi menjadi enam segitiga sama sisi. Dapat di lihat pada gambar 2.3 dibawah ini.

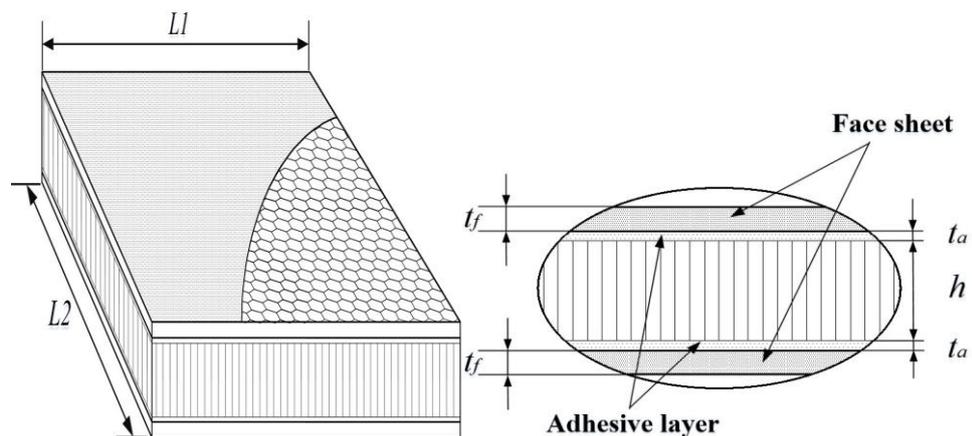


Gambar 2.3 Struktur Sarang Lebah

Struktur berbentuk segi 6 yang juga sering digunakan untuk material konstruksi. Secara kekuatan fisik, bentuk segi 6 adalah salah satu yang mempunyai struktur ketahanan paling tinggi, contohnya adalah sarang lebah. Percobaan pengujian struktur sarang lebah sandwich komposit ini menggunakan material plat aluminium dengan ketebalan *core* 0,2 mm dan *skin* 0,4 mm. Material yang digunakan yaitu aluminium series AA 3000 yang diproduksi oleh PT. Intibumi Alumindo. Pada dasarnya jenis aluminium murni dengan penambahan mangan, yang meningkatkan kekuatannya sekitar 20%. Pada jenis series ini paduan aluminium mengeras hanya dengan deformasi plastik dingin. Kandungan

mangan dapat mencapai 1,5% dan mempunyai nilai kekuatan tarik 110-280 Mpa (sumber www.intibumi.com).

Bentuk sel inti *core* sarang lebah ini berbentuk heksagonal (bentuk sel yang paling umum) dan memiliki sudut 120° . Doa'a Fadhel Mohammed dkk. (2015) meneliti bahwa kekuatan struktur sarang lebah dengan sudut 120° memiliki nilai kekakuan *stiffness* yang baik dibandingkan dengan sudut 60° dan 90° . Spesimen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 memiliki panjang 210 mm dan lebar 60 mm dengan ketebalan core 0,4 mm. Dapat di liat pada gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Struktur Sarang lebah *honeycomb*

2.3.1 Pertimbangan Struktural

Inti dari struktur Honeycomb Sandwich ini dan material lapisan yang memiliki sifat mekanik yang baik dapat menghasilkan peningkatan material terhadap kekuatannya. Struktur sarang lebah ini yang sering digunakan untuk mendapatkan kekakuan yang tinggi dan juga bobot yang ringan. Gaya geser yang bekerja pada core relatif rendah, namun pemilihan material yang tepat harus tepat untuk memungkinkan tegangan geser yang terjadi. Selain itu faktor perekatan lapisan material atas dan bawah terhadap inti (core) juga berpengaruh terhadap pertimbangan struktural ini.

Struktur Honeycomb Sandwich ini banyak tersusun dari material-material komposit sebagai pembentuknya. Secara umum material tersebut antara lain: Aluminium, Nomex (Aramid), Korex, Kevlar, Fibreglass, Carbon dll. (<https://desetyawan.wordpress.com>)

2.3.2 Teori Kegagalan Struktur

Analisa kegagalan adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan. Secara keseluruhan jenis kegagalan pada material dapat terbentuk seperti *fatigue*, *wear* (keausan), korosi, *fracture*, *impact* dan lainnya. Dan kegagalan dapat terjadi karena beberapa faktor yaitu beban statik dan beban mekanis, sehingga sering timbulnya tegangan akibat beban yang melebihi *yield strength*. Pada dasarnya kegagalan dapat terjadi dikarenakan besaran akibat kondisi operasi \leq sifat kritis material. (Anggi, K.(2014) Analisa Kekuatan Struktur Crane Hook. Laporan Tugas Akhir. Bengkulu: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Bengkulu

Tabel 2.1 Modus Kegagalan Komponen

Besaran akibat Kondisi Operasi	Sifat Kritis Material	Peristiwa Yang Akan Terjadi
Tegangan Kerja σ_w	Kekuatan Luluh	Deformasi Plastis
Tegangan Kerja σ_w	Kekuatan Tarik	Patah Statik
Tegangan amplitude	Batas lelah (Fatigue limit) σ_f	Patah Lelah
Tegangan dinamik lokal	Kekuatan luluh σ_y	Awal Retak Fatigue
Intensitas tegangan	Fracture toughness Kc atau KIc	Komponen yang retak lelah akan patah
Tegangan kerja σ_w	Batas mulur (<i>Creep limit</i>)	Deformasi plastis akibat creep (pada temperatur tinggi)

Tegangan kerja σ_w	Rupture <i>Strength</i>	Patah akibat creep pada temperatur tinggi
Temperatur lingkungan terlalu rendah	Temperatur transisi material	Patah getas /Penggetasan (<i>Embrittlement</i>)
Lingkungan terlalu korosif	Batas korosivitas	Serangan korosi
Tegangan Kerja σ_w	Kekuatan thd korosi tegangan σ_{scc}	Retak akibat korosi tegangan

Pada umumnya teori kegagalan terbagi menjadi tiga yaitu :

1. Kegagalan statik / *static failure* Kegagalan statik adalah kegagalan yang disebabkan adanya beban dari luar secara statik seperti adanya pengaruh tekanan, beban, momen dan statik lainnya.
2. Kegagalan fatigue / *fatigue failure* Kegagalan fatigue adalah kegagalan yang terjadi karena dipengaruhi oleh waktu dan juga akibat adanya pembebanan secara dinamik yang menyebabkan suatu struktur menjadi lelah.
3. Kegagalan retak / *fracture failure* Kegagalan yang terjadi dikarenakan pengaruh lingkungan. Pada kegagalan secara statik dapat terbagi menjadi tiga teori, yaitu :

A. Teori tegangan normal maksimum

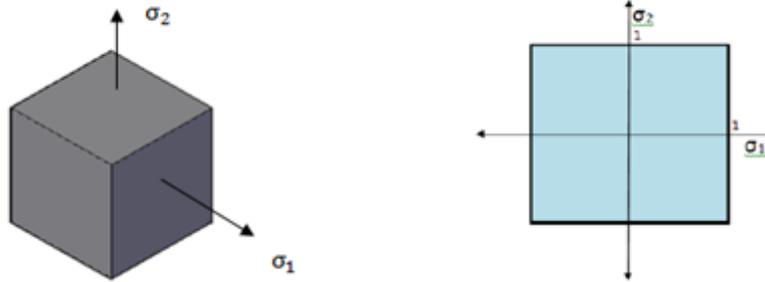
Kegagalan akan terjadi apabila tegangan utama maksimum sama atau lebih besar dibandingkan tegangan normal maksimum. Untuk tegangan normal positif, keadaan suatu material dikatakan luluh jika misal ada suatu pembebanan dengan σ_{max}

$$\sigma_{max} \geq \sigma_{yp} \quad (2.25)$$

Secara umum teori tegangan normal maksimum adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_{max} \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Dari gambar di bawah ini menjelaskan kriteria tegangan normal maksimum. Kegagalan akan terjadi jika kondisi tegangan akibat pembebanan berada diluar batas. Berikut gambar penjelasan teori tegangan normal maksimum, dapat di lihat pada gambar 2.5 dibawah ini.



(a) Tegangan normal pada gambar 3D (b) Tegangan normal dalam 2D

Gambar 2.5 Representasi teori tegangan normal maksimum

2.4 Kajian Teori Pengujian Impak

Pengujian impak bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian impak merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba (beban impak). Dalam pengujian impak terdiri dari dua teknik pengujian standar yaitu Charpy dan Izod, namun dalam pengujian struktur sarang lebah ini menggunakan alat uji Spli Pressure Hopkinson Bar.

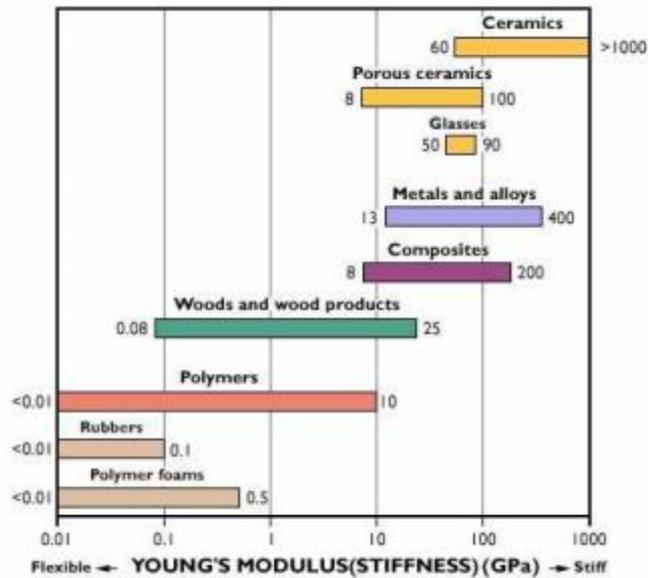
Speimen uji impak berbentuk plat sandwich dengan penampang lintang persegi panjang. Beban didapatkan dari tumbukan oleh proyektil yang diberik tekanan angin sebesar 8-10 bar. Spesimen di posisikan pada pencekam dengan posisi horizontal yang akan ditumbuk menggunakan proyektil dan meremukkan spesimen pada titik konsentersasi tegangan untuk pukulan impak kecepat tinggi.

