

TUGAS AKHIR

ANALISA FAKTOR DINAMIKA TERHADAP DEFORMASI TEKAN PADA STRUKTUR SARANG LEBAH DENGAN VARIASI UKURAN HEXAGONAL

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

IOBAL YAMIN
1407230226



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

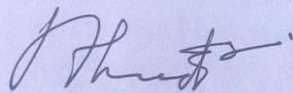
Nama : Iqbal Yamin
NPM : 1407230226
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisa Faktor Dinamika Terhadap Deformasi Tekan Pada Struktur Sarang Lebah Dengan Variasi Ukuran Hexagonal
Bidang ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 Maret 2019

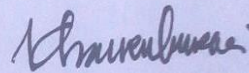
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



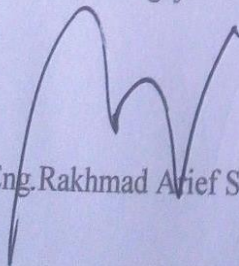
Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji II



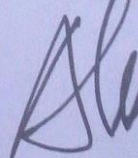
Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

Dosen Penguji IV



Sudirman Lubis, S.T., M.T



Program Studi Teknik Mesin
Ketua,

Affandi, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : IQBAL YAMIN
Tempat /Tanggal Lahir :Pinggir jati,20 Oktober 1996
NPM : 1407230226
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Analisa Faktor Dinamika Terhadap Deformasi Tekan Pada Struktur Sarang Lebah Dengan Variasi Ukuran Hexagonal”,

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

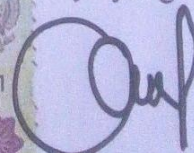
Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

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, 20 Maret 2019



Saya yang menyatakan,



Iqbal Yamin

ABSTRAK

Dalam perkembangan dunia industri terutama yang berhubungan dengan penelitian Pemanfaatan struktur sandwich dalam industri telah berkembang pesat. Beberapa industri yang membutuhkan konstruksi ringan, kaku dan kuat telah memanfaatkan struktur ini. Industri yang telah memanfaatkan struktur ini diantaranya industri pesawat terbang, perkapalan, otomotif dan bangunan. Maka dalam proses produksinya banyak menggunakan alat-alat atau mesin untuk menguji kualitas suatu material, salah satunya kekuatan dari material tersebut. Pada penulisan tugas akhir ini akan membahas suatu metode pengujian untuk memperoleh tegangan dan regangan pada struktur sarang lebah (aluminium honeycomb) dengan metode pengujian dampak dengan alat uji split hopkinson pressure bar horizontal. Pada metode ini material yang akan di uji akan mengalami deformasi akibat striker bar yang bergerak dengan dorongan angin yang diberikan oleh gas gun dengan tekanan Bar yang di tentukan kemudian menghantam input bar dan mengakibatkan terjadinya rambatan gelombang volt dan waktu pada software picoscope. dengan menggunakan sensor strain gauge kita dapat mengukur tegangan dan regangan .pada pengujian ini akan membandingkan pengujian dinamis dan statis. dengan menggunakan struktur sarang lebah (aluminium honeycomb) sebagai spesimen. Hasil akhir dari penelitian ini akan digambarkan dalam bentuk grafik Deformasi .dari pengujian dinamis di peroleh deformasi tertinggi yaitu spesimen hexagonal ukuran 6 mm tekanan 7 bar dengan data deformasi maksimum 0.42 Mpa. Sedangkan pada pengujian Statis di dapat hasil Deformasi Maksimum 1.542 Mpa pada spesimen hexagonal ukuran 6 mm. Dari hasil perhitungan tegangan antara Dinamis dan Statis Deformasi tertinggi didapat dari deformasi statis dikarenakan pada pengujian statis ada hasil gaya vs elongasi.

Kata Kunci: Aluminium Honeycomb, Split Hopkinson Pressure Bar Horizontal, Dinamis, Statis, Deformasi Faktor Dinamika

ABSTRACT

In the development of the industrial world, especially those related to research, the use of sandwich structures in the industry has grown rapidly. Some industries that require light, rigid and strong construction have utilized this structure. Industries that have utilized this structure include the aircraft, shipping, automotive and building industries. In the production process, many use tools or machines to test the quality of a material, one of which is the strength of the material. In this final assignment, we will discuss a test method for obtaining stress and strain on the honeycomb structure (aluminum honeycomb) with impact testing methods with split hopkinson presurre bar horizontal test equipment. which moves with the force of the wind given by the gas gun with a pressure bar which is then determined to hit the input bar and result in the propagation of volt waves and time in the picoscope software. By using a strain gauge sensor we can measure the voltage and strain. dynamic and static. using the honeycomb structure (aluminum honycomb) as a specimen. The final results of this study will be illustrated in the form of a Deformation graph. . Whereas the Static test results in a maximum Deformation of 1.542 Mpa in hexagonal specimens of 6 mm size. From the calculation of the voltage between Dynamic and Static The highest deformation is obtained from static deformation because there is a static vs elongation result.

Keywords: Aluminum Honycomb, Split Hopkinson Horizontal, Dynamic, Static Presure Bar, Dynamics Deformation

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa faktor dinamika terhadap deformasi tekan pada struktur sarang lebah dengan variasi ukuran hexagonal” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

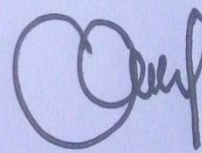
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Eng, Rakhmad Arief Siregar selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Sudirman Lubis S.T., M.T, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT , selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Khairul Umurani , ST , MT, selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, , sekaligus sebagai Wakil Dekan III, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Bapak Affandi, ST , MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Chandra A Siregar, ST , MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST , MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik Mesin an kepada penulis.
9. Orang tua penulis: Ibu, Bapak , yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Sahabat-sahabat Seperjuangan 014 Himpunan Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membantu dan telah banyak mengajarkan mengajarkan penulis dengan hal hal yang baru dalam tugas sarjana ini .

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 20 Maret 2019



Iqbal Yamin

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.4.1 Tujuan Umum	2
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Bagi Akademik	3
1.5.2 Bagi Penulis	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Teori Komposit	5
2.1.1. Klasifikasi Komposit	5
2.2. Teori Alumunium	6
2.2.1. Paduan Alumunium	7
2.2.2. Sifat Alumunium	7
2.3. Sarang Lebah (<i>Honycomb</i>)	8
2.3.1 Konstruksi Sarang Lebah	9
2.3.2 Kegagalan Konstruksi Sarang Lebah	10
2.3.3 Struktur Sarang Lebah (<i>Honycomb</i>)	11
2.3.4 Fenomena Struktur Pada Sarang Lebah	13
2.4. Deformasi	13
2.4.1. Tegangan (<i>Stress</i>)	14
2.4.2. Regangan (<i>Strain</i>)	15
2.5. Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB)	16
2.5.1 Sejarah Perkembangan Split Hopkinson Pressure Bar	16
2.5.2 Prinsip Kerja Split Hopkinson Pressure Bar	17
2.6 Tumbukan (<i>Impak</i>)	20
2.7 Sensor Strain Gage (<i>Strain gauge</i>)	21
2.8 Persamaan Rumus Jembatan (<i>Wheat Stone</i>) Strain gauge	21
2.9 Faktor Dinamika	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	25

3.1	Tempat dan Waktu	25
3.1.1	Tempat	25
3.1.2	Waktu	25
3.1.3	Bahan Dan Alat	26
3.1.3.1	Bahan	26
3.1.3.2	Alat	27
3.2	Diagram Alir	33
3.2.1	Membuat Cetakan Spesimen Struktur Sarang Lebah Ukuran 4mm	34
3.2.2	Membuat Spesimen Struktur Sarang Lebah	34
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1	Hasil Pembuatan Cetakan Spesimen 4mm	38
4.2	Hasil Pembuatan Spesimen Sarang Lebah	38
4.3	Hasil Proses Pembuatan Spesimen Struktur sarang lebah	39
4.4	Hasil Prosedur Pengujian	44
4.5	Data Pengujian Impak Pada Spesimen Ukuran 2 mm tekanan 6 Bar	49
4.5.1	Hasil Pengujian Impak	49
4.5.2	Mengukur Deformasi Benda Uji	50
4.6	Data Pengujian Impak Pada Spesimen Ukuran 4 mm tekanan 6 Bar	50
4.6.1	Hasil Pengujian Impak	51
4.6.2	Mengukur Deformasi Benda Uji	51
4.7	Data Pengujian Impak Pada Spesimen Ukuran 6 mm tekanan 6 Bar	52
4.7.1	Hasil Pengujian Impak	52
4.7.2	Mengukur Deformasi Pada Benda Uji	52
4.8	Grafik Deformasi Tekanan 6 bar	53
4.9	Data Pengujian Impak Pada Spesimen Ukuran 2 mm tekanan 7 Bar	53
4.9.1	Hasil Pengujian Impak	54
4.9.2	Mengukur Deformasi Benda Uji	54
4.10	Data Pengujian Impak Pada Spesimen Ukuran 4 mm tekanan 7 Bar	55
4.10.1	Hasil Pengujian Impak	55
4.10.2	Mengukur Deformasi Benda Uji	55
4.11	Data Pengujian Impak Pada Spesimen Ukuran 6 mm tekanan 7 Bar	56
4.11.1	Hasil Pengujian Impak	56
4.11.2	Mengukur Deformasi Pada Benda Uji	57
4.12	Grafik Deformasi Tekanan 7 bar	57
4.13	Data Pengujian <i>Strain</i> Impak	58
4.13.1	Grafik Hasil Pengujian 6 Bar	58
4.13.2	Grafik Hasil Pengujian 7 Bar	58
4.14	Hasil dan Pembahasan	59
4.15	Grafik Perbandingan Deformasi Dinamis	59
4.16	Grafik Faktor Dinamika	61
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1.	Kesimpulan	62
5.2.	Saran	62
	DAFTAR PUSTAKA	63

**LAMPIRAN
LEMBAR ASISTENSI
DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Mekanik Bahan Aluminium	8
Tabel 2.2	Modulus Elastitas Bahan	16
Tabel 3.1	Jadwal Waktu Dan Penelitian saat Melakukan Penelitian	25
Tabel 3.2	Sifat Mekanik Bahan Aluminium	26
Tabel 4.1	Data Percobaan Kasus 1 tekanan 6 Bar	49
Tabel 4.2	Data Percobaan Kasus 2 tekanan 6 Bar	50
Tabel 4.3	Data Percobaan Kasus 3 tekanan 6 Bar	52
Tabel 4.4	Data Percobaan Kasus 1 tekanan 7 Bar	53
Tabel 4.5	Data Percobaan Kasus 2 tekanan 7 Bar	55
Tabel 4.6	Data Percobaan Kasus 3 tekanan 7 Bar	56
Tabel 4.7	Data Hasil Percobaan Pengujian Impak	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bentuk Sarang Lebah	9
Gambar 2.2	Kontruksi Sarang Lebah	10
Gambar 2.3	Bentuk Sel Sarang Lebah	12
Gambar 2.4	Spesifikasi Sarang Lebah	12
Gambar 2.5	Struktur Sarang Lebah	13
Gambar 2.6	Bagian Utama Split Hopkinson Pressure Bar	18
Gambar 2.7	Grafik strain gage keluaran sinyal input dan output bar	18
Gambar 2.8	Skema Split Hopkinson Pressure Bar	19
Gambar 2.9	Proses terjadinya tumbukan	20
Gambar 2.10	Skema tumbukan 2 bar	22
Gambar 2.11	Rangkaian jembatan <i>Wheatstone</i>	24
Gambar 3.1	Lembaran Aluminium	26
Gambar 3.2	Lem Fox	27
Gambar 3.3	Cetakan Spesimen Hexagonal Ukuran 2 mm	27
Gambar 3.4	Cetakan Spesimen Hexagonal Ukuran 4 mm	27
Gambar 3.5	Cetakan Spesimen Hexagonal Ukuran 6 mm	27
Gambar 3.6	Martil	28
Gambar 3.7	Penggaris	28
Gambar 3.8	Pisau <i>cutter</i>	28
Gambar 3.9	Alat Uji Split Hopkinson Pressure Bar(SHPB)	29
Gambar 3.10	Sensor strain Gage	29
Gambar 3.11	<i>Breadge box</i>	29
Gambar 3.12	Picoscope	30
Gambar 3.13	Laptop	30
Gambar 3.14	Kompresor	31
Gambar 3.15	Solenoid valve	31
Gambar 3.16	Selang angin	31
Gambar 3.17	Jangka sorong digital	32
Gambar 3.18	Tombol <i>Swich</i>	32
Gambar 3.19	Diagram Alir	33
Gambar 3.20	Dimensi Cetakan Spesimen Struktur Sarang Lebah Ukuran 4 mm	34
Gambar 3.21	Dimensi Spesimen Struktur Sarang lebah ukuran 2mm	34
Gambar 3.22	Dimensi Spesimen Struktur Sarang lebah ukuran 4mm	34
Gambar 3.23	Dimensi Spesimen Struktur Sarang lebah ukuran 6mm	35
Gambar 4.1	Hasil Cetakan Spesimen	47
Gambar 4.2	Hasil Pembuatan Spesimen Ukuran 2 mm	47
Gambar 4.3	Hasil Pembuatan Spesimen Ukuran 4 mm	48
Gambar 4.4	Hasil Pembuatan Spesimen Ukuran 6 mm	48
Gambar 4.5	Mengukur Plat Aluminium	39
Gambar 4.6	Memberi Alur Pada Plat Aluminium	40
Gambar 4.7	Menekuk Plat Aluminium	40
Gambar 4.8	Mencetak Spesimen	40
Gambar 4.9	Mengelem Core Ukuran 2 mm	41