2.5 Sifat-sifat Material

2.5.1 Modulus Young/E (Gpa)

Modulus Young adalah ukuran besarnya hambatan suatu material terhadap elastisitas (dapat dipulihkan) perubahan bentuk dibawah beban. Suatu material kaku mempunyai Modulus Young tinggi dan berubah bentuknya sedikit di bawah beban elastis, contoh: intan. Suatu material fleksibel mempunyai Modulus Young yang rendah dan berubah bentuknya dengan sangat mudah, contoh : karet. Suatu material kaku memerlukan beban tinggi untuk secara elastis mengubah bentuknya. Kekakuan suatu komponen berarti berapa banyaknya defleksi material di bawah beban yang ditentukan. Ini tergantung pada Modulus Young materialnya, tetapi juga pada bagaimana bebannya (tarik, atau bengkokkan), bentuk dan ukuran komponen. Kekakuan spesifik adalah Modulus Young dibagi oleh kepadatan (Density) (atau disebut " Modulus spesifik"). Kekakuan(stiffness) adalah penting dalam merancang suatu produk yang hanya dapat diijinkan untuk defleksi dengan suatu jumlah tertentu contoh : jembatan, sepeda, mebel. Di dalam aplikasi pengangkutan seperti: pesawat terbang, sepeda balap. Kekakuan diperlukan pada berat/beban minimum. Pengujian tarik digunakan untuk menemukan sifat-sifat material penting. Pengujian tekanan adalah serupa tetapi menggunakan suatu spesimen pendek gemuk untuk mencegah pembengkokkan.

Modulus Young sama dengan elastis stress/strain . Regangan tidak mempunyai satuan sebagaimana Tegangan : N/m^2 , atau Pascal (1 Pascal = $1N/m^2$; 1 Gpa= $1000 N/mm^2$) , Diagram Modulus Young dapat di lihat pada gambar 2.6

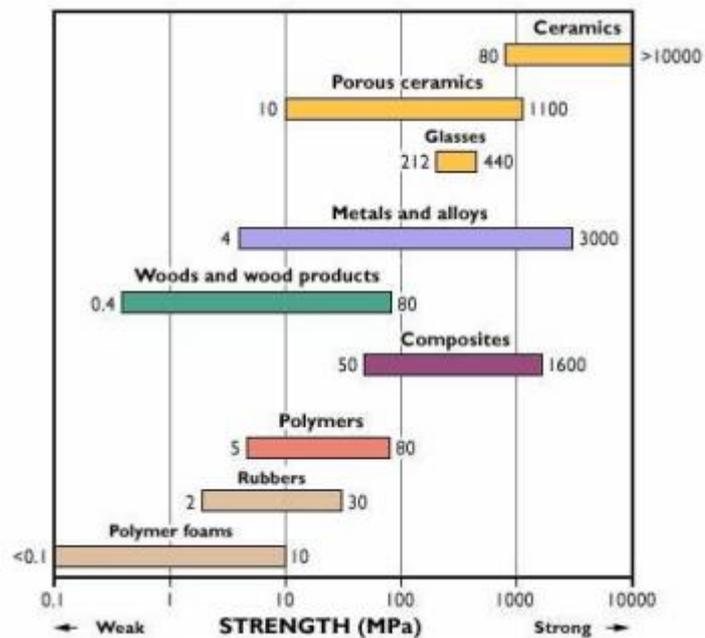


Gambar 2.6 Diagram Modulus Young (www.materials.eng.com , 2002)

2.5.2 Kekuatan Luluh (Yield Strength)

Kekuatan luluh adalah harga tegangan terendah dimana material mulai mengalami deformasi plastis. Deformasi plastis adalah perubahan bentuk material secara permanen jika bebannya di lepas. Kekuatan luluh ditetapkan sebagai harga tegangan yang jika dilepas akan menghasilkan perpanjangan yang tetap sebesar 0,2% panjang semula. Suatu material yang kuat memerlukan beban tinggi untuk mengubah bentuknya secara permanen atau pecah`- untuk menjadi tidak rusak dengan suatu material kaku, yang memerlukan beban tinggi untuk secara elastis mengubah bentuk itu. Untuk batang-batang rel, polymers, kayu dan komposit, "kekuatan" pada tabel pemilihan mengacu pada pembebanan dalam tegangan sebagai kegagalan adalah oleh keluluhan. Untuk material rapuh (keramik), kegagalan dalam tarikan adalah oleh retak, dan " kekuatan-tarik" sangat bervariasi. " Kekuatan" pada tabel pemilihan selanjutnya adalah " kekuatan penekanan" (yang memerlukan suatu beban jauh lebih tinggi). Kekuatan spesifik adalah kekuatan dibagi oleh kepadatan. Banyak komponen rancang-bangun dirancang untuk menghindari kegagalan oleh keluluhan atau pematahan (keran, sepeda, kebanyakan bagian-bagian dari kereta, mobil, penekan kapal). Dalam

aplikasi struktural, material rapuh hampir selalu digunakan di dalam tegangan (contoh: batu bata, batu dan beton untuk jembatan dan bangunan). Di dalam aplikasi pengangkutan (contoh: pesawat udara, sepeda balap) kekuatan tinggi diperlukan pada berat/beban rendah. Di dalam kasus material ini dengan suatu besar "kekuatan spesifik" terbaik dapat di lihat pada gambar 2.7 di bawah ni.



Gambar 2.7 Diagram Kekuatan (Strength) (www.materials.eng.com , 2002)

2.5.3 Ketangguhan (Toughness)

Ketangguhan adalah kemampuan atau kapasitas bahan untuk menyerap energy sampai patah atau Ketangguhan adalah penahanan suatu material terhadap pecah menjadi dua, dengan suatu retakan melintang- ini disebut " retak" serta menyerap energi. Jumlah energi yang diserap selama retak tergantung pada ukuran komponen yang pecah menjadi dua. Jumlah energi yang diserap setiap satuan luas dari retakan adalah tetap untuk material yang ditentukan, dan ini disebut ketangguhan juga. Suatu material tangguh memerlukan banyak energi untuk pecah contoh, baja lembut (mild steel), yang pada umumnya sebab proses retak menyebabkan banyak kelainan bentuk plastis, suatu material rapuh mungkin kuat tetapi sekali sebuah retakan telah mulai retak, material itu dengan mudah terjadi patah sebab energi sedikit diserap (contoh: gelas/kaca). Ketangguhan tinggi

penting untuk komponen yang mendapat beban impact (kereta, mobil, mainan, sepeda). Ketangguhan bervariasi sesuai dengan temperature, beberapa material berubah dari tangguh ke rapuh ketika temperatur berkurang (contoh: beberapa baja, karet). Pengujian ketangguhan menggunakan spesimen dengan sedikit retakan, mengukur energi setiap satuan luas sebagai pertumbuhan retakan. Ini dapat diberlakukan bagi semua material, sehingga tabel pemilihan menunjukkan data ketangguhan diukur pada cara ini. Pengujian ketangguhan sederhana menggunakan spesimen dengan ukuran yang telah ditetapkan dengan suatu bentuk mesin, dan hanya mengukur energi yang diperlukan untuk memecah spesimen itu. Ini adalah suatu cara yang bermanfaat untuk menggolongkan tangguh untuk material yang digunakan di dalam produk yang terkena beban impact yang terutama sekali untuk batang-batang rel dan beban ditingkatkan sampai spesimen patah.

2.6 Split Pressure Hopkinson Bar

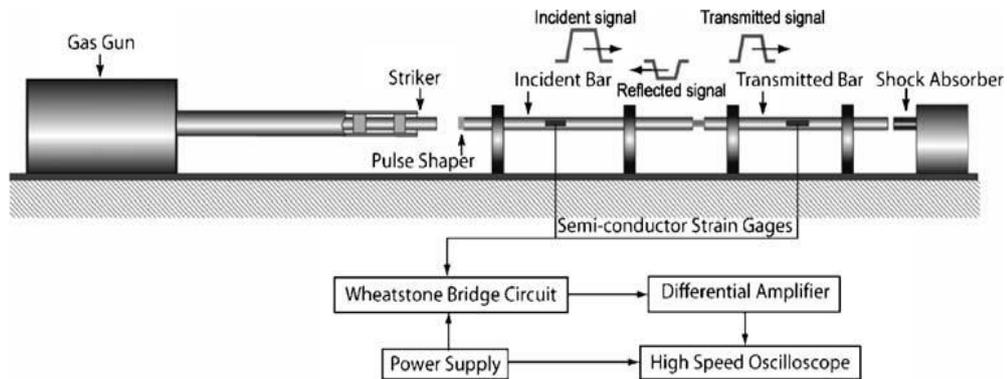
Hopkinson Pressure Bar pertama kali diusulkan oleh Bertram Hopkinson pada tahun 1914 sebagai cara untuk mengukur stres propagasi pulsa di sebuah bar logam. Kemudian, pada tahun 1949 H. Kolsky disempurnakan teknik Hopkinson dengan menggunakan dua batang Hopkinson dalam seri, yang sekarang dikenal sebagai bar split-Hopkinson, untuk mengukur stres dan ketegangan, menggabungkan kemajuan dalam sinar katoda osiloskop dalam hubungannya dengan unit kondensor listrik untuk merekam perambatan gelombang tekanan di bar tekanan seperti yang dipelopori oleh RM Davies tahun sebelumnya pada tahun 1948. Modifikasi kemudian telah memungkinkan untuk tarik, kompresi, dan pengujian torsi. Meskipun ada berbagai setup dan teknik yang sedang digunakan untuk tekanan bar Split-Hopkinson, prinsip-prinsip yang mendasari untuk pengujian dan pengukuran yang sama. Spesimen ditempatkan antara ujung dua bar lurus, disebut insiden bar dan bar ditransmisikan. Pada akhir insiden bar (agak jauh dari spesimen, biasanya di ujung), sebuah gelombang stres adalah dibuat yang menyebar melalui bar menuju spesimen. Gelombang ini disebut sebagai gelombang insiden, dan setelah mencapai spesimen, terbagi menjadi dua

gelombang yang lebih kecil. Salah satu yang, gelombang yang ditransmisikan, perjalanan melalui spesimen dan ke bar menular, menyebabkan deformasi plastik dalam spesimen. Gelombang lain, yang disebut gelombang yang dipantulkan, tercermin dari spesimen dan perjalanan kembali ke bar insiden. Kebanyakan setup modern menggunakan *strain gages* di bar untuk mengukur strain yang disebabkan oleh gelombang. Dengan asumsi deformasi pada spesimen adalah seragam, stres dan ketegangan dapat dihitung dari amplitudo kejadian, ditransmisikan, dan tercermin gelombang.

Pengujian ketegangan di Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB) lebih kompleks karena variasi metode bongkar lampiran spesimen insiden dan transmisi bar. Bar Ketegangan pertama dirancang dan diuji oleh Harding et al. pada tahun 1960; desain yang terlibat menggunakan bar berat berongga yang terhubung ke kuk dan ulir spesimen dalam bar berat. Gelombang tarik diciptakan oleh berdampak bar berat badan dengan seekor domba jantan dan memiliki gelombang kompresi awal mencerminkan sebagai gelombang tarik dari ujung bebas. Terobosan lain dalam desain SHPB dilakukan oleh Nichols yang digunakan setup kompresi yang khas dan logam berulir spesimen pada kedua insiden dan transmisi berakhir, sementara menempatkan kerah komposit lebih spesimen. Spesimen memiliki cocok nyaman pada insiden dan sisi transmisi untuk melewati gelombang kompresi awal. Nichols pengaturan akan menciptakan gelombang kompresi awal oleh dampak di akhir insiden dengan striker, tapi ketika gelombang kompresi mencapai spesimen, benang tidak akan dimuat. Gelombang kompresi idealnya akan melewati kerah komposit dan kemudian mencerminkan dari ujung bebas dalam ketegangan. Gelombang tarik kemudian akan menarik pada spesimen. Metode pembebanan berikutnya merevolusi oleh Ogawa pada tahun 1984. Sebuah striker hollow digunakan untuk dampak flange yang berulir untuk mengakhiri pada bar insiden. Striker ini didorong dengan menggunakan salah satu senjata gas atau disk yang berputar. Spesimen sekali lagi melekat pada insiden dan transmisi bar melalui threading.

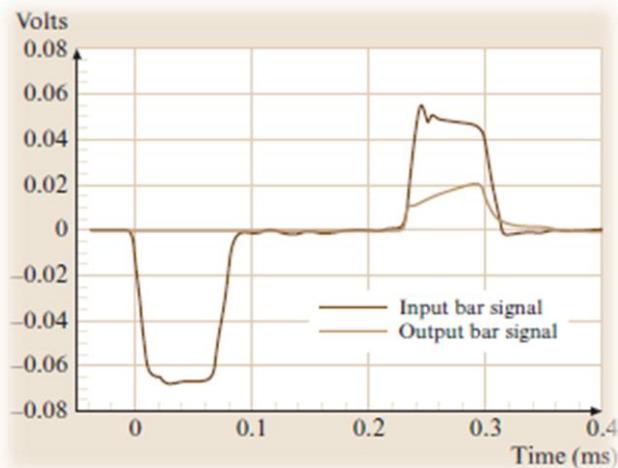
2.6.1 Prinsip Kerja Split Hopkinson Pressure Bar

Pada dasarnya Split Hopkinson Pressure Bar, terdiri dari 3 bar, *striker bar*, *input bar*, dan *output bar* dapat dilihat pada (Gambar 2.8) Striker bar meluncur pada input bar pada kecepatan tertentu. Prinsip kerja Split Hopkinson Pressure Bar berdasarkan rambatan gelombang. Bagian - bagian utamanya berupa tembakan gas (*gas gun*), *striker bar*, *input bar (incident bar)*, dan *output bar (transmitted bar)*, dan *strain gauges*.



Gambar 2.8 Bagian utama Split Hopkinson pressure Bar.

Untuk mengetahui tegangan, regangan, serta tingkat regangan (*strain rate*) dengan menggunakan metode *Split Hopkinson Pressure Bar* yang menggunakan spesimen dijepit diantara dua bar, input dan output bar dimana striker bar akan bergerak melalui tembakan angin (*gas gun*) menuju input bar (*incident bar*) yang akan menumbuk spesimen dan mengalami dampak. Pada saat mengalami dampak, rambatan gelombang tekan akan meneruskan gelombangnya ke spesimen dan akan memantul menuju stopper dan menghasilkan nilai laju regangan tinggi (*high strain rate*) berupa rambatan gelombang dengan menggunakan strain gauges yang melekat pada input dan output bar. Dan perekam sinyal gelombang dirangkai dalam bentuk *Wheatstone Bridge* yang fungsinya untuk menangkap sinyal tegangan dan regangan beserta waktu pada saat mengalami dampak. Nicholas, T., Bless, (1991), dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini.

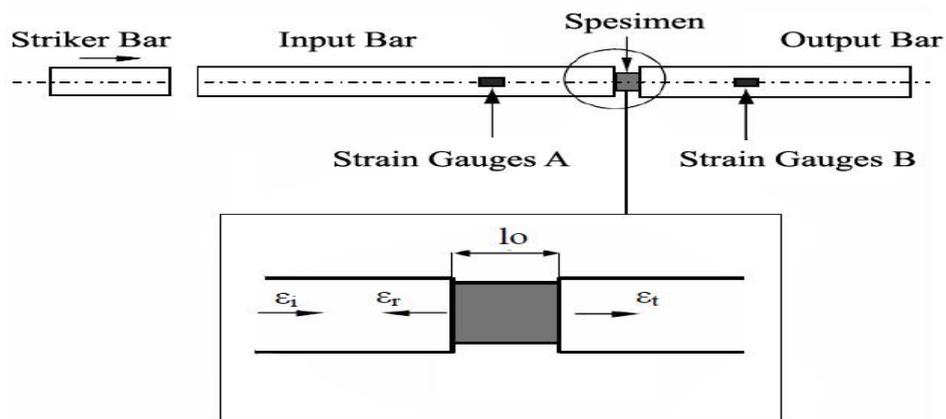


Gambar 2.9 Grafik strain gage keluaran sinyal input dan output bar

Springer handbook of experimental solid mechanics Sharpe J.W (2008)

Harga laju regangan, dan tegangan pada spesimen merupakan persyaratan desain SHPB. Ketiga harga ini digunakan untuk menentukan parameter desain SHPB seperti kecepatan striker, geometri dan material komponen batang, dan sebagainya. Dalam desain ini ditentukan bahwa diameter dan material batang striker, batang input bar adalah sama.

Sifat tegangan dan regangan (ϵ) pada spesimen dapat ditentukan dengan menumbuk spesimen pada input dan output bar. Seperti yang dijelaskan pada (Gambar 2.9) saat mengalami tumbukan (*impact*), gelombang regangan ϵ_i akan merambat atau mentransmisikan gelombangnya melalui panjang spesimen L_0 dan diteruskan ke output bar (ϵ_t), dan ϵ_t akan memantul kembali sehingga didapat gelombang pantulan (ϵ_r) yang disebut *reflected pulse* terhadap spesimen yang akan diuji. Dapat di lihat pada gambar 2.10 di bawah ini.



Gambar 2.10 Skema pengujian split hopkinson bar

2.7 Kecepatan Rambat Gelombang Impak

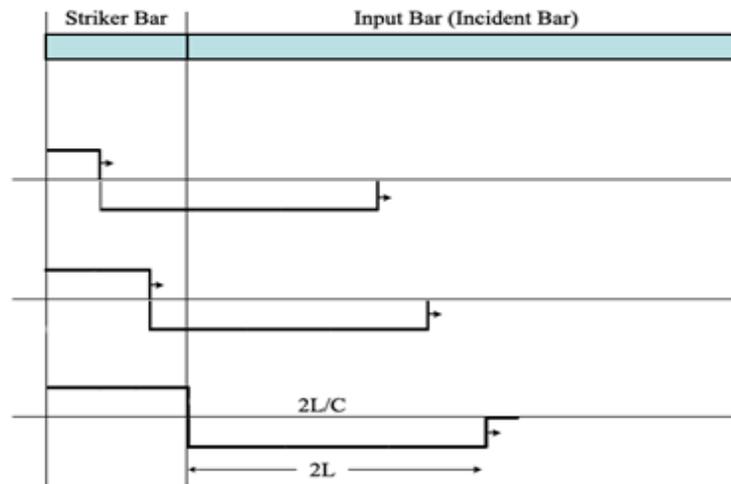
Tumbukan antara input dan striker bar meneruskan dorongan tekanan pada kedua bar. Sebuah Gambaran dimana dorongan diteruskan oleh tumbukan longitudinal antara dua bar tersebut yang dijelaskan pada (Gambar 2.6) Gelombang tekan bergerak dari striker bar menuju input bar dengan kecepatan C_0 . Gelombang ini akan mendekati arah ujung kiri striker bar yang dipantulkan sebagai dorongan tarik (c, d) dan bergerak maju ke permukaan bar. Saat dorongan tarik mendekati permukaan bar, striker bar berpisah dari input bar dan gelombang tekan yang berada pada input bar berhenti. Panjang gelombang tekan menjadikan input bar mengalami dua kali panjang striker bar. Maka, dapat dirumuskan menjadi Pers.2.1 dan Pers.2.2 seperti dibawah ini :

$$L_0 = 2 \cdot L_{SB} \quad (2.1)$$

Persamaan panjang sinyal gelombang pada (Gambar 2.6) dapat diketahui dan dihitung dalam Pers. 2.1 berikut.

$$t_0 = \frac{2 \cdot L_{SB}}{C_0} \quad (2.2)$$

Dimana L_{SB} merupakan panjang striker bar. Sedangkan persamaan waktu rambatan sinyal gelombang saat bertumbukan (*wave velocity*) dapat dihitung dengan Pers.2.2. Dapat di lihat pada gambar 2.11 di bawah ini.

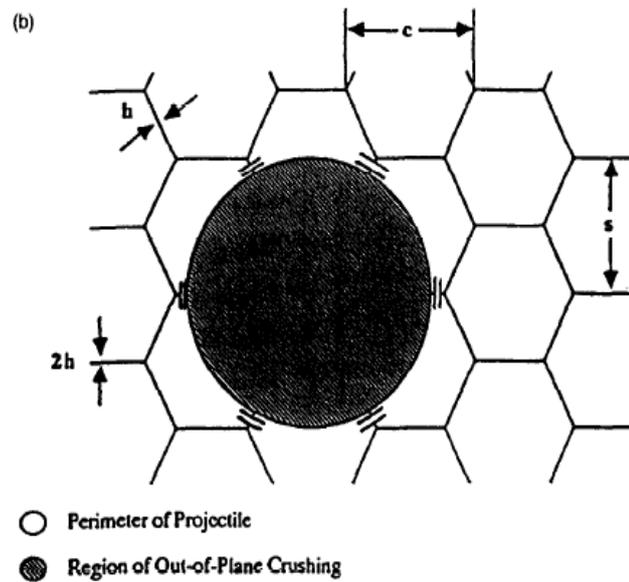


Gambar 2.11 Skema Gelombang Tumbukan Dua Bar

2.8 Proyektil

Dalam penelitian ini proyektil yang di gunakan berjenis proyektil berhidung tajam. Proyektil ini akan menumbuk specimen dengan kecepatan variasi yang dirancang sesuai spesifikasi yang di rencanakan. Proyektil tajam di gerakkan oleh kompressor dengan tekanan angin yang berkisar 6-9 Bar. Proyektil ini sendiri di kunci pada input bar yang akan terdorong menumbuk specimen jika tombol pada selenoid di tekan.

Pada setiap pengujian simulasi numerik telah didasarkan pada set-up eksperimen yang telah ditentukan. Gambaran dari eksperimennya ialah menembakkan proyektil dengan gas terkompresi langsung pada specimen yang dijepit pada sisi ketebalannya. Dapat di lihat pada (gambar 2.12). Dalam kasus ini hanya tumbukan normal dengan sudut 90° yang akan dilakukan pengujian menggunakan proyektil berhidung tajam.