Gambar 4.10	Mengelem Core Ukuran 4 mm	41
Gambar 4.11	Mengelem Core Ukuran 6 mm	41
Gambar 4.12	Spesimen Sarang Lebah Ukuran 2 mm	41
Gambar 4.13	Spesimen Sarang Lebah Ukuran 4 mm	42
Gambar 4.14	Spesimen Sarang Lebah Ukuran 6 mm	42
Gambar 4.15	Pengeleman Permukaan Skin	42
Gambar 4.16	Memasang Skin Ukuran 2mm	42
Gambar 4.17	pemasangan skin ukuran 4 mm	43
Gambar 4.18	Pemasangan skin ukuran 6 mm	43
Gambar 4.19	Pengepresan spesimen ukuran 2 mm	43
Gambar 4.20	Pengepresan spesimen ukuran 4 mm	43
Gambar 4.21	Pengepresan spesimen ukuran 6 mm	44
Gambar 4.22	Shit up Alat uji Split Hopkinson pressure bar	44
Gambar 4.23	Pemansangan Selenoid	45
Gambar 4.24	Tombol Switch	45
Gambar 4.25	Tekanan Angin	45
Gambar 4.26	Memasang Selang Angin	45
Gambar 4.27	Memasang Selang Agin Kompresor	46
Gambar 4.28	Memasang Strain Gauge	46
Gambar 4.29	Memasang Spesimen Uji	46
Gambar 4.30	Wheatstrone Bridge (Bridge Box)	46
Gambar 4.31	Menghubungkan Picoscope	47
Gambar 4.32	Penyetelan Picoscope	47
Gambar 4.33	Memeriksa Sinyal Gelombang	47
Gambar 4.34	Menyetel Software Picoscope	47
Gambar 4.35	Membuka Kran Udara	48
Gambar 4.36	Menekan Tombol Switch	48
Gambar 4.37	Proses Pengujian Spesimen	48
Gambar 4.38	Menyimpan Hasil Data	49
Gambar 4.39	Spesiemen 2 mm Sebelum di uji	49
Gambar 4.40	Spesimen 2 mm sesudah di uji	50
Gambar 4.41	Pengukuran Deformasi Spesimen 2 mm Tekanan 6 Bar	50
Gambar 4.42	Spesiemen 4 mm Sebelum di uji	51
Gambar 4.43	Spesimen 4 mm sesudah di uji	51
Gambar 4.44	Pengukuran Deformasi Spesimen 4 mm Tekanan 6 Bar	51
Gambar 4.45	Spesiemen 6 mm Sebelum di uji	52
Gambar 4.46	Spesimen 6 mm sesudah di uji	52
Gambar 4.47	Pengukuran Deformasi Spesimen 6 mm Tekanan 6 Bar	53
Gambar 4.48	Grafik Deformasi Tekanan 6 Bar	53
Gambar 4.49	Spesiemen 2 mm Sebelum di uji	54
Gambar 4.50	Spesimen 2 mm sesudah di uji	54
Gambar 4.51	Pengukuran Deformasi Spesimen 2 mm Tekanan 7 Bar	54
Gambar 4.52	Spesiemen 4 mm Sebelum di uji	55
Gambar 4.53	Spesimen 4 mm sesudah di uji	55
Gambar 4.54	Pengukuran Deformasi Spesimen 4 mm Tekanan 7 Bar	56
Gambar 4.55	Spesiemen 6 mm Sebelum di uji	57
Gambar 4.56	Spesimen 6 mm sesudah di uji	57
Gambar 4.57	Pengukuran Deformasi Spesimen 6 mm Tekanan 7 Bar	57

Gambar 4.58	Grafik Deformasi Tekanan 7 Bar	57
Gambar 4.59	Grafik Tegangan vs Waktu Tekanan 6 Bar	58
Gambar 4.60	Grafik Tegangan vs Waktu Tekanan 7 Bar	59
Gambar 4.61	Grafik Perbandingan Deformasi Dinamis	60
Gambar 4.62	Grafik Deformasi Statis	61
Gambar 4.63	Grafik faktor dinamika	61
Gambar 4.64	Grafik faktor dinamika	62

DAFTAR NOTASI

Notasi		Satuan
E	= Modulus elastisitas	(Mpa)
σ	= Tegangan	(MPa)
ε	= Regangan	(mm/mm)
δ	= Defleksi/Lendutan	(mm)
L	= Panjang	
P	= Tekanan	(kg/m.s ²)
A	= Luas Penampang	(mm ²)
F	= Gaya (beban)	(Kgf)
L ₁	= Panjang awal	(mm)
L ₂	= Panjang akhir	(mm)
S	= Waktu	
ε_i	= gelombang regangan	
L ₀	= panjang specimen	
ε_t	= Gelombang kembali	
ε_r	= Gelombang pantulan	
ε_0	= Regangan	
e_0	= Output voltage baterai	(v)
E	= Baterai	(v)
Ks	= Gage factor pada strain gauge	
Δ	= Deformasi	(mm)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada saat ini berkembang sangat pesat seiring dengan berjalannya waktu dan berkembangnya pola pikir manusia. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan manusia akan kemudahan dan efisiensi dalam bidang perindustrian.

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.

Beban terhadap aplikasi struktur tidak hanya diperoleh dari beban statis (*statis loading*) tetapi juga dari beban dinamis (*dynamic loading*). Kekuatan impact suatu material menunjukkan kemampuan dari material untuk menyerap dan menghilangkan energi pada saat menerima benturan atau beban kejutan (Mallick, 1998). Pengujian impact *drop weigh* atau uji tumbukan (*crash test*) dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan lentur material aluminium. Pengujian ini biasanya dilakukan pada material untuk aplikasi otomotif, struktur industri dan aerospace. Pada tahun 1980, FIA melakukan pengujian *crash box* pada proto type CN2. *Cash test* digunakan sebagai acuan seberapa besar material dapat melakukan peredaman tumbukan sehingga mengurangi kerugian yang serius ketika terjadi kecelakaan.

Bentuk dari pada struktur sarang lebah (*honeycomb*) ini adalah berbentuk hexagonal dan berongga di tengahnya, akibat dari bentuk struktur ini yang dapat menyebabkan struktur menjadi sangat ringan.

Dalam penelitian ini penulis ingin membuat suatu bahan material aluminium yang berbentuk struktur *honeycomb* dan melakukan pengujian impak untuk mengamati tegangan dan regangan (*stress and strain*). Pengujian ini dilakukan menggunakan alat uji Split Hopkinson Bar. Pada dasarnya metode uji Split Hopkinson Pressure Bar merupakan pistol gas yang dibebankan dengan gas angin.

Dengan Latar belakang ini maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul: “Analisa faktor dinamika terhadap deformasi tekan pada struktur sarang lebah dengan variasi ukuran hexagonal”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah di dalam penelitian ini adalah:

- a. Seberapa besar deformasi yang terjadi untuk setiap pembebanan yang dilakukan pada material aluminium yang berbentuk hexagonal bervariasi, yang dilakukan pada metode impak Split Hopkinson Pressure Bar.
- b. Serta bagaimana cara menganalisa hasil faktor dinamika terhadap deformasi tekan pada struktur sarang lebah dengan variasi ukuran hexagonal.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan untuk menghindari pembahasan atau pengkajian yang tidak terarah agar dalam pemecahan masalah dapat mudah dilaksanakan. Maka penulis akan membahas masalah yang berkaitan dengan

- a. Ukuran hexagonal pada struktur sarang lebah yang di gunakan adalah diameter 2 mm, 4 mm dan 6 mm, dengan bahan aluminium.
- b. Pengujian menggunakan alat uji Split Hopkinson Pressure Bar.

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengetahui “Analisa faktor dinamika terhadap deformasi tekan pada struktur sarang lebah dengan variasi ukuran hexagonal”.

1.4.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dalam penelitian ini. Diantaranya sebagai berikut:

- a. Untuk membangun 3 (tiga) profil sarang lebah 2,4 dan 6 mm.

- b. Untuk menganalisa hasil deformasi pada pengujian dinamis.
- c. Untuk mengetahui faktor dinamika pada uji tekan impak pada aluminium honeycomb menggunakan alat uji split hopkinson presurre bar dan berlanjut kehasil uji satatis dan dinamis.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat mekanis aluminium pada struktur sarang lebah dan bagi peneliti dipergunakan sebagai laporan tugas akhir, dimana menjadi salah satu syarat sarjana Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Manfaat penelitian bertujuan agar dapat digunakan sebagai referensi dan bahan pertimbangan dalam penelitian pengembangan analisa faktor dinamika terhadap deformasi tekan pada struktur sarang lebah yang bervariasi ukuran 2 mm,4 mm, dan 6 mm selanjutnya. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan baru terhadap material yang memiliki sifat mekanis yang baik dan di aplikasikan dalam dunia industri.

1.5.1 Bagi Akademik

Adapun manfaat yang dapat diperoleh oleh mahasiswa, diantaranya:

- a. Menambah pengetahuan tentang pengujian kekuatan material aluminium yang bervariasi ukuran 2 mm,4 mm, dan 6 mm dengan menggunakan metode Split Hopkinson Pressure Bar.
- b. Menambah pengetahuan pembebanan faktor dinamika terhadap deformasi tekan pada struktur sarang lebah.

1.5.2 Bagi Penulis

- a. Untuk mengetahui kekuatan uji impak dengan menggunakan metode Split Hopkinson Pressure Bar dengan menggunakan spesimen Aluminium.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang teori yang digunakan seperti karakteristik dan gambar skema perencanaan komponen utama.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang tempat dan waktu percobaan, material yang akan diuji, bentuk tiap komponen.

BAB 4 ANALISA DATA

Analisa data, berisi tentang hasil dari pengujian bahan aluminium dengan uji kekuatan impak melalui grafik.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran, berisi tentang hasil pengujian yang dilakukan pada spesimen setelah diuji impak.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Komposit

Komposit adalah suatu bahan hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing masing bahan berbeda satu sama lainnya, baik sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut.

Bahan komposit pertama kali digunakan di Pesawat Militer di Indonesia 1960-an dan kemudian diperluas ke Pesawat Sipil pada tahun 1970-an. Tapi, produsen Pesawat terbang lebih lambat memanfaatkan komposit di primer bagian struktural sampai tahun 2000-an. Sebagai produsen pesawat terbang terkemuka, komposit di gunakan tidak hanya untuk sifat strukturalnya, tetapi juga untuk Kelistrikan, Suhu, Tribologikal, dan Lingkungan Aplikasi. Material komposit modern biasanya dioptimalkan untuk mencapai suatu keseimbangan sifat tertentu untuk berbagai aplikasi yang diperlukan.