Gambar 2.12 Tumbukan proyektil terhadap spesimen

2.9 Sensor Strain Gage (Strain Gauge)

Strain Gage (*Strain Gauge*) adalah alat yang digunakan untuk mengukur tegangan maupun regangan setelah striker bar menumbuk spesimen. Strain gage ini di lekatkan pada input bar yang akan menghantam spesimen. Dengan menempelkan strain gage tersebut pada suatu benda uji (spesimen) menggunakan suatu perekat yang isolatif terhadap arus listrik, maka material tadi akan menghasilkan adanya perubahan resistansi yang nilainya sebanding terhadap deformasi bentuknya. Strain gauge ini dibuat dari sehelai kertas logam resistif yang dikikis tipis (*etched-foil*) dan berbentuk kisi (*grid*) sebagai elemen utama (sensor) serta dilapisi dengan sepasang selaput sebagai pelindung sekaligus isolator. Kemudian strain gage ditambahkan sepasang kawat timah (*lead-gauge*) yang terhubung pada kedua ujung elemen sensor. Sensor strain gage ini akan dimasukkan kedalam rangkaian jembatan *Whetstone* yang kemudian akan diketahui berapa besar tahanan pada *Strain Gage*. Tegangan keluaran dari jembatan *Wheatstone* merupakan sebuah ukuran regangan yang terjadi akibat tekanan dari setiap elemen pengindera *Strain Gage*.

Tekanan itu kemudian dihubungkan dengan regangan sesuai dengan hukum Hook yang berbunyi : *Modulus elastis adalah rasio tekanan dan regangan*. Dengan demikian jika modulus elastis adalah sebuah permukaan benda

dan regangan telah diketahui, maka tekanan bisa ditentukan. Hukum Hook dituliskan sebagai :

$$\sigma = Es. \quad (2.3)$$

dimana : σ = regangan, $\Delta l/l$ (tanpa satuan)

s = tegangan geser, kg/cm^2

E = modulus Young, kg/cm^2

Bila dua *gage* atau lebih digunakan, maka tekanan pada pelacakan arah setiap *gage* bisa ditentukan dengan menggunakan perhitungan. Namun demikian persamaannya memiliki tingkat kompleksitas yang berbeda tergantung pada kombinasi dan orientasi *gage* tersebut.

Kepekaan sebuah *Strain Gage* disebut dengan faktor *gage* dan perbandingan antara unit resistansi dengan perubahan unit panjang adalah :

$$\text{Faktor gage } K = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} \quad (2.4)$$

dimana : K = Faktor *gage*

ΔR = Perubahan tahanan *gage*

Δl = Perubahan panjang bahan

R = Tahanan *gage* nominal

l = Panjang normal bahan

Perubahan tahanan ΔR pada sebuah konduktor yang panjangnya l dapat dihitung dengan menggunakan persamaan bagi tahanan dari sebuah konduktor yang penampangnya serba sama, yaitu :

$$R = \rho \frac{\text{Panjang}}{\text{Luas}} = \frac{\rho l}{\left(\frac{\pi}{4}\right)d^2} \quad (2.5)$$

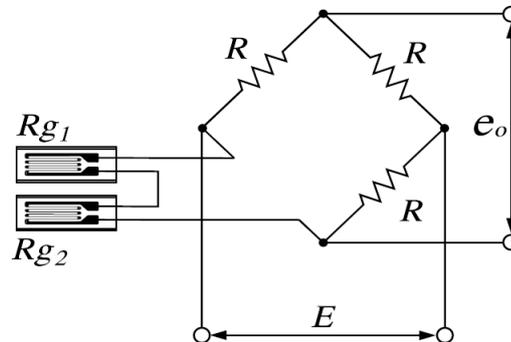
dimana : ρ = tahanan spesifik dari bahan konduktor

l = panjang konduktor

d = diameter konduktor

2.9.1 Perhitungan perancangan jembatan WheatStone

Sebelum kita melakukan percobaan, kita akan terlebih dahulu melakukan perhitungan terhadap rangkaian dibawah ini pada (gambar 2.13) untuk mengetahui nilai resistor-resistor yang kita butuhkan.



Gambar 2.13 Rangkaian Jembatan Wheastone

Dari rangkaian diatas ini yang kita inginkan adalah ketika jembatan diatas ini dalam keadaan setimbang nilai dari $V_g = 0$. Seperti kita ketahui bahwa strain gauge yang kita gunakan pada percobaan ini memiliki resistansi sebesar 120Ω . Untuk mencari nilai resistansi, kita masukkan kedalam rumus berikut:

$$V_g = \frac{R_3}{R_1 + R_3} V_{in} - \frac{R_4}{R_2 + R_4} V_{in}$$

$$0 = \frac{R_3}{R_1 + R_3} V_{in} - \frac{R_4}{R_2 + R_4} V_{in}$$

$$\frac{R_3}{R_1 + R_3} V_{in} = \frac{R_4}{R_2 + R_4} V_{in}$$

Dari persamaan diatas maka didapat rumus:

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

Kita tahu bahwa $R_4 = 120\Omega$ (tahanan dari strain gagenya). Kita ambil gunakan R_2 dan R_3 sebesar 118.4Ω , maka nilai R_1 :

$$R_1 = \frac{218.4 \times 218.4}{120}$$

$$R_1 = 216.8213$$

Pada percobaan kami menggunakan R_1 yang terdiri dari resistor 220Ω yang diparalelkan dengan potentiometer $10k\Omega$. Hal ini kami lakukan untuk memperoleh hambatan sebesar 216.8213 yang akurat.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

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

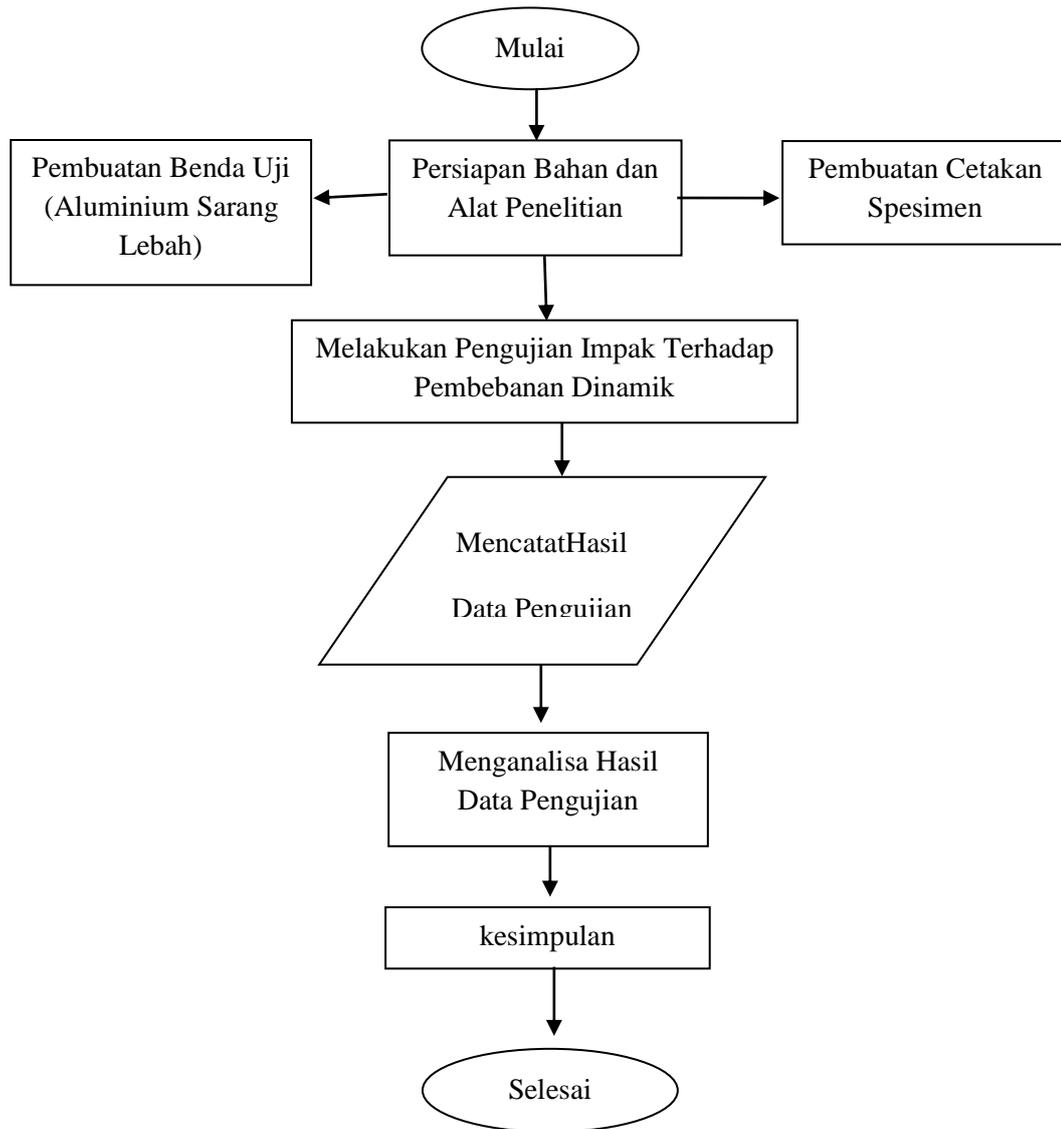
3.1.2 Waktu Penelitian

Adapun waktu pelaksanaan penelitian pengujian data impak di lakukan selama 8 bulan prosesnya dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.3 Jadwal Waktu dan Penelitian Saat Melakukan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan (Tahun 2017-2018)						
		Juli	Agustus	September	Oktober	Nov-Des	Januari	Feb-mar
1.	Pengajuan Judul							
2.	Studi Literatur							
3.	Perancangan Cetakan Spesimen							
4.	Pembuatan Spesimen							
5.	Pelaksanaan Pengujian							
6.	Penyelesaian Skripsi							

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1Diagram Alir Penelitian

Dilihat dari gambar 3.1 diagram alir percobaan penelitian adalah untuk mempersiapkan alat uji Split Hopkinson Bar, selanjutnya mempersiapkan spesimen yang akan di uji berupa plat aluminium yang dibentuk menjadi struktur

sarang lebah, kemudian melaksanakan penelitian spesimen kekuatan lendutan yang diuji secara statik dan setelah itu mencatat hasil dari pengujian.