Cara paling efektif untuk mencapai penurunan berat badan adalah penggunaan alternatif, ringan bahan. Bahan komposit sangat ideal untuk tujuan ini karena spesifikasinya yang tinggi modulus dan kekuatan, serta stabilitas kimia yang baik. Oleh karena itu, penerapan bahan komposit di industri otomotif memiliki sejarah panjang, membantu menghasilkan kendaraan ramah lingkungan dan hemat energi sekaligus mencapai penurunan berat badan.

2.1.1 Klasifikasi Komposit

Serat komposit berdasarkan penguat dapat di kategorikan oleh komposisi Kimia, Morfologi Struktural, dan Komersional Fungsi. Komposit diklasifikasikan dalam dua tingkat yang berbeda. Tingkat pertama yaitu termasuk komposit organik matrik (OMCS), komposit logam matrik (MMC) dan komposit keramik matrik (CMC). Tingkat kedua yaitu komposit polimer matrik (PMC). Fungsi penting matriks dalam komposit yaitu:

- a. Mengikat serat menjadi satu dan menransfer beban keserat hal ini akan menghasilkan kekakuan dan membentuk struktur komposit.

- b. Mengisolasi serat sehingga serat tunggal dapat berlaku terpisah. Hal ini dapat menghentikan atau memperlambat penyebaran retakan.
- c. Memberikan suatu permukaan yang lebih baik kualitas akhir komposit dan menyokong produksi bagian yang berbentuk benang-benang.
- d. Memberikan perlindungan untuk memepkuat serat terhadap serangan kimia dan kerusakan mekanik karena pemakaian.
- e. Berdasarkan matrik yang di gunakan, karakteristik performansi meliputi kelenturan, kekuatan impak, dan sebagainya juga turut dipengaruhi. Sebuah matrik yang ulet akan meningkatkan ketangguhan struktur komposit.

Berdasarkan strukturnya komposit di bedakan atas tiga bagian yaitu:

- a. *Fibrous Composite Materials* (komposit serat) terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matrik dan serat.
- b. *Particulate Composite Materials* (komposit partikel) merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel/butiran sebagai *filler* (pengisi), partikel logam atau non logam dapat digunakan sebagai *filler*.
- c. *Structural Composite Materials* (komposit berlapis) minimal terdiri dari dua material yang berbeda yang direkatkan bersama-sama. Proses dilakukan dengan menggabungkan aspek yang terbaik dari setiap masing-masing lapisan untuk memperoleh hasil yang baik.

2.2 Teori aluminium

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dsb. Material ini digunakan di dalam bidang yang luas bukan hanya untuk peralatan rumah tangga saja tetapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi.

Mengolah biji logam menjadi aluminium (Al) memerlukan energi yang besar, sedangkan sumber biji aluminium semakin sedikit. Salah satu usaha untuk mengatasi hal ini adalah dengan melakukan daur ulang. Karena keterbatasan yang

ada seperti pada industri kecil (kasus pengecoran pada industri kecil) tidak semua menggunakan bahan baku murni, tetapi memanfaatkan aluminium sekrap atau pun reject material dari peleburan sebelumnya untuk dituang ulang (*remelting*).

Dari hasil pengecoran industri kecil pada saat digunakan mengalami beban berulang dan kadang kadang beban kejut sehingga peralatan tersebut harus mendapat jaminan kerusakan akibat retak,lelah sehingga aman dalam penggunaan atau bahkan mempunyai usia pakai yang lebih lama.

2.2.1 Paduan aluminium

Unsur utama aluminium ialah silikon, tembaga dan magnesium. Silikon meningkatkan kekerasan dan ketahanan terhadap korosi, tembaga meningkatkan sifat mekanik dan magnesium meningkatkan beban bertambah ringan selain itu meningkatkan ketahanan terhadap impact .

2.2.2 Sifat aluminium

a. Berat Aluminium

Aluminium punya sifat yang ajaib, ia punya densitas yang rendah hanya sepertiga dari kepadatan atau densitas dari logam baja.Densitas dari logam ini hanya $2,7 \text{ g/cm}^3$ atau kalau dikonversikan ke kg/m^3 menjadi 2.700 kg/m^3 . Kepadatan yang relatif kecil membuatnya ringan tapi sama sekali tidak mengurangi kekuatannya.

b. Kekuatan Aluminium

Berbagai paduan logam aluminium memiliki kekuatan tarik antara 70 hingga 700 mega pascal.Kekuatan yang sangat besar. Sifat aluminium ini unik tidak seperti baja. Pada suhu rendah baja akan cenderung rapuh tapi sebaliknya dengan aluminium.Pada suhu rendah kekuatannya akan meningkat dan pada suhu tinggi malah menurun.

c. Pemuaan Linier

Jika dibandingkan dengan logam lain,aluminium punya koefisien ekspansi linier yang relatif besar.

d. Mesin

Bahan aluminium sangat aplikatif untuk berbagai jenis mesin seperti tipe mesin drilling,potong,keprok,bending,dan sebagainya

e. Kondiktivitas

Sifat konduktivitas panas dan listrik aluminium sangat baik. Luar biasanya lagi konduktor dari aluminium beratnya hanya setengah dari konduktor yang terbuat dari bahan tembaga.

f. Reflektor

Aluminium adalah reflektor cahaya tampak yang baik. Sifat aluminium ini juga berlaku untuk pemancaran panas.

g. Tahan karat (Korosi)

Aluminium beraksi dengan oksigen diudara membentuk lapisan oksida tipis yang ampuh melindungi bahan logam dari korosi.

h. Non Magnetik

Aluminium adalah bahan non magnetik. Karena sifatnya ini maka aluminium sering digunakan sebagai alat dalam perangkat yang menggunakan magnet.

i. Tidak beracun

Logam aluminium punya sifat tidak beracun sama sekali. Ia berada pada urutan ketiga setelah oksigen dan silikon unsur yang paling banyak di kerak bumi. Beberapa senyawa aluminium juga secara alami terbentuk dalam makanan yang kita konsumsi setiap hari.

Adapun sifat-sifat fisik dan mekanik aluminium dijelaskan pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1: Sifat Mekanik Bahan Aluminium

No	Sifat	Keterangan
1	Densitas	2.8 g/cm^2 (170 lb/ft^2)
2	Yield Strenght	47 to 220 MPa ($6.8 \text{ to } 32 \times 10^3 \text{ psi}$)
3	Modulus Young	69 GPa ($10 \times 10^6 \text{ psi}$)
4	Poison Ratio	0,33

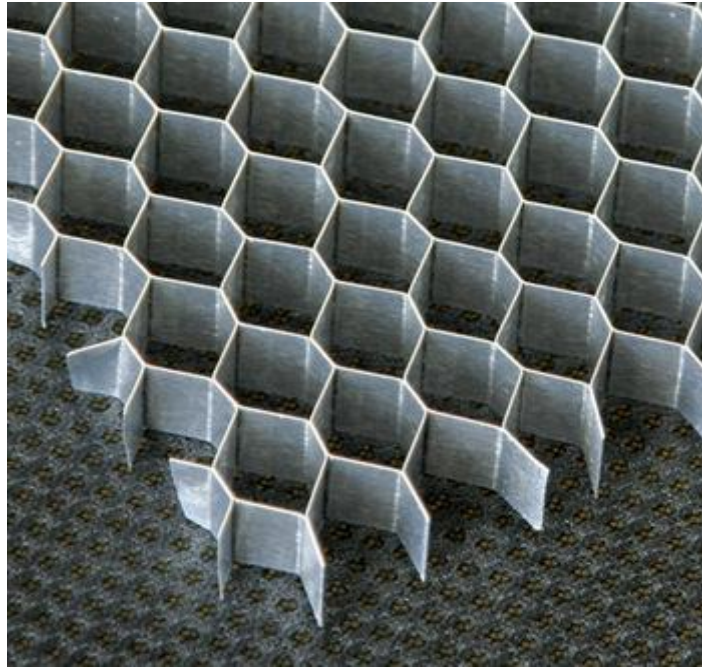
2.3 Sarang Lebah (*Honycomb*)

Sarang lebah (*Honeycomb*) adalah struktur buatan manusia yang mempunyai geometri yang berbentuk segi enam beraturan dengan panjang dan sisi sudut yang sama. Bentuk ini memungkinkan material memiliki bobot minimal dengan kekakuan dan daya tahan yang tinggi namun tetap memiliki biaya produksi yang rendah. Bentuk ini umumnya digunakan pada aplikasi

Kedirgantaraan, Transportasi, Kontruksi Bangunan dan banyak lagi Industri-Industri yang lainnya, Bentuk sarang lebah seperti gambar 2.1.

Bentuk sarang lebah (*Honeycomb*) memiliki kelebihan dibanding dengan material konvensional lainnya, antara lain:

1. Ringan
2. Memiliki kekuatan yang baik
3. Tahan lama
4. Mengurangi biaya produksi



Gambar 2.1 Bentuk Sarang Lebah. <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/aluminum-partition-wall-aluminum-honeycomb-core-used-for-deodorant-raw-materials-60378961826.html>

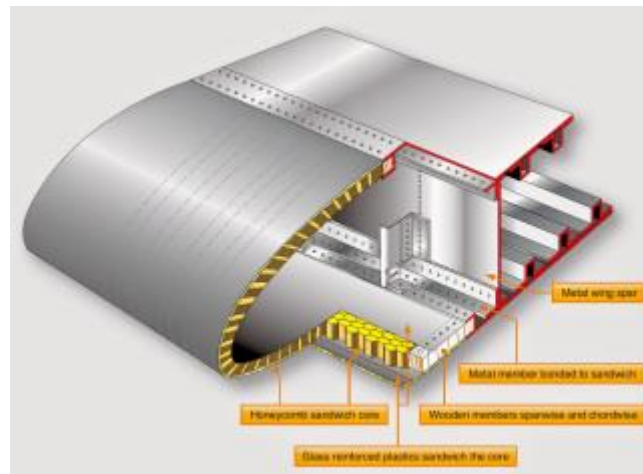
2.3.1 Konstruksi Sarang Lebah

Konstruksi sarang lebah ini merupakan konstruksi berlapis atas lembaran tipis bermodulus tinggi (kulit kuat) dan inti ringan. Permukaan menahan beban, inti membatasi permukaan serta memindahkan gaya-gaya geser, diantaranya agar efektif seputar sumbu bersama.

Semasa perang dunia II konstruksi sarang lebah berdasarkan panel berkulit *plywood* berinti sarang lebah, sekarang polimer lebih banyak digunakan pada bagian sayap dan ekor pesawat terbang.

Selain aplikasi industri kedirgantaraan, dimasa ini konstruksi sarang lebah banyak juga digunakan pada bagian dari transportasi salahsatunya badan mobil FI, alat-alat olahraga, struktur kapal dan industri migas.

Pemakaian secara luas konstruksi sarang lebah ini tidak terlepas dari sifat unggul yang dimiliki seperti, keutuhan struktur, konduktivitas panas rendah, kemampuan menahan beban lentur, impak maupun meredam getaran dan suara.



Gambar 2.2 Kontruksi Sarang lebah

<https://desetyawan.wordpress.com/2016/11/30/first-blog-post/>

Dirancang untuk ketahanan terhadap ledakan. struktur sandwich bisa menghasilkan lebih besar disipasi energi dari pada pelat monolitik dengan densitas areal yang sama.

Kemampuan sarang lebah panel telah diteliti secara experimental dan secara numerik. Persamaan batas balistik adalah diperoleh berdasarkan serangkaian hasil eksperimen (Hamid Ebrahimi .2016)

2.3.2 Kegagalan konstruksi sarang lebah

Desain kontruksi dan kerusakan mekanisme kegagalan kontruksi sarang lebah telah dipelajari oleh banyak peneliti. Namun, studi ini masih di tahap awal karena kompleksitas kerusakan baik dari kontruksi maupun kerusakan mekanisme. Tiga modulus kegagalan diamati pada kegagalan *core*, kegagalan wajah atas, dan robek (Ahmad Partovi Meran 2014). Banyak model dan metode yang telah dipresentasikan, termasuk teoritis deduksi, pengukuran eksperimental, dan simulasi numerik, namun sebagian besar studi menderita banyak keterbatasan.

2.3.3 Struktur Sarang Lebah (*Honeycomb*)

Struktur *Honeycomb* terdiri dari berbagai macam material dan konfigurasi yang tidak terbatas. Struktur *Honeycomb* umumnya terbuat dari material komposit, sehingga didapatkan massa yang ringan terhadap konstruksi tersebut. Selain ditujukan kepada massa material konstruksi yang ringan, juga di dapatkan tingkat fleksibilitas yang cukup besar dari pemilihan material komposit tersebut. Pertimbangan struktural pada sarang lebah (*Honeycomb sandwich*) yaitu:

a. Kekuatan

Inti dari struktur Honeycomb Sandwich ini dan material lapisan yang memiliki sifat mekanik yang baik dapat menghasilkan peningkatan material terhadap kekuatannya. Selain itu perawatan terhadap kerusakan maupun kecacatan material harus selalu diperiksa berjangka untuk memastikan bahwa tidak ada perubahan bentuk atau kelainan lainnya yang dapat membuat konstruksi dari Honeycomb Sandwich tersebut berkurang kekuatannya.

b. Kekakuan

Struktur Honeycomb Sandwich yang sering digunakan untuk mendapatkan kekakuan yang tinggi dan juga bobot yang ringan. Gaya geser yang bekerja pada core relative rendah, namun pemilihan material yang tepat harus tepat untuk memungkinkan tegangan geser yang terjadi. Selain itu factor perekatan lapisan material atas dan bawah terhadap inti (*core*) juga berpengaruh terhadap pertimbangan struktural ini.

c. Temperatur

Pemilihan material yang tepat terhadap Honeycomb Sandwich untuk dapat bekerja secara baik umumnya berkisar pada temperatur -55°C - 170°C .

d. *Flammability*

Flammability ini terdiri dari 3 yaitu:

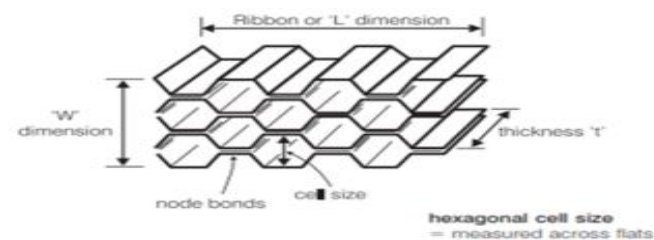
- Tidak terbakar (tahan mula terbakar)
- Dapat mengurangi penyebab peningkatan api ketika terbakar
- Dapat memisahkan terjadinya peningkatan terbakar pada material

e. *Heat Transfer*

Perpindahan panas seperti konduksi, konveksi dan radiasi bergantung kepada pemilihan material tersebut. Akan tetapi struktur Honeycomb Sandwich

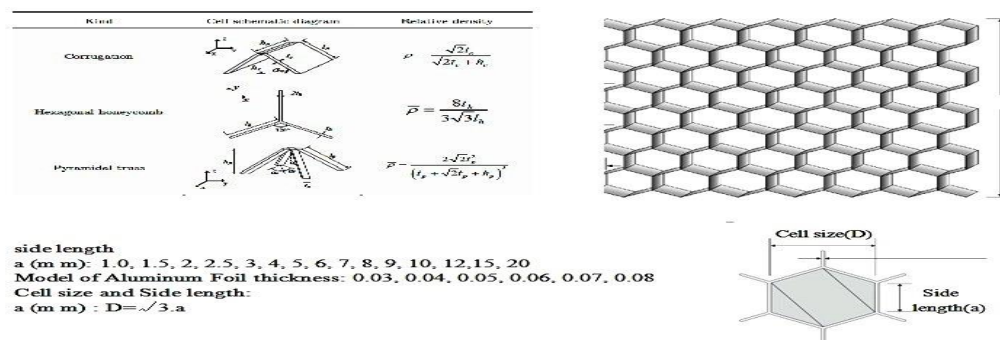
lebih baik untuk ketiga perpindahan panas tersebut dibandingkan dengan struktur konvensional lainnya.

Umumnya bentuk sel pada struktur Honeycomb Sandwich ini berbentuk segi enam dengan ukuran yang berbeda-beda sesuai kebutuhan dan memungkinkan ada pengembangan selanjutnya yang memvariasikan bentuk-bentuk khusus guna mendapatkan karakteristik tertentu dari penggunaan Honeycomb Sandwich ini. Gambar 2.3 sel segi enam *Honeycomb Sandwich* dan spesifikasi pada gambar 2.4 beserta penjelasannya.



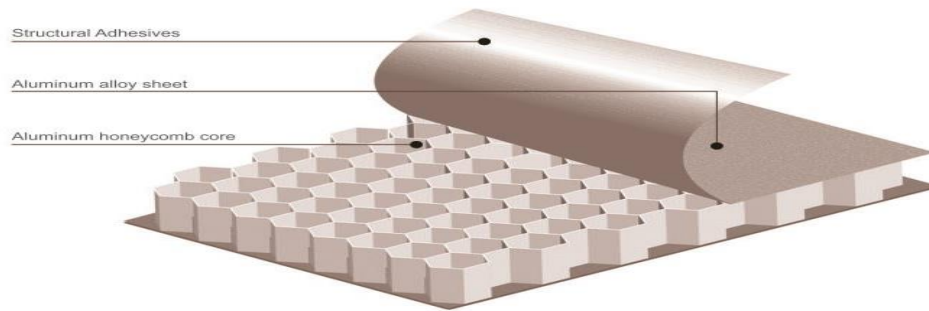
Gambar 2.3 Bentuk Sel Sarang Lebah

<https://desetyawan.wordpress.com/2016/11/30/first-blog-post/>



Gambar 2.4 Spesifikasi Sarang Lebah http://www.al-honeycomb-panels.com/product_3003-5052-alloy-aluminium-honeycomb-cores-for-sandwich-panels_8943.html

Goldsmith dan Sackman, menemukan bahwa daya tahan sarang lebah oleh lekukan lokal (yaitu oleh *indenters* dengan luas proyeksi yang lebih kecil dari luas permukaan sarang lebah) sekitar 15-18% lebih tinggi dari itu karena menghancurkan piring dengan *cross* daerah penampang sebagai indenter. Seperti gambar 2.5 struktur sarang lebah.



Gambar 2.5 Struktur Sarang Lebah <https://www.acebond.net/aluminum-honeycomb-panel/ahp-ceiling/aluminium-honeycomb-ceiling.html>

Struktur sarang lebah ini juga akan memberikan karakteristik yang sangat bagus pada konstruksi material, seperti :

- a. Mempunyai kestabilan yang tinggi dan tidak mudah mengalami perubahan bentuk.
- b. Mempunyai kekuatan yang tinggi.
- c. Dapat diproduksi dalam waktu yang tak terhingga, mengingat bahan baku yang mudah didapatkan.
- d. Mempunyai daya tahan yang kuat.
- e. Mudah dirakit.

2.3.4 Fenomena Struktur Pada Sarang Lebah

Bentuk-bentuk tertentu yang dapat terguling secara keseluruhan, atau dapat pula komponennya gagal atau berubah bentuk. Berikut kita bahas fenomena tersebut.

- a. Masalah pertama ialah apabila suatu struktur pada sarang lebah mengalami beban horizontal seperti angin dan gempa.
- b. Masalah kedua adalah apabila bagian-bagian struktur tidak tersusun atau terhubung dengan baik.
- c. Masalah ketiga yaitu ada banyak masalah struktur disekitar kekuatan komponen struktur. Kerusakan komponen dapat berupa kerusakan akibat tarik, lentur, geser, torsi, gaya tumpu atau deformasi kelebihan.

2.4 Deformasi

Plastisitas adalah sifat yang dimiliki oleh suatu material, yaitu ketika beban yang diberikan kepada suatu benda atau material hingga mengalami perubahan bentuk kemudian dihilangkan lalu benda tidak bisa kembali sepenuhnya ke bentuk semula.

Peningkatan pembebanan yang melebihi kekuatan luluh (*Yield Strength*) yang dimiliki plat mengakibatkan aliran deformasi permanen yang disebut dengan plastisitas.

Deformasi akan terjadi bila material bahan mengalami gaya, selama deformasi bahan menyerap energi, sebagai akibat adanya gaya yang bekerja sepanjang deformasi. Sekecil apapun gaya yang bekerja, maka benda akan mengalami perubahan bentuk dan ukuran. perubahan bentuk secara fisik ini disebut deformasi, deformasi terbagi dua macam yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis. Yang dimaksud dengan deformasi elastis adalah deformasi yang terjadi akibat adanya beban yang jika beban ditiadakan, maka material akan kembali ke ukuran semula. sedangkan deformasi plastis adalah deformasi yang sifatnya permanen apabila beban dilepas.

Penambahan beban pada bahan yang telah mengalami kekuatan tertinggi tidak dapat dilakukan, karena pada kondisi ini bahan yang telah mengalami deformasi total. Jika beban tetap diberikan maka regangan akan bertambah dimana material seakan menguat yang disebut dengan penguatan regangan (*strain hardening*). adapun persamaan 2-1 dan 2-2, regangan tegangan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2-1)$$

Sehingga deformasi dapat diketahui:

$$\delta = \frac{P \times L}{A \times E} \quad (2-2)$$

2.4.1 Tegangan (*Stress*)

Tegangan adalah tahanan material terhadap gaya atau beban, tegangan diukur dalam bentuk gaya per luas. Tegangan normal adalah tegangan yang tegak lurus terhadap permukaan dimana tegangan tersebut diterapkan. Tegangan normal berupa tarikan atau tekanan. Satuan aluminium (Al) untuk tegangan normal adalah Newton per meter kuadrat (N/m^2) atau pascal (Pa). Tegangan dihasilkan dari gaya seperti: tarikan, tekanan atau geseran yang menarik, mendorong, melintir, memotong atau mengubah bentuk potongan bahan dengan berbagai cara. Cara lain untuk mendefinisikan tegangan adalah dengan menyatakan bahwa tegangan adalah jumlah gaya dibagi luas permukaan dimana gaya tersebut bereaksi.

Tegangan normal dianggap positif jika menimbulkan suatu tarikan (*tensile*) dan dianggap negatif jika menimbulkan penekanan (*compression*) dengan persamaan (2-3) berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2-3)$$

2.4.2 Regangan (*Strain*)

Regangan didefinisikan sebagai perubahan ukuran bentuk material dari panjang awal sebagai hasil dari gaya yang menarik atau menekan pada material. Apabila suatu spesimen struktur material diikat pada jepitan alat pengujian diamati serempak, maka dapat digambarkan pengamatan grafik dimana kordinat menyatakan beban dan absis mengungkapkan perubahan bentuk. Batasan sifat elastis perbandingan regangan dan tegangan linier akan berakhir sampai pada titik mulur. hubungan tegangan dan regangan tidak lagi linier pada saat material mencapai pada batasan fase sifat plastis. Menurut Marciniak dkk (2002), regangan dibedakan menjadi dua yaitu: *engineering strain* dan *true strain*. *engineering strain* adalah regangan yang dihitung menurut dimensi benda aslinya (panjang awal). Sehingga untuk mengetahui besarnya regangan yang terjadi adalah dengan membagi perpanjangan dengan panjang semula seperti persamaan 2-4 dibawah ini.