3.2 Bahan dan Alat

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

3.3.1 Bahan

a. Lembaran Aluminium

Lembaran aluminium 0,4 mm yang digunakan untuk membuat core struktur sarang lebah yang dibentuk menggunakan alat pencetak *core*, lembaran aluminium 0,4 mm digunakan sebagai kulit atau *skinsandwich* sarang lebah. Dapat dilihat pada gambar 3.2. Adapun sifat fisik dari plat aluminium tersebut ada pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.4 Sifat Mekanik Bahan Aluminium

NO	Sifat	Keterangan
1	Densitas	2.8 g/cm ² (170 lb/ft ²)
2	Yield Strength	47 to 220 MPa (6.8 to 32 ×10 ³ psi)
3	Modulus Young	69 GPa (10×10 ⁶ psi)
4	Poisson Ratio	0,33



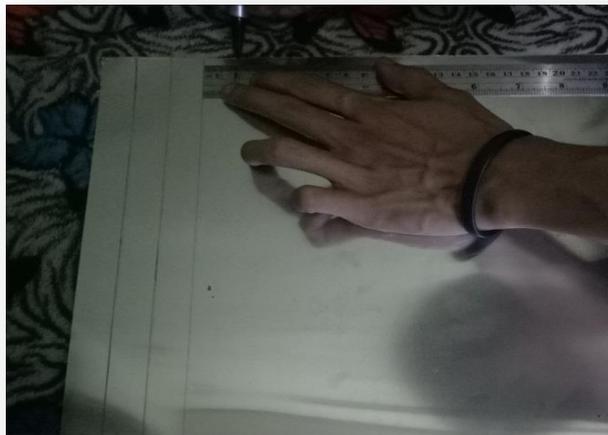
Gambar 3.2 Lembaran Aluminium

- a. Cetakan spesimen secara manual dengan ukuran 2mm dan 6mm dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Cetakan Spesimen Struktur Sarang Lebah

- b. Mengukur plat aluminium yang akan di buat menjadi core, dengan panjang 22cm dan lebar 1,8cm. Dapat di lihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 pengukuran plat aluminium

- c. Memotong plat aluminium yang telah diukur dengan pisau cutter yang diukur menggunakan penggaris baja. Dapat di lihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Memotong plat aluminium

d. Lem Setan dan Bubuk Ajinomoto

Lem setan dan bubuk ajinomoto adalah salah satu jenis campuran antara lem setan dengan bubuk ajinomoto yang telah dihaluskan, Lem ini sangat bagus dan kuat untuk mengelem core aluminium yang sudah di bentuk sarang lebah yang akan direkatkan mejadi satu. Dapat di lihat dapa gambar 3.6 di bawah ini.



Gambar 3.6. Lem Setan dan Bubuk Ajinomoto

e. Lem Kambing

Lem ini digunakan karena mempunyai karakteristik yang baik, dan lem ini berfungsi digunakan untuk menyatukan *core* dan *skin* pada struktur sarang lebah. Dapat di lihat dapa gambar 3.7 di bawah ini.



Gambar 3.7 Lem Kambing

f. Penggaris

Berfungsi sebagai alat ukur yang digunakan untuk mengukur plat aluminum yang akan digunakan. Dapat di lihat dapa gambar 3.8 di bawah ini.



Gambar 3.8 Penggaris

g. Pisau Cutter

Kegunaan dari pisau *cutter* ini yaitu untuk memotong plat aluminium yang sudah diukur. Dapat di lihat dapa gambar 3.9 di bawah ini.



Gambar 3.9. Pisau Cutter

3.3.2 Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

h. Alat uji Hopkinson Pressure Bar

Merupakan alat uji yang akan digunakan untuk mengetahui sifat suatu material. Fungsinya ialah untuk mengetahui sifat material yang diberikan tekanan dorongan udara oleh compressor yang akan menghasilkan gelombang sinyal. Dapat dilihat pada gambar 3.10.



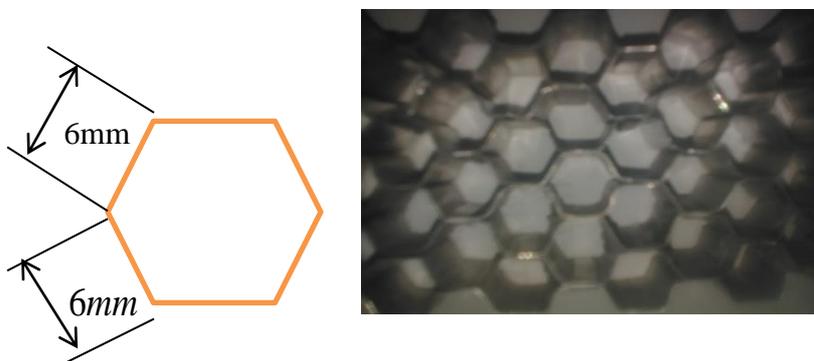
Gambar 3.10 Alat Uji Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB)

i. Spesimen

Spesimen merupakan suatu material sample yang digunakan sebagai bahan yang akan di uji, spesimen ini diletakan diatas jig atau dudukan tempat spesimen. Tujuan dilakukannya pengujian spesimen untuk mengetahui nilai kurva tegangan dan regangan, serta untuk mengetahui kekuatan bahan tersebut. Spesimen ini menggunakan plat aluminium dengan *ticknes core* 0,4 mm dan *skin* 0,4 mm yang berbentuk komposit *sandwich* dengan struktur sarang lebah. Untuk itu dimensi dapat di lihat dapa gambar 3.11 dan 3.12 di bawah ini.



Gambar 3.11 Spesimen Sarang Lebah Diameter 2 mm



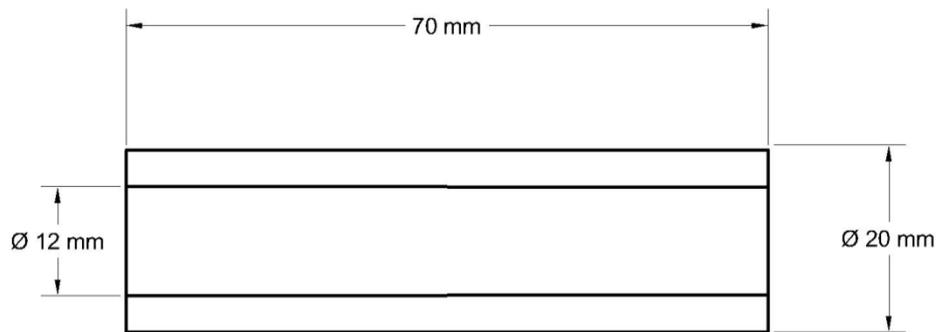
Gambar 3.12 Spesimen Sarang Lebah Diameter 6 mm

Tabel 3.5 Ukuran Benda Uji

Lengt (L) (Mm)	Width (b)	Depth (hc) (Mm)	Core thickness (tc) (mm)	Skin thickness (tskin) (mm)
210	50	18	0,4	04

j. Collar

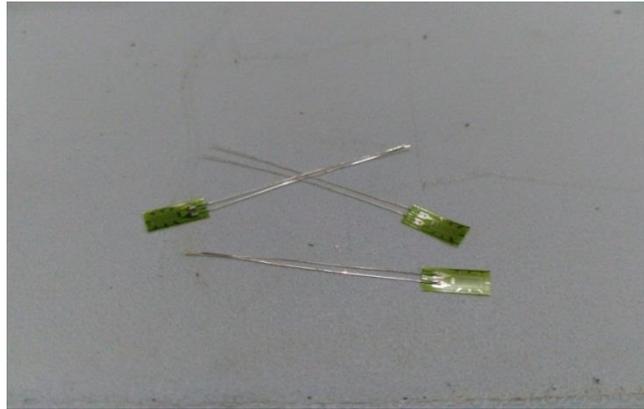
Collar merupakan penerus gelombang yang ditimbulkan saat terjadinya impact. Tujuan meletakkan collar agar dorongan tekan meneruskan gelombang ke output bar melalui *collar* dan akan kembali memantul menjadi pembebanan tarik (*tensile load*). Collar diaplikasikan diantara input dan output bar dengan keadaan dijepit dan tidak terikat. Collar yang digunakan berbahan baja yang berdimensi. Dapat di lihat dapa gambar 3.13.



Gambar 3.13 Dimensi collar

k. Strain Gauges

Strain Gauges berfungsi untuk mengukur nilai tekanan tumbukan yang terjadi pada saat input bar meneruskan dorongan ke arah output bar. Strain gauges terbuat dari lembaran logam yang tipis dan halus. Dapat di lihat dapa gambar 3.14



Gambar 3.14 Strain Gauges

1. Oscilloscope

Oscilloscope berfungsi untuk mengukur gelombang tumbukan (*impact*) yang terjadi antara input dan output bar. Gelombang sinyal akan muncul ketika tumbukan terjadi. Pada peristiwa ini, input bar akan menunjukkan gelombang sinyal saat menghantam output bar. Dapat di lihat dapa gambar 3.15.



Gambar 3.15 Oscilloscope

m. Bridge Box (*Wheatstone Bridge*)

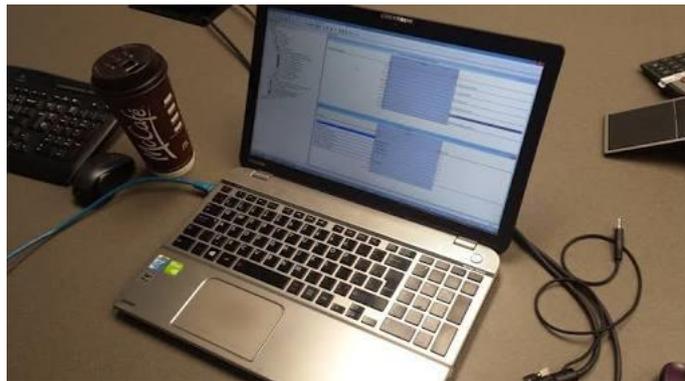
Berdasarkan gambar Bridge box berfungsi sebagai alat yang dapat mengetahui besaran hambatan pada sensor strain gages yang merupakan resisten yang dapat berubah nilainya ketika diberi beban impak. Dapat di lihat dapa gambar 3.16.



Gambar 3.16 Wheatstone Bridge (Bridge Box)

n. Personal Computer (PC)

Komputer dihubungkan dengan Oscilloscope yang akan menampilkan hasil gelombang sinyal tekanan yang terjadi pada saat pengujian. Dapat dilihat pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 Personal Computer

o. Kompresor (*Gas Gun*)

Kompresor digunakan sebagai tekanan berupa gas atau udara. Pada pengujian Split Hopkinson Pressure Bar ini, kompresor berfungsi untuk meningkatkan tekanan pada saat melepaskan tembakan pada *striker bar*. Dapat dilihat pada gambar 3.18 di bawah ini. Yang kemudian akan mendorong ke arah

input bar (*incident bar*) dan diteruskan ke arah output bar (*transmitted bar*). Adapun spesifikasi kompresor yang digunakan :

- Type : MZP – 5114
- Motor : 1/4HP
- Press : 7 kg/cm
- R.P.M : 590
- DIS : 46 liter/min



Gambar 3.18Kompresor (*Gas Gun*)

p. Selenoid Valve

Selenoid berfungsi untuk mengontrol saluran udara yang dikeluarkan oleh kompresor (*gas gun*). Selenoid ini memiliki 2 lubang, yaitu lubang inlet dan outlet yang dapat menutup dan membuka saluran udara pada saat yang kita inginkan. Dapat di lihat dapa gambar 3.19.