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L_2}{L} \quad (2-4)$$

Tabel 2.2 Modulus Elastitas Bahan. Fisika, Kane & Sterheim, 1991

Bahan	Modulus Young (Pa)
Aluminium	7×10^{10}
Baja	20×10^{10}
Besi	20×10^{10}
Karet	$0,05 \times 10^{10}$
Kuningan	9×10^{10}
Nikel	21×10^{10}
Tembaga	11×10^{10}
Timah	$1,6 \times 10^{10}$
Beton	$2,3 \times 10^{10}$
Kaca	55×10^{10}
Wolfram	41×10^{10}

Hukum Hooke menyangkut aspek proporsionalitas antar gaya dan perpindahan, tegangan dan regangan, gaya luar dan gaya dalam. hukum hooke merupakan hukum yang sangat penting dan sentral dalam kaitan hubungan antara gaya dan perpindahan. Tekanan itu kemudian dihubungkan dengan regangan sesuai dengan hukum Hooke 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 dengan persamaan (2-5) yaitu:

$$\sigma = E s \quad (2-5)$$

2.5 Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB)

2.5.1 Sejarah Perkembangan Split Hopkinson Pressure Bar

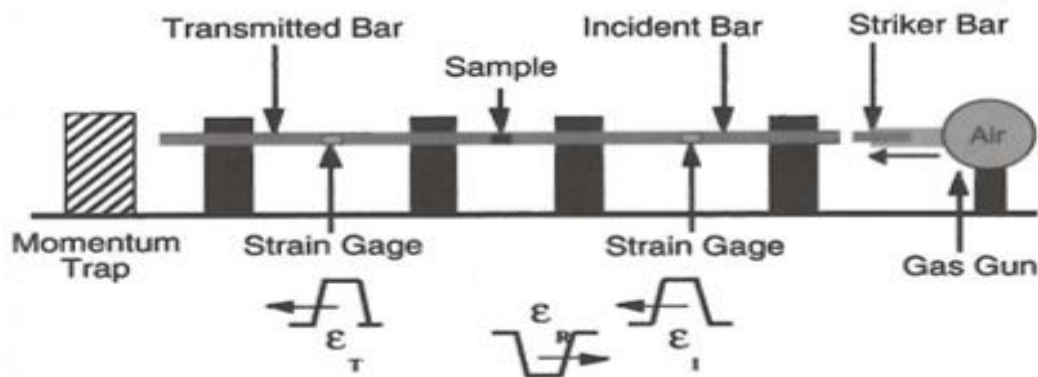
Hopkinson Pressure Bar pertama kali diusulkan oleh Bertram Hopkinson pada tahun 1914 sebagai cara untuk mengukur stres propagasi pulsa disebuah bar logam .Kemudian, pada 1949 H, Kolsky disempurnakan teknik Hopkinson dengan menggunakan dua batang dalam seri, yang sekarang dikenal sebagai Bar split-Hopkinson, 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 Davis tahun sebelumnya pada tahun 1948. Modifikasi kemudian memungkinkan untuk tarik, Kompresi, dan pengujian torsi. Meskipun ada beberapa setup dan teknik yang sedang digabungkan 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 Glombang stres adalah dibuat yang menyebar melalui bar menuju spesimen.Gelombang ini disebut sebagai gelombang insiden, dan setelah mencapai spesimen akan terbagi lagi menjadi dua Gelombang yang lebih kecil. Salah satunya gelombang yang ditransmisikin,perjalanan melalui spesimen dan ke bar menular, menyebabkan deformasi flastik dalam spesimen. Gelombang lain, yang disebut gelombang yang dipantulkan,tercermin dari spesimen dan perjalanan kembali ke bar insiden. Kebanyakan setup modren menggunakan *strain gages* di

bar untuk mengukur strain yang di sebabkan oleh gelombang. Dengan asumsi deformasi pada spesimen adalah seragam.

Pengujian ketegangan di Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB) lebih kompleks karena variasi metode bongkar lampiran spesimen insiden dan transmisi bar, Bar tegangan pertama kali dirancang dan diuji oleh Harding et al. Pada tahun 1960: desain yang terbuat menggunakan bar berat berongga yang terhubung ke kuk dan ulir spesimen dalam bar berat. Gelombang tarik diciptakan dan berdampak kepada berat badan bar sehingga beratnya sama dengan berat seekor domba jantan dan memiliki gelombang kompresi awal menceritakan sebagai gelombang tarik dari ujung bebas. Trobosan lain dalam desain SHPB dilakukan oleh Nicholas yang digunakan setup kompresi yang khas dan logam yang berulir spesimen pada kedua insiden dan transmisi berakhir, sementara lebih menempatkan kearah komposit spesimen. Spesimen memiliki cocok nyaman pada insiden dan sisi transmisi untuk melewati gelombang kompresi awal. Nicholas pengaturan akan menciptakan gelombang kompresi awal oleh dampak di akhir insiden dengan striker, tapi ketika gelombang kompresi mencapai spesimen, batang tidak akan dimuat. Gelombang kompresi idealnya akan melewati kearah komposit dan kemudian dari ujung bebas dalam ketegangan. Gelombang tarik kemudian akan menarik pada spesimen. Metode pembebanan berikutnya merevolusi 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 di disk yang berputar. Spesimen sekali lagi melekat pada insiden dan transmisi bar melalui threading.

2.5.2 Prinsip Kerja Split Hopkinson Pressure Bar

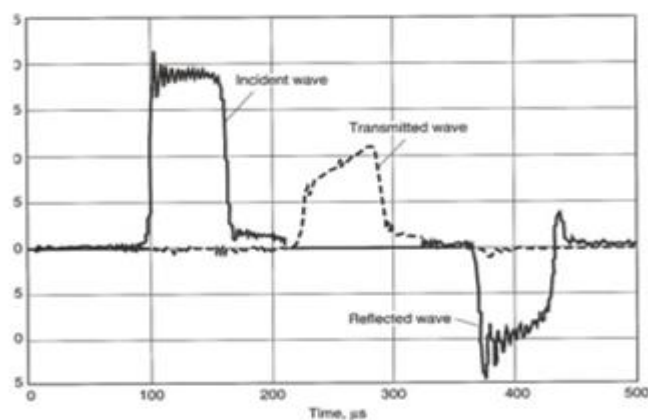
Pada dasarnya Split Hopkinson Pressure Bar, terdiri dari 3 bar, *striker bar*, *input bar*, dan *output bar* dapat dilihat pada (Gambar 2.6) Stiker bar meluncur pada input bar pada kecepatan tertentu. Prinsip kerja Split Hopkinson Pressure Bar berdasarkan rambatan gelombang bagian - bagian utama berupa tembakan gas (*gas gun*), *striker bar*, *input bar (incident bar)*, dan *output bar (transmitted bar)*, dan *Istrain gauges*.



Gambar 2.6 Bagian utama Split Hopkinson Pressure Bar

<https://engineeringbreakdown.com/2016/06/03/split-hopkinson-pressure-bar-test/>

Untuk mengetahui tegangan, regangan, serta tingkat regangan (*strain rate*) dengan menggunakan metode *Split Hopkinson Pressure Bar* yang menggunakan spesimen dijepit di antara input bar dan output bar, input dan output bar dimana striker bar akan bergerak melalui tembakan angin (*gas gun*) menuju input bar (*inciden 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 2.7 dibawah ini.

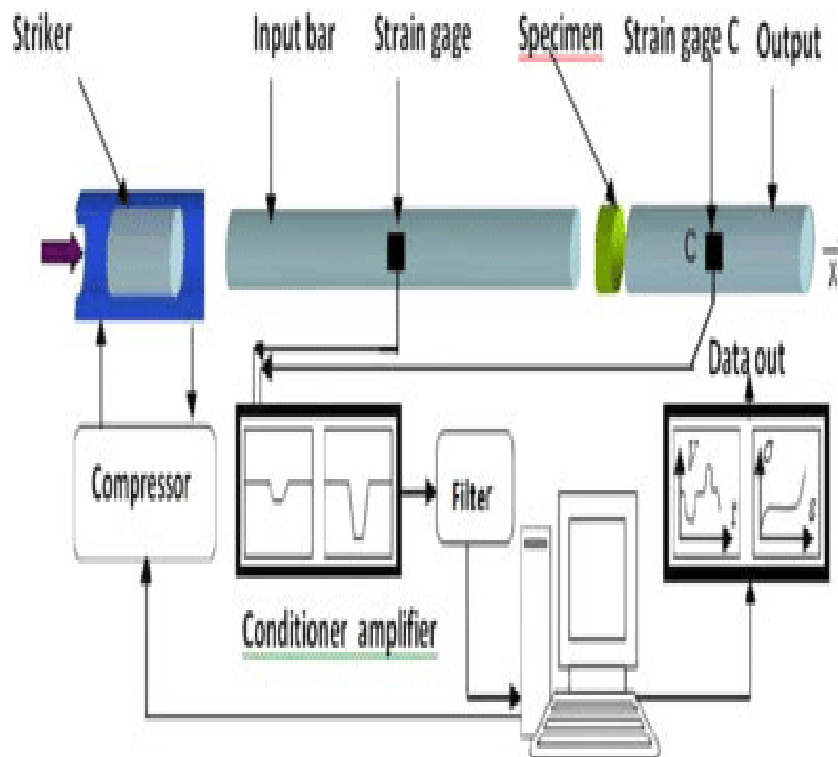


Gambar 2.7 Grafik strain gage keluaran sinyal input dan output bar

<https://engineeringbreakdown.com/2016/06/03/split-hopkinson-pressure-bar-test/>

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 stiker, geometri dan material komponen batang, dan sebagainya. Dalam desain ini di tentukan 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 (*infect*), 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 di dapat gelombang pantulan (ϵ_r) yang disebut *reflectedpulse* terhadap spesimen yang akan diuji. Dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini



Gambar 2.8 Skema Split Hopkinson Pressure Bar

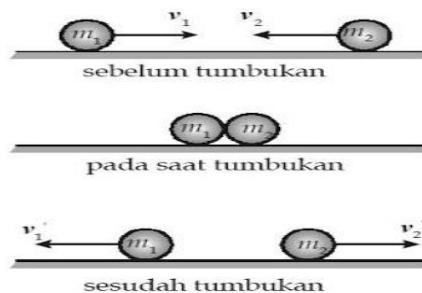
https://www.researchgate.net/figure/Diagram-of-the-Split-Hopkinson-Bar-Pressure-SHPB-test-facility_fig2_308969814

2.6 Tumbukan (*Impak*)

Pengujian impak bertujuan untuk mengukur beberapa 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 split Pressure Hopkinson Bar.

Spesimen uji impak berbentuk plat sandwich dengan penampang lintang persegi panjang. Beban didapatkan dari tumbukan oleh stiker bar yang diberikan variasi tekanan angin sebesar 5,6, dan 7 bar. Spesimen di posisikan pada pencekam dengan posisi horizontal yang akan ditumbuk menggunakan input Bar dan meremukan spesimen pada titik konsentrasi tegangan untuk pukulan impak kecepatan tinggi.

Dua benda bergerak saling mendekat dengan kecepatan v_1 dan benda B akan berbalik arah kekanan dengan kecepatan v_2' .



Gambar 2.9 Proses terjadinya tumbukan

http://wiwitwiyanti3.blogspot.com/2013/11/pengertian-momentum-dan-impuls-hukum_7600.html

Pada Split Hopkinson Pressure Bar, dua bar bergerak saling mendekat dengan kecepatan v_1 dan v_2 . Kedua bar bertumbukan atau berbenturan sehingga setelah bertumpukan, input bar (*incident bar*) akan memantul ke arah kiri dengan kecepatan v_2' .

Dari persamaan di atas disebut dengan hukum kekekalan momentum. Dalam hal ini hukum kekekalan momentum menyatakan jumlah momentum benda sebelum tumbukan sama dengan jumlah momentum benda setelah tumbukan.

2.7 Sensor Strain Gage (*Strain gauge*)

Strain Gage (*Strain Gaugest*) adalah alat yang digunakan untuk mengukur tegangan maupun regangan setelah striker bar menumbuk input bar dan input bar menumbuk spesimen. Strain gage ini dilekatkan pada input bar yang akan menghantam spesimen. Dengan menempelkan strain gage tersebut pada sebuah input bar menggunakan suatu perekat yang isolatif terhadap arus listrik, maka material tadi akan menghasilkan adanya perubahan resistansi yang nilainya sebanding terhadap deformasi. Strain gage ini dibuat dari sehelai kertas logam dari resistif yang dikikis tipis (*etced-foid*) 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 *wheatstone* yang kemudian akan diketahui beberapa besar tahanan pada *strain Gage*. Tegangan keluaran dari jembatan *wheatstone* merupakan sebuah ukuran regangan yang terjadi akibat tekanan dari setiap elemen pengindra *Strain Gage*.

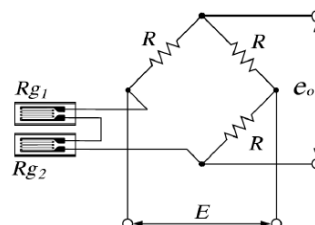
Tekanan itu kemudian dihubungkan dengan regangan sesuai dengan hukum Hook yang tersembunyi : *Modulus elastisitas adalah rasio tekanan dan regangan*. Dengan demikian jika modulus elastis adalah sebuah permukaan benda dan regangan telah diketahui, maka tekanan bisa ditentukan. Hukum Hook dituliskan sebagai :

$$\sigma = Es \tag{2.6}$$

2.8 Persamaan Rumus Jembatan Wheatstone Strain Gauge

Adapun rumus atau persamaan jembatan wheatstone yang dipakai pada pengujian hopkinson Horizontal dapat dilihat pada persamaan

$$\varepsilon_0 = \frac{4 \cdot e_0}{E \cdot K_s} \tag{2.7}$$



Gambar 2.10 Rangkaian Jembatan WeatStone (www.kyowa-ei.co.jp, diakses

tanggal 20 february 2018)

2.9 Faktor Dinamika

Faktor dinamika adalah rasio dari beberapa bahan pada tingkat regangan dinamis untuk yang di kuasi-statis laju regangan menggambarkan tingkat kekuatan atau sifat mekanik lainnya (misalnya, modulus elastisitas penyerap energi) dibawah pemutaran dinamik, Dalam tulisan ini,kita fokus pada faktor dari tekan dan kekuatan tarik.

$$\text{Faktor dinamika} \frac{\sigma_{\text{dyn}}}{\sigma_{\text{Sta}}} \quad (2.8)$$

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

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

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan uji coba dilakukan sejak tanggal usulan Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara seperti yang tertera pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Jadwal Waktu dan Penelitian Saat Melakukan Penelitian
Bulan / (Tahun 2018-2019)

No	Kegiatan	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Januari	Februari
1.	Studi Literatur	■								
2.	Penyempurnaan Alat		■	■						
3.	Perancangan Cetakan Spesimen			■	■					
4.	Pembuatan Spesimen				■	■				
5.	Pelaksanaan Pengujian						■	■	■	■
6.	Penyelesaian Skripsi								■	■

3.1.3 Bahan dan Alat

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

3.1.3.1 Bahan

a. Lembaran Aluminium

Lembaran aluminium yang digunakan dengan tebal 0,4 mm untuk membuat core struktur sarang lebah yang dibentuk menggunakan alat pencetak *core*, lembaran aluminium digunakan 0,7 mm sebagai kulit atau *skin sandwich* sarang lebah adapun sifat fisik dari plat aluminium tersebut ada pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2: Sifat Mekanik Bahan Aluminium

No	Sifat	Keterangan
1	Densitas	2.8 g/cm ² (170 lb/ft ²)
2	Yield Strenght	47 to 220 MPa (6.8 to 32 x 10 ³ psi)
3	Modulus Young	69 GPa (10x10 ⁶ psi)
4	Poison Ratio	0,33



Gambar 3.1: Lembaran Aluminium

b. Lem Fox

Lem ini digunakan karena mempunyai karakteristik yang baik, dan lem ini berfungsi digunakan untuk menyatukan *core* dan *skin* pada struktur sarang lebah, seperti gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 : Lem Fox

3.1.3.2 Alat

- a. Cetakan spesimen sarang lebah (*honeycomb*)

Cetakan atau mal digunakan untuk membentuk plat aluminium menjadi struktur sarang lebah, alat cetakan ini dibuat untuk memudahkan pembuatan spesimen, gambar alat cetakan bisa dilihat dibawah ini.



Gambar 3.3: Cetakan pembuat spesimen *honeycomb* ukuran 2 mm



Gambar 3.4: Cetakan pembuat spesimen *honeycomb* ukuran 4 mm



Gambar 3.5: Cetakan pembuat spesimen *honeycomb* ukuran 6 mm

b. Martil

Berfungsi sebagai alat bantu saat proses pencetakan core, yang akan digunakan seperti gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.6: Martil

c. Penggaris

Berfungsi sebagai alat ukur yang digunakan untuk mengukur plat aluminum yang akan digunakan seperti gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 : Penggaris

d. Pisau *Cutter*

Kegunaan dari pisau *cutter* ini yaitu untuk memotong plat aluminium yang sudah diukur, seperti gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8 : Pisau *Cutter*

e. Alat Uji Split Hopkinson Pressure Bar

Alat Uji SHPB adalah alat uji yang digunakan untuk mengetahui sifat suatu material. Fungsinya adalah untuk mengetahui sifat material yang diberikan tekanan dorongan udara oleh kompresor yang akan menghasilkan gelombang sinyal, dapat dilihat pada gambar 3.9 dibawah ini



Gambar 3.9 : Alat Uji Split Hopkinson Pressure Bar (SPHB)

f. Strain Gauges

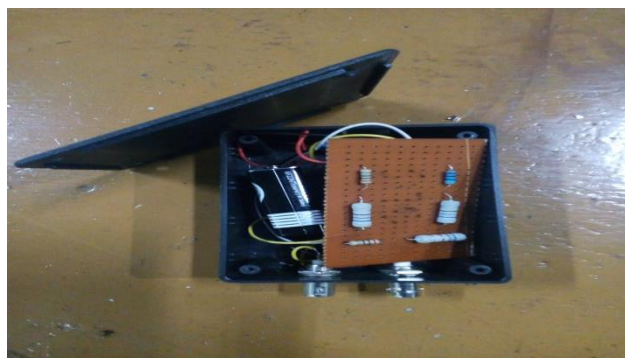
Strain Gauges berfungsi untuk mengukur nilai tekanan tumbukan yang terjadi pada saat input bar meneruskan dorongan ke arah output bar. Strain gauges terbuat dari lembaran logam yang tipis dan halus. Dapat dilihat pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Sensor Strain Gage

g. Bridge Box

Bridge box terdiri dari papan sirkuit cetak, 3 resistor dengan nilai hambatan 700 ohm (Ω), konektor BNC, Sambungan kabel mur, Baterai 9 volt, dapat dilihat pada gambar 3.11



Gambar 3.11 *Bridge box*

h. Picoscope

Picoscope merupakan alat *oscilloscope* yang dipergunakan untuk membaca nilai voltase yang dihasilkan V_{out} dari *Bridge box*. Dengan menggunakan

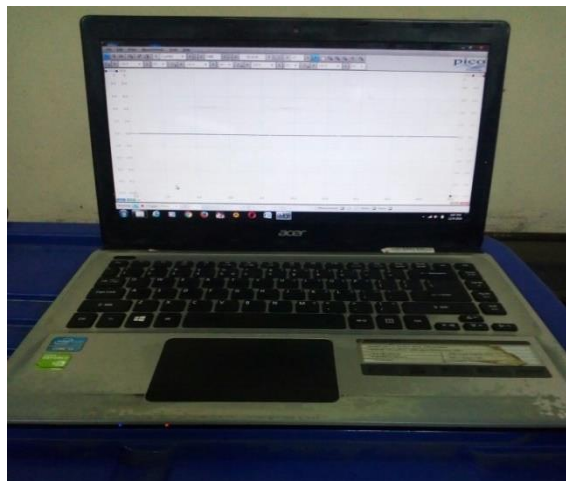
picoscope ini dapat mempermudah dalam memperoleh data saat melakukan percobaan pengujian. *Output* dari picoscope ini dapat langsung dilihat dengan menggunakan *personal computer* (PC) yang telah terhubung langsung dan memiliki aplikasi Picoscope, dapat dilihat pada gambar 3.12 dibawah ini.



Gambar 3.12 Picoscope

a. Laptop

Laptop Acer digunakan pada saat proses pengujian dan dihubungkan dengan picoscope yang akan menampilkan hasil grafik regangan, pada saat spesimen uji diberikan beban impact, dapat dilihat pada gambar 3.13 dibawah ini.



Gambar 3.13 Laptop

b. Kompresor Gas

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 *stiker bar*. Yang

kemudian akan mendorong kearah input bar (*inciden bar*) dan diteruskan kearah output bar (*transmitted bar*)



Gambar 3.14 kompresor gas

c. Selenoid Valve

Selenoid berfungsi untuk mengontrol saluran udara yang di kluarkan oleh kompresor (Gas gun). Selenoid ini memiliki 2 lubang .yaitu lubang inled dan outlet yang dapat menutup dan membuka saluran udara pada saat yang kita inginkan, dapat dilihat pada gambar 3.15 dibawah ini :



Gambar 3.15 Selenoid Valve

d. Selang Angin

Selang angin merupakan bagian dari bahan yng digunakan untuk melakukan pengujian dipasang pada ujung mulut kompresor dan ujung stiker bar yang ditengah keduanya akan dipasang selenoid,dapat dilihat pada gambar 3.16 di bawah ini



Gambar 3.16 Selang Angin

e. Jangka Sorong Digital

Kegunaannya untuk mengukur lebar dan kedalaman spesimen setelah di uji impact, jika menggunakan jangka sorong digital ini makanya ukuran yang didapat lebih akurat dibandingkan dengan jangka sorong biasa.



Gambar 3.17 Jangka Sorong Digital

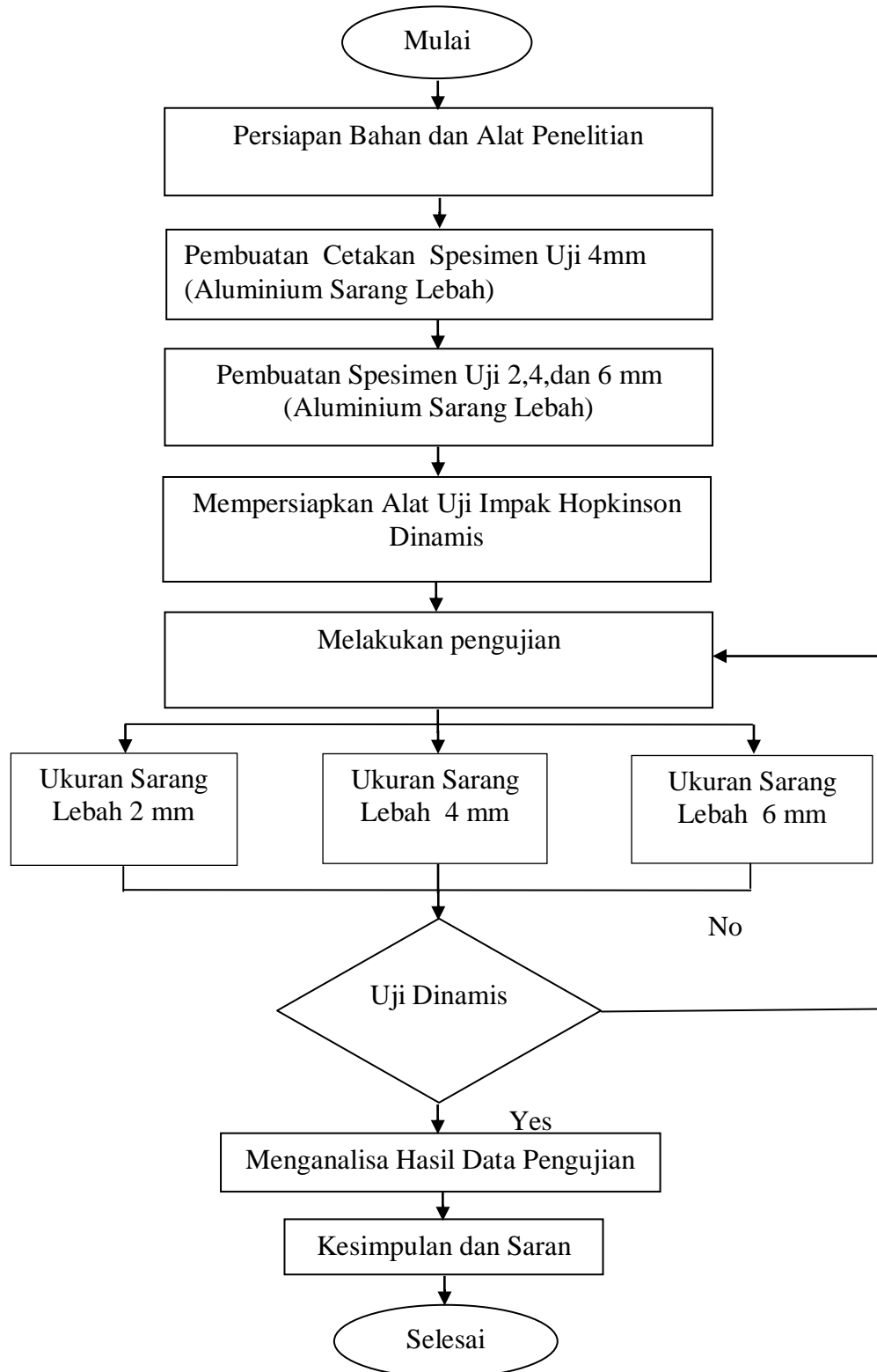
f. Tombol Switch

Tombol ini dipasang pada solenoid yang berfungsi untuk membuka saluran angin (*inlet*) agar udara pada kompresor dapat mengalir, dapat dilihat pada 3.18 dibawah ini