Gambar 3.19Selenoid Valve

q. Selang Angin

Merupakan bagian dari bahan yang digunakan untuk melakukan pengujian. Selang angin dipasang pada ujung mulut kompresor dan ujung striker bar yang ditengah pada keduanya akan dipasang solenoid, Dapat di lihat dapa gambar 3.20.



Gambar 3.20Selang angin

r. Tombol Switch

Tombol ini dipasang pada solenoid yang berfungsi untuk membuka saluran angin (*inlet*) agar udara pada kompresor dapat mengalir. Dapat di lihat dapa gambar 3.21



Gambar 3.21Tombol switch

3.4 Prosedur Penelitian

Sebelum melakukan pengujian, terlebih dahulu melakukan pembentukan spesimen yang terbuat dari bahan aluminium paduan, yang kedua ujungnya

dibentuk dengan menggunakan ulir untuk menahan spesimen diantara input dan output bar, lalu pembuatan collaryang merupakan penerus gelombang yang ditimbulkan saat terjadinya impak.

Collar diaplikasikan diantara input dan output bar dengan keadaan dijepit dan tidak terikat. Collar yang digunakan berbahan baja. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggunakan pembebanan dinamik pada spesimen tersebut dengan menggunakan alat uji Split Hopkinson Pressure Bar dengan metode tarik (*tension*), Dapat di lihat dapa gambar 3.22 di bawah ini.dengan cara sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat uji serta bahan-bahan yang akan digunakan untuk melalukan pengujian.
2. Memasang solenoid di tengah-tengah antara ujung selang kompresor dan ujung selang striker bar.



Gambar 3.22Pemasangan solenoid

3. Memasang tombol switchDapat di lihat dapa gambar 3.23.



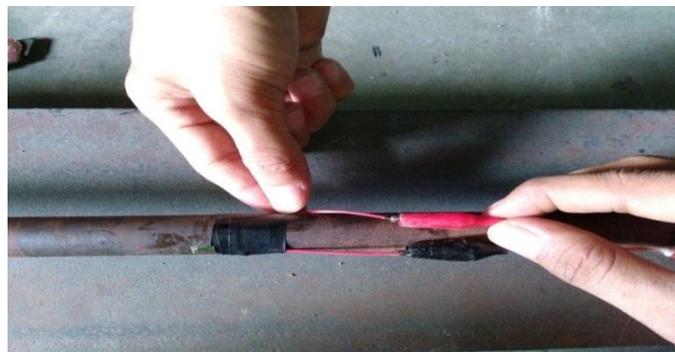
Gambar 3.23Pemasangan tombol switch

4. Mengisi tekanan angin pada kompressor sesuai tekanan bar yang dibutuhkan pada saat pengujian. Dapat di lihat pada gambar 3.24.



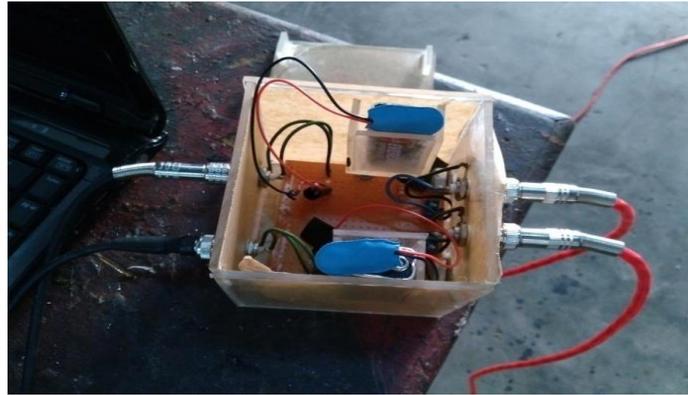
Gambar 3.24 Mengisi tekanan angin

5. Memasang spesimen uji tarik dengan mengunci bagian ujung ulir pada spesimen pada ujung input bar.
6. Kemudian memasang collar, dengan memasukkan pada bagian spesimen yang sudah dipasang pada input bar tersebut.
7. Kemudian, mengunci kembali spesimen pada ujung ulir yang lain pada ujung output bar. Dan posisi spesimen dan collar yang telah dipasang akan berada pada posisi terjepit diantara input dan output bar.
8. Memasang Strain gauges pada input dan output bar. Dapat di lihat pada gambar 3.25.



Gambar 3.25 Pemasangan strain gauges pada input dan output bar

9. Menghubungkan komputer dengan Oscilloscope dan memastikan strain gauges terpasang pada input bar dan output bar. Dapat di lihat pada gambar 3.6



Gambar 3.26 Strain gages dan oscilloscope terhubung ke dalam PC

10. Memeriksa sinyal gelombang pada strain gauges yang terhubung pada layar perangkat komputer, seimbang (berada pada titik 0 mV).
11. Mengatur tingkat *trigger* dalam data program pada perangkat komputer.
12. Membuka keran udara untuk mengalirkan udara dari kompresor yang sudah berisikan udara.
13. Menekan tombol switch untuk membuka saluran udara dari kompresor mengalir untuk memberikan sebuah tekanan ataupun dorongan menuju saluran selang striker bar.
14. Setelah melakukan pengujian, menganalisa hasil pengujian spesimen berupa data yang dapat dilihat di perangkat komputer berupa bentuk kurva ataupun sinyal gelombang akibat tumbukan antara input dan output bar

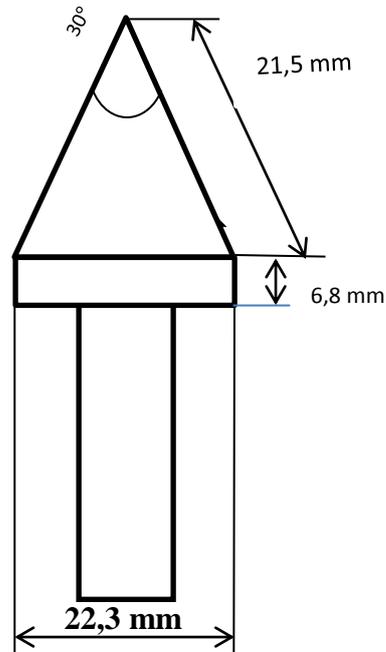
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan

4.1.1 Hasil Pembuatan Proyektil Tajam

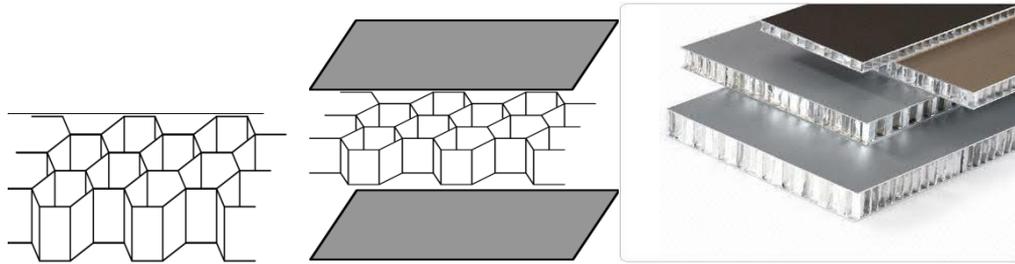
Setelah dilakukan proses pembuatan proyektil tajam dengan sudut 30 derajat, diameter 22,3 mm yg terbuat dari besi baja ukuran 1 inch dan dapat di lihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 proyektil tajam diameter 22,3 mm

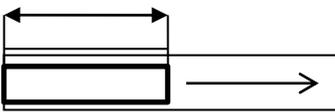
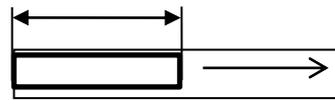
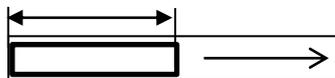
4.1.2 Hasil pembuatan Spesimen Struktur Sarang Lebah

Setelah dilakukan proses pembuatan spesimen berbentuk struktur sarang lebah maka dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Spesimen jenis core struktur sarang lebah

Tabel 4.1 jarak striker bar

No	Jarak stiker bar (mm)	Gambar	Sudut Peletakan spesimen
Spesimen 1	1500 mm		Normal 90°
Spesimen 2	1500 mm		Miring 60°
Spesimen 3	1500 mm		Miring 45°

4.2 Pengujian impak dengan sudut normal

Berdasarkan pengujian sudut normal dengan tekanan udara terhadap spesimen sarang lebah yang mengalami perlengkungan dan perubahan atau porforasi di sebabkan oleh kekuatan tumbukan dari beban striker dan proyektil tajam, hasil dari pengujian dapat di liat pada gambar 4.3 dan gambar 4.4



Gambar 4.3 pengukuran sudut normal 90 drajat sebelum di uji



Gambar 4.4 hasil Spesimen setelah di uji dengan sudut normal 90 drajat

Pada percobaan pertama ini spesimen di uji dengan tekanan 7 bar dengan sudut 90 drajat atau sudut normal adapun hasil dari perhitungan yang dapat sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sudut Normal 90 drajat

Sudut peletakan spesimen	deformasi	lendutan	ukuran
90°	176 mm	42,6 mm	6 mm
90°	207 mm	18,8 mm	2 mm

4.3 Pengujian impak dengan sudut Miring 60 drajat

Berdasarkan pengujian sudut 60 dengan tekanan udara 7 bar terhadap 3 pecimen sarang lebah dapat di lihat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6.



Gambar 4.5 pengukuran sudut normal 60° sebelum di uji



Gambar 4.6 hasil Spesimen setelah di uji dengan sudut miring 60° drajat

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sudut Miring 60 drajat

Sudut peletakan spesimen	deformasi	lendutan	ukuran
60°	200 mm	17,6 mm	6 mm
60°	130 mm	8,2 mm	2 mm

4.4 Pengujian impak dengan sudut Miring 45 drajat

Berdasarkan pengujian sudut 45 drajat dengan tekanan udara 7 bar terhadap spesimen sarang lebah dapat di lihat pada gambar 4.7 dan gambar 4.8.