Gambar 3.18. Tombol *Switch*

3.2 Diagram Alir



Gambar 3.19 Diagram Alir

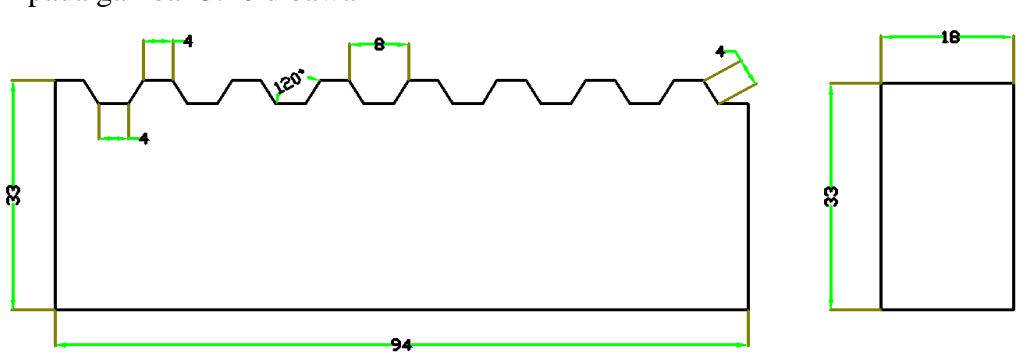
Keterangan Diagram Alir :

Diagram alir percobaan penelitian adalah untuk melakukan sebuah langkah-langkah penelitian dan dapat dilihat dibawah ini.

3.2.1 Membuat Cetakan Spesimen Struktur Sarang Lebah ukuran 4mm

pembuatan cetakan spesimen struktur sarang lebah dengan dimensi ukuran 4mm dan berkomposisi bahan baja paduan yang berbentuk persegi 4 dan diberi alur gear seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :

a. Dimensi Cetakan Spesimen Struktur Sarang Lebah ukuran 4mm.dapat dilihat pada gambar 3.20 dibawah ini

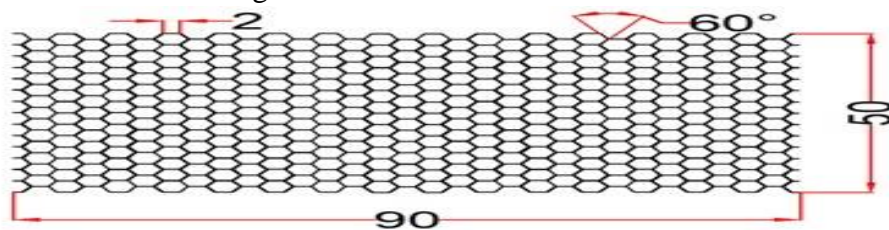


Gambar 3.20 Dimensi cetakan Spesimen Struktur Sarang Lebah ukuran 4mm

3.2.2 Pembuatan Spesimen struktur sarang Lebah

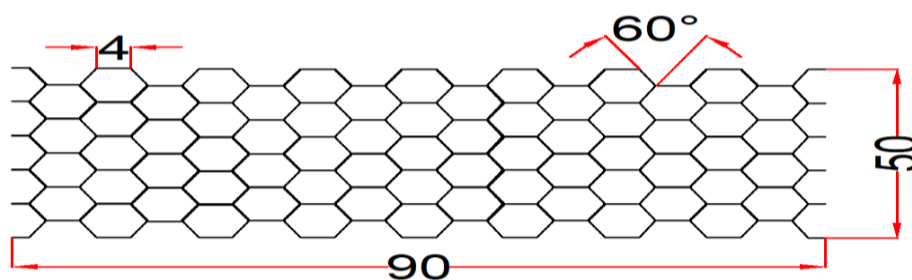
Membuat spesimen yang berbentuk struktur sarang lebah dengan dimensi ukuran hexagonal 2 mm,4 mm,dan 6 mm seperti pada gambar di bawah ini :

a. Dimensi Struktur Sarang lebah ukuran 4mm



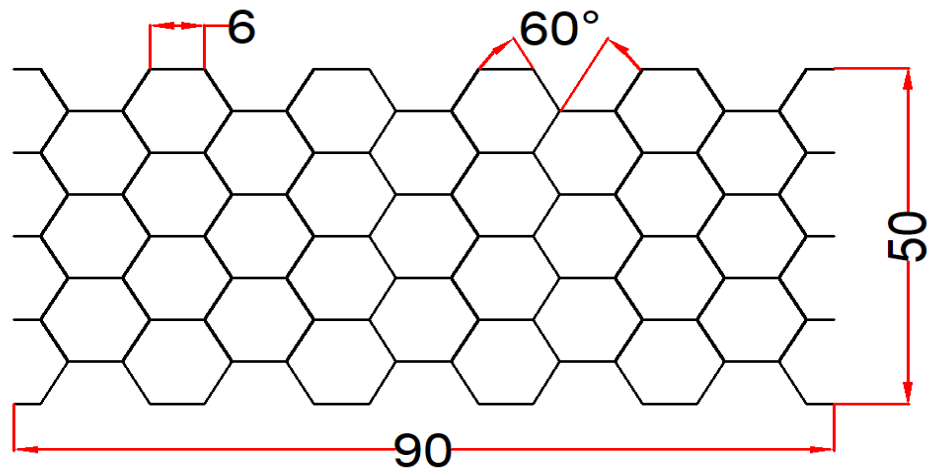
Gambar 3.21 Dimensi spesimen sarang lebah ukuran 2mm

b. Dimensi struktur Sarang lebah ukuran 4mm



Gambar 3.22 Dimensi struktur Sarang lebah ukuran 4mm

c. Dimensi struktur Sarang lebah ukuran 6mm



Gambar 3.23 Dimensi struktur Sarang lebah ukuran 6mm

3.3 Proses Pembuatan Spesimen Struktur Sarang lebah

Adapun tahapan yang akan dilakukan dalam pembuatan spesimen struktur sarang lebah uji impak diantaranya dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Mengukur plat lembaran aluminium yang akan dibuat menjadi core dan *Skin* dengan ukuran 90 mm x 18 mm dan 90 mm x 50 mm.
- Memberi alur pada plat lembaran aluminium yang sudah di ukur dengan menggunakan pisau *cutter* dan penggaris
- Menekuk hingga terpotong plat lembaran aluminium yang telah di beri alur.
- Melakukan pencetakan *core* aluminium dengan plat yang sudah di potong, dengan menggunakan cetakan spesimen dengan cara mengepres plat aluminium.
- Menyusun core yang telah di cetak, lalu menyatukan satu persatu core, lalu direkatkan dengan menggunakan lem Fox.
- Mengeringkan spesimen yang sudah dilakukan pengeleman core.
- Mengelem permukaan *skin* dengan menggunakan lem kambing hingga merata, pastikan permukaan *skin* terkena lem secara merata.
- Memasang *skin* bagian atas dan bawah *core* yang sudah dilem dengan menekan *skin* ke *core*
- Setelah *core* dan *skin* direkatkan spesimen di press dengan ragum agar lebih kuat.

3.4 Prosedur Pengujian yang akan dilakukan

Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu melakukan pembuatan spesimen yang terbuat dari bahan aluminium sarang lebah. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggunakan pengujian secara dinamis pada spesimen tersebut dengan menggunakan alat uji split hopkinson pressure bar dengan metode impact, dengan cara sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat uji serta bahan-bahan yang akan digunakan untuk melakukan pengujian.
2. Memasang *solenoid* ditengah-tengah antara ujung selang kompresor dan ujung selang striker bar
3. Memasang tombol *switch*.
4. Mengisi tekanan angin pada kompresor sesuai tekanan bar yang dibutuhkan pada saat pengujian.
5. Memasang selang angin ditengah-tengah antara ujung selang *solenoid* dan ujung selang striker bar.
6. Memasang selang angin ditengah-tengah antara ujung selang *solenoid* dan ujung selang kompresor
7. Memasang *strain gauges* pada input bar
8. Memasang benda uji impact dengan melatakan spesimen di antara Input bar dan dudukan Spesimen (posisi terjepit)
9. Memasang Bridge Box (*Wheatstone Bridge*)
10. Menghubungkan komputer dengan *picoscope*, dan memastikan *strain gauges* terpasang pada input bar.
11. Klik dua kali pada ikon desktop *picoscope* untuk membuka program.
12. Memeriksa sinyal gelombang pada *strain gauges* yang terhubung pada layar perangkat komputer, seimbang (berada pada titik 0 mV).
13. Penyetelan *software picoscope* pada laptop yang akan menghasilkan grafik regangan.
14. Membuka keran udara untuk mengalirkan udara dari kompresor yang sudah berisikan udara.

15. Menekan tombol *swicth* untuk membuka saluran udara dari kompresor mengalir untuk memberikan sebuah tekanan ataupun dorongan menuju saluran selang stiker bar.
16. Memperhatikan proses pengujian spesimen dengan teliti.
17. Penyimpanan data grafik setelah selesai pengujian.
18. Setelah melakukan pengujian, menganalisa hasil pengujian benda uji berupa data yang dapat dilihat di perangkat komputer berupa bentuk kurva ataupun sinyal gelombang akibat tumbukan antara input bar dan benda uji sarang leba

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Cetakan Spesimen 4mm

Pembuatan spesimen aluminium sarang lebah dilakukan dengan mencair aluminium yang dikumpulkan dari berbagai sumber. Adapun gambar dari hasil pembuatan cetakan spesimen dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil Cetakan Spesimen

Cetakan spesimen sarang lebah ini terbuat dari besi baja yang dibentuk dengan roda gigi, ukuran yang dibuat untuk cetakan spesimen ini ialah ukuran 4mm. Ukuran lebar dari cetakan ini ialah 45 mm dengan ketebalan 18mm dan dengan panjang 210 mm.

4.2 Hasil Pembuatan Spesimen Sarang Lebah

Setelah melakukan beberapa tahap proses yang cukup panjang maka didapatkan hasil dari pembuatan spesimen sarang lebah seperti dibawah ini.



Gambar 4.2 Hasil Pembuatan Spesimen Ukuran 2 mm



Gambar 4.3 Hasil Pembuatan Spesimen Ukuran 4 mm



Gambar 4.4 Hasil Pembuatan Spesimen Ukuran 6 mm

Spesimen yang sudah jadi merupakan suatu material sample yang digunakan sebagai bahan yang akan di uji, spesimen ini diletakkan diantara output Bar dengan Penyokong bebas. 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* 0,6 mm yang berbentuk komposit *sandwich* dengan struktur sarang lebah.

3.3 Hasil proses Pembuatan Spesimen Struktur Sarang lebah

Adapun tahapan dalam pembuatan spesimen struktur sarang lebah uji impak diantaranya dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Mengukur plat lembaran aluminium yang akan dibuat menjadi core dan *Skin* dengan ukuran 90 mm x18 mm dan 90 mm x 50 mm.



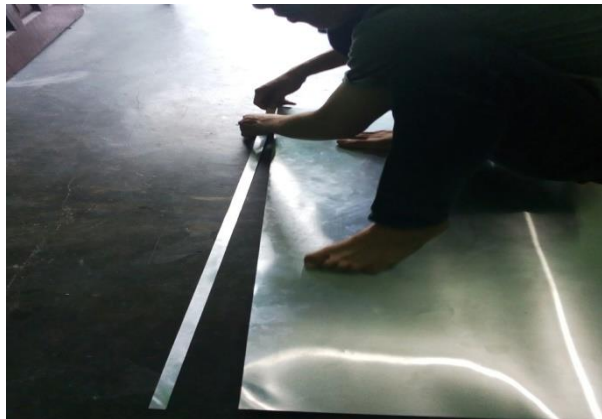
Gambar 4.5 Mengukur plat aluminium

- b. Memberi alur pada plat lembaran aluminium yang sudah di ukur dengan menggunakan pisau *cutter* dan penggaris



Gambar 4.6 Memberi alur plat aluminium

- c. Menekuk hingga terpotong plat lembaran aluminium yang telah di beri alur.



Gambar 4.7 Menekuk Plat Aluminium

- d. Melakukan pencetakan *core* aluminium dengan plat yang sudah di potong, dengan menggunakan cetakan spesimen dengan cara mengepres plat aluminium.

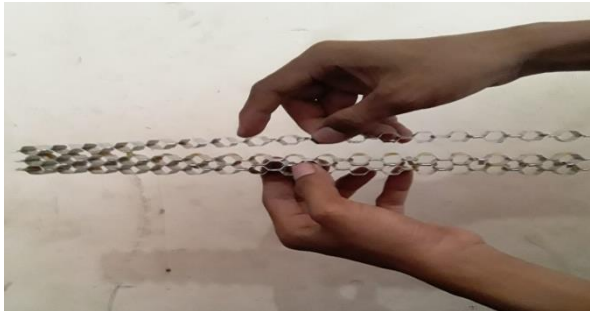


Gambar 4.8 Mencetak Spesimen

- e. Menyusun core yang telah di cetak,lalu menyatukan satu persatu core, lalu direkatkan dengan menggunakan lem Fox.



Gambar 4.9 Pengeleman *Core* Ukuran 2 mm

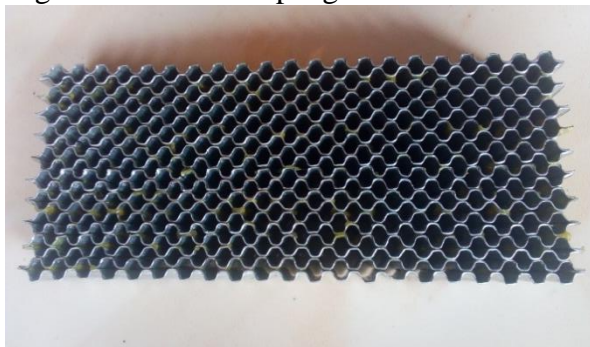


Gambar 4.10 Pengeleman *Core* Ukuran 4 mm

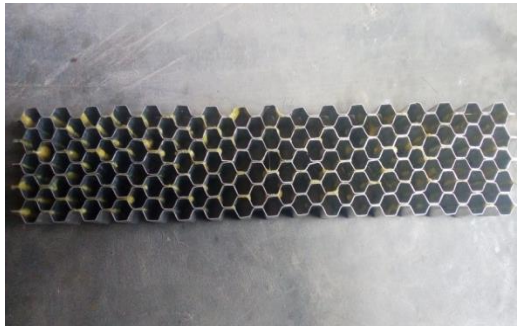


Gambar 4.11 Pengeleman *Core* Ukuran 6 mm

- f. Spesimen yang sudah dilakukan pengeleman core



Gambar 4.12 Spesimen sarang lebah ukuran 2 mm



Gambar 4.13 Spesimen sarang lebah ukuran 4 mm



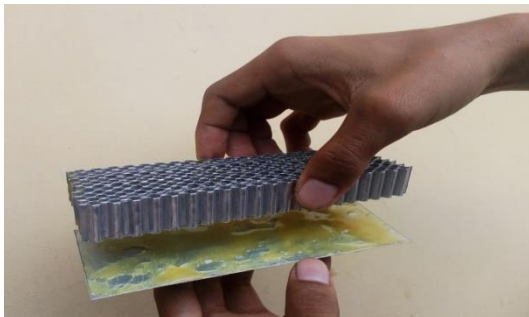
Gambar 4.14 Spesimen sarang lebah ukuran 6 mm

- g. Mengelem permukaan *skin* dengan menggunakan lem kambing hingga merata, pastikan permukaan *skin* terkena lem secara merata.



Gambar 4.15 Mengelem Permukaan *Skin*

- h. Memasang *skin* bagian atas dan bawah *core* yang sudah dilem dengan menekan *skin* ke *core*



Gambar 4.16 Pemasangan *Skin* ukuran 2 mm



Gambar 4.17 Pemasangan *Skin* ukuran 4 mm



Gambar 4.18 Pemasangan *Skin* ukuran 6 mm

- i. Setelah *core* dan *skin* direkatkan spesimen di press dengan ragum agar lebih kuat.



Gambar 4.19 Pengepresan Spesimen ukuran 2 mm



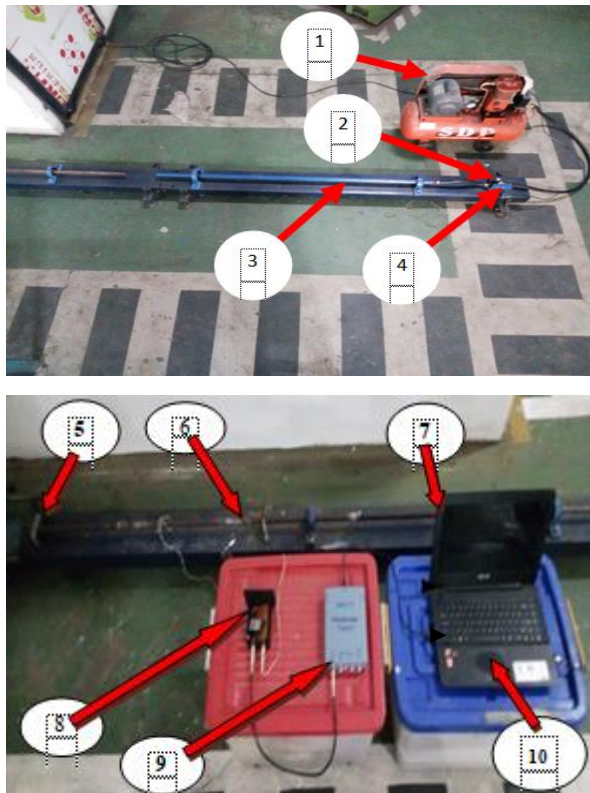
Gambar 4.20 Pengepresan Spesimen ukuran 4 mm



Gambar 4.21 Pengepresan Spesimen ukuran 6 mm

4.4 Hasil prosedur Pengujian

19. Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu melakukan pembuatanspesimen yang terbuat dari bahan aluminium sarang lebah. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggunakan pengujian secara dinamis pada spesimen tersebut dengan menggunakan alat uji split hopkinson pressure bar dengan metode impak, dengan cara sebagai berikut: Mempersiapkan alat uji serta bahan-bahan yang akan digunakan untuk melakukan pengujian.



Keterangan :

1. Kompresor
2. Selenoid
3. Striker Bar
4. Tombol Swict
5. Dudukan Spesimen
6. Strain Gage
7. Input Bar
8. Bridges Box
9. Piscoscope
10. Laptop

Gambar 4.22 Sit Up Alat Uji Split Hopkinson Pressure Bar

20. Memasang selenoid ditengah-tengah antara ujung selang kompresor danujung selang striker bar



Gambar 4.23 Pemasangan Selenoid

21. Memasang tombol switch.



Gambar 4.24 Tombol Switch

22. Mengisi tekanan angin pada kompresor sesuai tekanan bar yang dibutuhkanpada saat pengujian.



Gambar 4.25 Tekanan Angin

23. Memasang selang angin ditengah-tengah antara ujung selang selenoid danujung selang striker bar.



Gambar 4.26 Memasang selang angin

24. Memasang selang angin ditengah-tengah antara ujung selang selenoid danujung selang kompresor



Gambar 4.27 Memasang selang angin kompresor

25. Memasang *strain gauges* pada input bar



Gambar 4.28 Memasang *Strain Gauge*

26. Memasang benda uji impak dengan melatakan spesimen di antara Input bar dan dudukan Spesimen (posisi terjepit)



Gambar 4.29 Memasang spesimen uji

27. Memasang Bridge Box (*Wheatstone Bridge*)



Gambar 4.30 *Wheatstone Bridge (Bridge Box)*

28. Menghubungkan komputer dengan *pico*scope, dan memastikan *strain gauges* terpasang pada input bar.



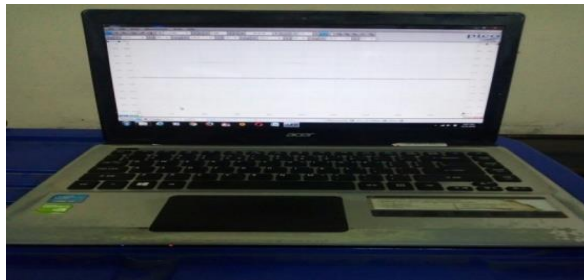
Gambar 4.31 Menghubungkan *pico*scope

29. Klik dua kali pada ikon desktop *pico*scope untuk membuka program gambar 3.32



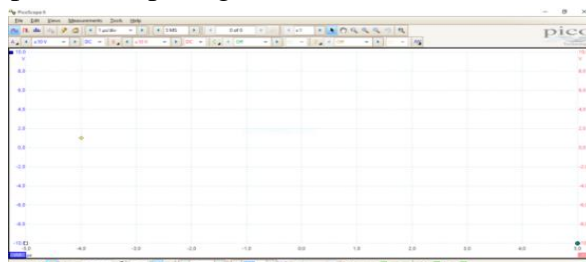
Gambar4.32 Penyetelan *pico*scope

30. Memeriksa sinyal gelombang pada *strain gauges* yang terhubung pada layarperangkat komputer, seimbang (berada pada titik 0 mV).



Gambar 4.33 Memeriksa sinyal gelombang

31. Penyetelan *software pico*scope pada laptop yang akan menghasilkan grafik regangan dapat dilihat pada gambar 3.34



Gambar 4.34 Menyetel *software pico*scope

32. Membuka keran udara untuk mengalirkan udara dari kompresor yang sudah berisikan udara



Gambar 4.35 Membuka keran udara

33. Menekan tombol *switch* untuk membuka saluran udara dari kompresor mengalir untuk memberikan sebuah tekanan ataupun dorongan menuju saluran selang stiker bar.



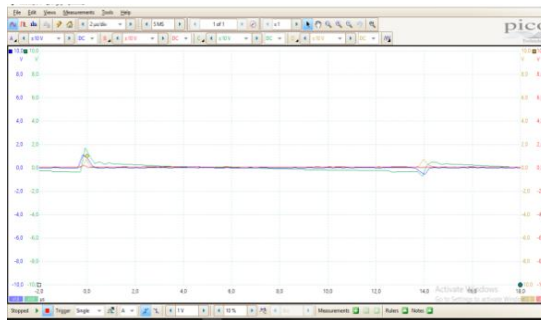
Gambar 4.36 Menekan tombol *switch*

34. Proses pengujian spesimen, dapat dilihat pada gambar 4.37



Gambar 4.37 Proses Pengujian Spesimen

35. Penyimpanan data grafik setelah selesai pengujian, dapat dilihat pada gambar 4.38



Gambar 4.38 Penyimpanan Hasil Data

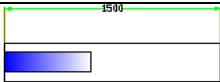
36. Setelah melakukan pengujian, menganalisa hasil pengujian benda uji berupadata yang dapat dilihat di perangkat komputer berupa bentuk kurva ataupun sinyal gelombang akibat tumbukan antara input bar dan benda uji saranglebah.

4.5 Data Pengujian Impak pada Spesimen Ukuran 2 mm Tekanan 6 bar

Dari percobaan yang akan dilakukan dari pengujian impact maka data pengujian impact tersebut sebagai berikut.

a. Kasus Percobaan I

Tabel 4.1 Data Percobaan Kasus I

Percobaan	Tekanan (bar)	Jarak Striker bar (mm)	Gambar	Sudut (⁰)
Spesimen 1	6	1500		90 ⁰

4.5.1 Hasil Pengujian Impak

Pengujian Impak Dengan Tekanan Angin 6 Bar

Pengujian Impak dengan tekanan angin 6 bar, spesimen yang digunakan ialah ukuran 2mm. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dimana pengujian dilakukan dengan menggunakan Sudut Normal 90 Derajat, adapun hasil pengujian impact sebagai berikut