Gambar 4.7 pengukuran sudut normal 45 drajat sebelum di uji

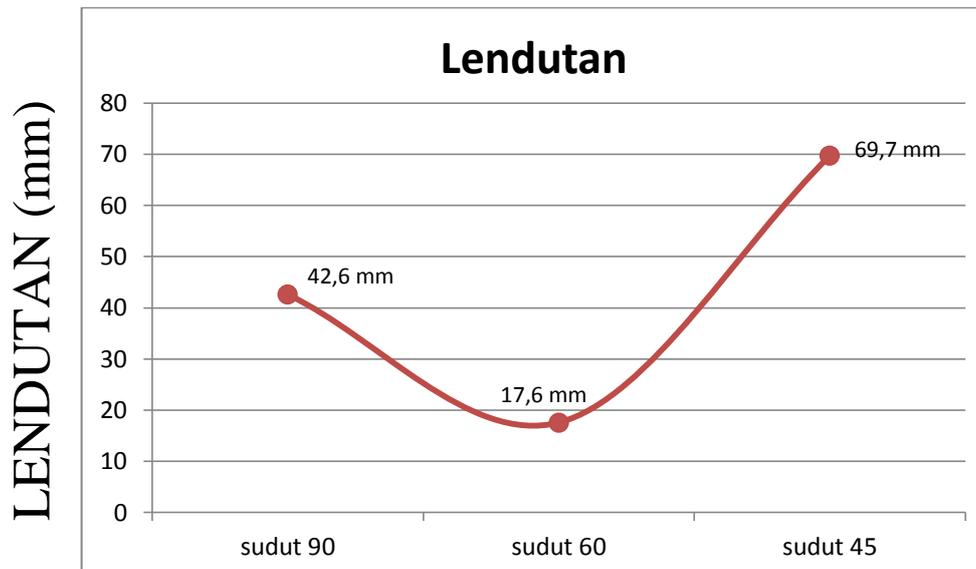


Gambar 4.8 hasil Spesimen setelah di uji dengan sudut miring 45 drajat

Tabel 4.4 Pengujian Sudut Miring 45 drajat

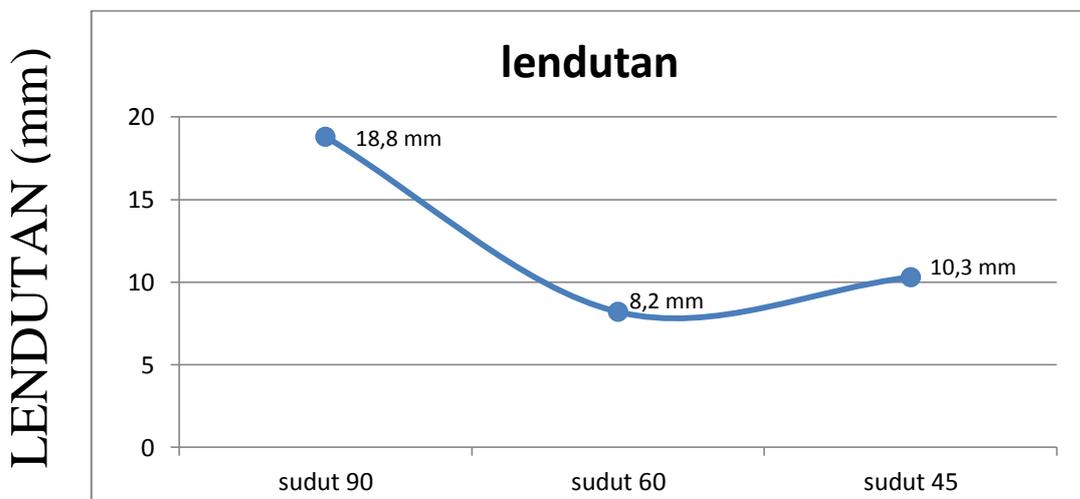
Sudut peletakan spesimen	deformasi	lendutan	ukuran
45°	202 mm	69,7 mm	6 mm
45°	208 mm	10,3 mm	2 mm

a. Grafik Spesimen Ukuran 6 mm



Gambar 4.9 Grafik Lendutan Ukuran 6 mm

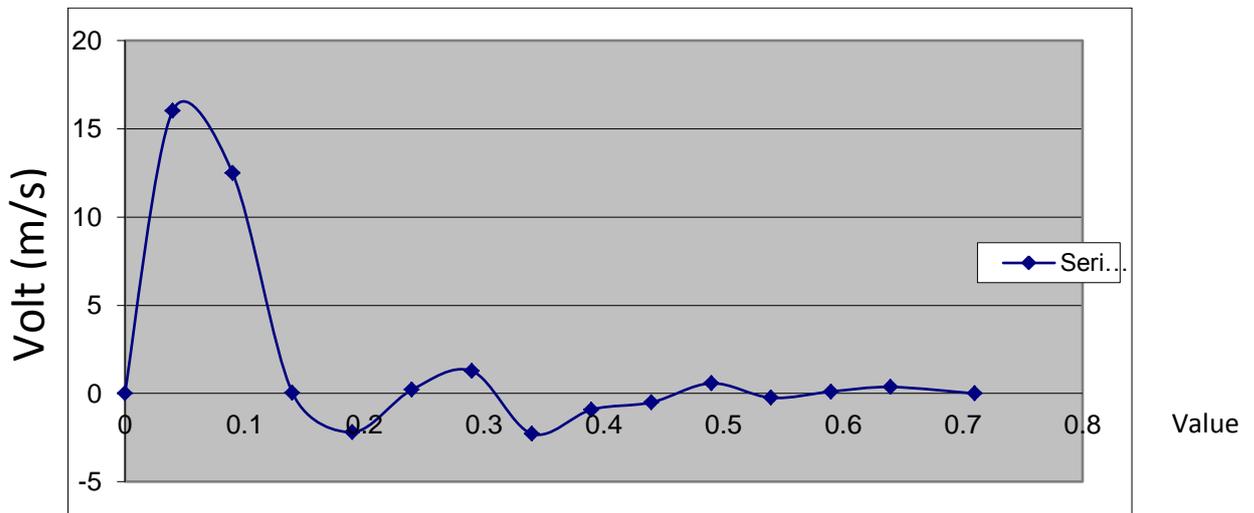
b. Grafik Spesimen Ukuran 2 mm



Gambar 4.10 Grafik Lendutan Ukuran 2 mm

Hasil dari pengujian spesimen sarang lebah dengan menggunakan proyektil tajam mengakibatkan terjadinya lendutan pada titik tengah spesimen hingga melengkung.

1. Grafik Pengujian Spesimen pertama



Gambar 4.6 Grafik percobaan pada spesimen 1

a. Perhitungan nilai Strain Impak

e_0 = Output Voltage

k_s = Gage Faktor

ϵ_0 = Stain

ϵ = Bridge Voltage

R_g = Gauge Resistance

R = Fixed Resistance

ϵ_s = Strain Faktor

b. Perhitungan Nilai Strain Pada Pengujian 7 bar

$$e_0 = \frac{E}{4 K_s} \cdot \epsilon_0 \qquad e_0 = \frac{9}{4} \cdot 2,08 \cdot 16,03 = 75,02 \text{ Mpa}$$

$$e_0 = E / K_s \in s \qquad 4 e_0 = \frac{9}{4} \cdot 2,08 = 16,03$$

$$\epsilon_s = 4 \frac{4 \epsilon_0}{E K_s} \qquad \epsilon_s = e^x = \frac{4 \cdot 16,03}{9 \cdot 2,08} = 3,4 \text{ Mpa}$$

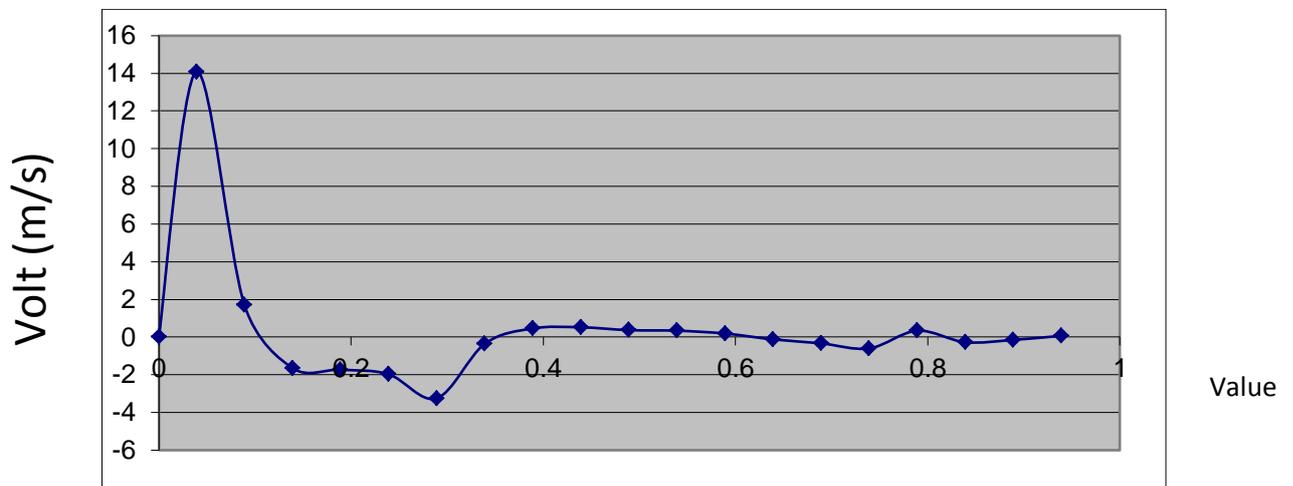
c. Perhitungan Tegangan Impak

$$\sigma = E \cdot \epsilon_s$$

$$\sigma = 700 \cdot 3,4$$

$$= 2,38 \text{ Mpa}$$

2. Grafik Pengujian Spesimen Kedua



Gambar 4.8 Grafik setelah pengujian kedua

a. Perhitungan Tegangan Impak

$$\sigma = E \cdot \epsilon_s$$

Dimana :

$$\sigma = \text{Tegangan Impak}$$

$$E = \text{Modulus Elastitas Aluminium } (7 \times 10^{10})$$

$$\epsilon_s = \text{Strain Faktor}$$

b. Perhitungan Nilai Strain Pada Pengujian 6 bar

$$e_0 = \frac{E}{4 K_s} \cdot \epsilon_0 \qquad e_0 = \frac{9}{4} \cdot 2,08 \cdot 14,08 = 65,66 \text{ Mpa}$$

$$e_0 = E / K_s \cdot \epsilon_s \qquad 4 e_0 = \frac{9}{4} \cdot 2,08 = 14,08$$

$$\epsilon_s = 4 \frac{4 \epsilon_0}{E K_s} \qquad \epsilon_s = e^x = \frac{4 \cdot 14,08}{9 \cdot 2,08} = 2,9 \text{ Mpa}$$

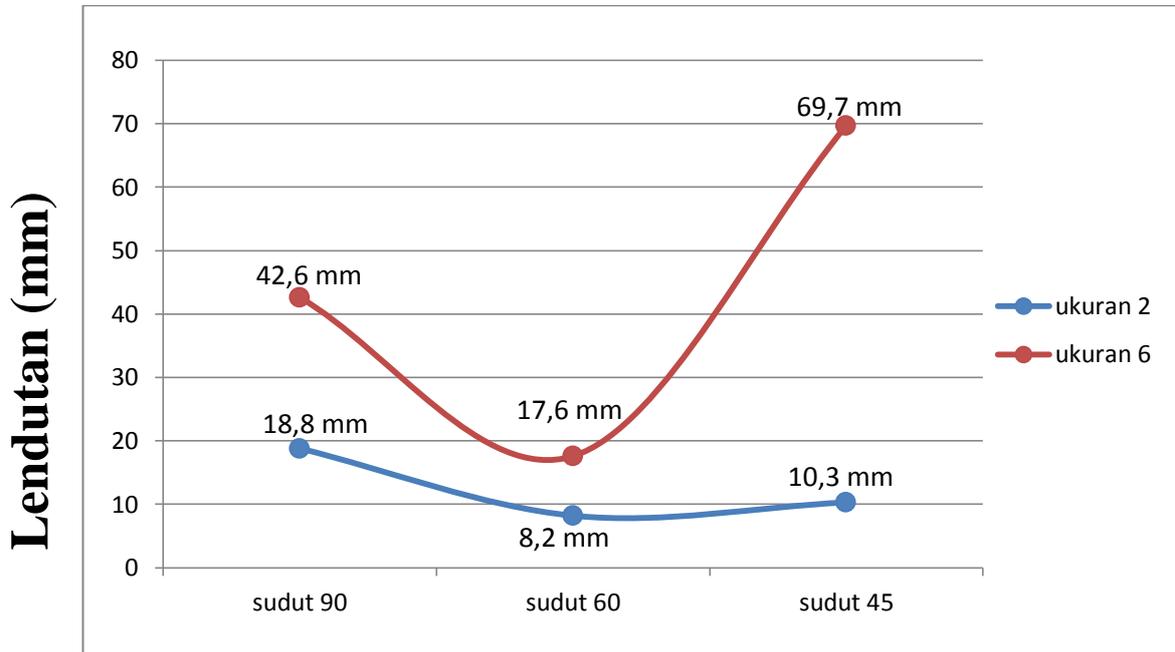
c. Perhitungan Tegangan Impak

$$\sigma = E \cdot \epsilon_s$$

$$\sigma = 700 \cdot 2,9$$

$$= 2,03 \text{ Mpa}$$

A. Perbandingan Lendutan Spesimen Ukuran 6 mm Dan 2 mm



Gambar 4.11 Hasil Perbandingan lendutan

B. Grafik Perbandingan Tegangan

Bar	Grafik	Tegangan
7		2,38 Mpa
6		2,03 Mpa

4.5 Pembahasan

Dari evaluasi di atas pada pengujian spesimen struktur sarang lebah dengan alat uji Hopkinson pressure bar dapat diketahui deformasi dan porforasi juga diperoleh grafik yang baik, mulai dari pengujian impact sudut 90° derajat maupun di impact dengan sudut 60° derajat, dan sudut 45° derajat, kemudian dapat diukur deformasi atau perubahan bentuk ketiga spesimen struktur sarang lebah yang hasilnya berbeda-beda, yang diakibatkan tumbukan striker dengan proyektil tajam yang menghantam spesimen hingga berlubang. Dan hasil dari pengujian ini akhirnya dapat diketahui sifat aluminium yang telah dibentuk komposit sarang lebah memiliki kelebihan khusus yaitu kekuatan yang keras dan elastis juga tidak mudah patah..

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian efek kecepatan pembebanan pada bahan aluminium terhadap kekuatan tarik impact. maka dapat diambil kesimpulan beberapa hal sebagai berikut :

1. Aluminium memiliki kekuatan tensil sebesar 90 Mpa, terlalu lunak untuk penggunaan yang luas sehingga seringkali aluminium dipadukan dengan logam lain. Secara umum, penambahan logam paduan hingga konsentrasi tertentu meningkatkan kekuatan tensil dan kekerasan, serta menurunkan titik lebur suatu material.
2. Split Hopkinson Pressure Bar menjadi metode untuk mendapatkan nilai tingkat regangan tinggi pada suatu material. Pada pengujian ini, penulis

melakukan dengan metode uji impak (*Tensile test*) Split Hopkinson Pressure Bar.

3. Spesimen yang dipakai menggunakan bahan material aluminium paduan, yang kedua ujungnya dibentuk dengan menggunakan ulir untuk menahan spesimen diantara input dan output bar, dan diletakkan sebuah collar agar dorongan tekan meneruskan gelombang ke input dan output bar melalui collar dan akan kembali memantul menjadi pembebanan impak,
4. Pengimpakan yang terjadi akibat beban tekanan angin pada spesimen uji yang panjang awalnya 210 mm, dan setelah melakukan pengujian impak, akan mengalami perubahan ukuran diameter. dengan tekanan 7 bar, setelah melakukan pengujian impak mengalami depormasi 176 mm. Lalu pengujian kedua dengan Sudut miting 60 drajat dan tekanan 7 bar, setelah melakukan pengujian impak mengalami depormasi 205 mm. Lalu pengujian ketiga dengan sudut Miring 45 drajat dan tekanan 7 bar, setelah melakukan pengujian impak mengalami perubahan depormasi 200 mm.
5. Semakin tinggi tekanan udara kompresor, maka depormasi pada spesimen semakin besar, begitu juga sebaliknya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian efek kecepatan pembebanan pada bahan aluminium terhadap kekuatan tarik impak kuran. Maka saya dapat menyarankan agar penulis berikutnya lebih baik dan dikembangkan lagi. :

1. Agar melengkapi peralatan-peralatan untuk pengujian suatu matrial. Sehingga penulis dapat melanjutkan penelitian-penelitian yang lebih baik, supaya dapat dilakukan di Lab Fakultas Teknik UMSU.
2. Bagi penulis selanjutnya diharapkan dalam melakukan perencanaan atau pengujian, sangat dibutuhkan ketelitian agar tidak terjadi kesalahan dalam pengambilan data.
3. Bagi penulis yang ingin melanjutkan penelitian tentang alat uji Hopkinson Pressure Bar khususnya pengujian impak ini, hendaknya melakukan penyempurnaan pada sistem pengoperasian data *Oscilloscope*.
4. Keselamatan kerja selalu diutamakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Angus J. Macdonald. (2002) *Struktur dan Arsitektur*. Jakarta: Erlangga.
- B.H. Amstead Phillip F. Ostwaid Myron L. Begeman. (1993) *Teknologi Mekanik*. Jakarta: Erlangga
- Daniel L. Schodek. (1999) *Struktur*. Jakarta: Erlangga.
- Balci Onur, Coban Onur, Akagundus Eyup, Yalcin Enver Bulent. (2016). Experimental Investigation of Single and Repeated Impact for Repaired Honeycomb Sandwich Structures. *Materials Science and Engineering A*. Vol.682 (2017), pp.23-30.
- Buitrago Brenda L., Santiuste Carlos, Saez Sonia Sanchez, Barbero Enrique, Navarro Carlos. (2009). Modelling of Composite Sandwich Structures with Honeycomb Core Subjected to High-Velocity Impact. *Composite Structures*. Vol.92 (2010), pp.2090-2096.
- Ebrahimi Hamid, Ghosh Ranajay, Mahdi Elsadig, Hashemi Hamid Nayeb. (2015). Honeycomb Sandwich Panel Subjected to Combined Shock and Projectile Impact. *Internasional Journal of Impact Engineering*. Vol.95 (2016), pp.1-11.

- Fatt M.S. Hoo, Park K.S. (1999). Perforation of Honeycomb Sandwich Plates by Projectiles. *Composites Part A : Applied Science and Manufacturing*, Vol.31 (2000), pp.889-899.
- Galehdari S.A., Kadkhodayan M., Hadidi-Moud S. (2015). Low Velocity Impact and Quasi-static In-plane Loading on a Graded Honeycomb Structure: Experimental, Analytical and Numerical Study. *Aerospace Science and Technology*. Vol.47 (2015), pp.425-433.
- Hau B., Pattofatto S., Li Y.L., Zhao H. (2010). Impact Behavior of Honeycomb Under Combined Shear-Compression. Part II: Analysis. *Internasional Jurnal of Solids and Structures*. Vol.48 (2011), pp.698-705.
- Liu Ping, Liu Yan, Zhang Xiong. (2015). Improved Shielding Structure with Double Honeycomb Cores Forhyper-velocity Impact. *Mechanics Research Communications*. Vol.3 (2015), pp.1-10
- Nguyen Khac-Ha, Kim Hee Cheol, Shin Hyunho, Yo0 Yo-Han, Kim Jong-Bong. (2016). Numerical Investigation Into the Stress Wave Transmitting Characteristics of Threads in the Split Hoopkinson Bar Test. *International Journal of Impact Engineering*. Vol.1 (2016), pp.1-29.
- NIIT. (2004) *Properties and Applications of Engineering Materials,(Metals, Alloys, Polymers, Ceramics and Composites)*. New Delhi: Prentice-Hal of India Private Limited.
- Qi Chang, Remennikov Alex, Pei Lian-Zhang, Yang Shu, Yu Zhi-Hang, Ngo Tuah D. (2017). Impact and Close-in Blast Responseof Auxetic Honeycomb-cored Sandwich Panel: Experimental Test and Numerical Simulations. *Composites Structure*. Vol.180 (2017), pp.161-178.
- Wang Zhonggang, Liu Jiefu, Lu Zhaijun, Hui David. (2016). Mechanical Behavior of Compositied Structure Filled with Tandem Honeycombs. *Composites Part B*. Vol.0 (2016), pp.1-25.
- Xu Ming-ming, Huang Guang-yan, Feng Shun-shan, Qin Xiang-yu, Mcshane G.J., Stronge W.J. (2015). Perforation Resistance of Aluminium Sandwich Structure. *Materials and Design*, Vol.0 (2016), pp.1-25.
- Zhang Kai, Deng Zichen, Meng Junmiao, Xu Xiaojion, Wong Yan. (2014). Symplectic Analysis of Dinamic Properties of Hexagonal Honeycomb Sandwich Tubes with Plateau Borders. *Jurnal of Sound and Vibration*. Vol.351 (2015), pp.177-188.
- Zhou K., Wu Z.Y. (2016). Strain Gauge Placement Optimization for Structural Performance Assessment. *Engineering Structures*. Vol.141 (2017), pp.184-197.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Ruhdi Iwan Puger
NPM : 1207230141
Tempat/ Tanggal Lahir : Simpang tiga/ 07 September 1994
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah`
Alamat : Kampung Mutiara, kec.Bandar, Pondok Baru
Kab,Bener Meriah Prov, Aceh
Nomor HP : 082304065195
Nama Orang Tua
Ayah : Gazali
Ibu : Hasni Laila

PENDIDIKAN FORMAL

2000-2006 : SD NEGRI 2 REDELONG, PONDOK BARU
2006-2009 : SMP NEGRI 1 BANDAR, PONDOK BARU
2009-2012 : SMK NEGRI 1 BENER MERIAH
2012-2018 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara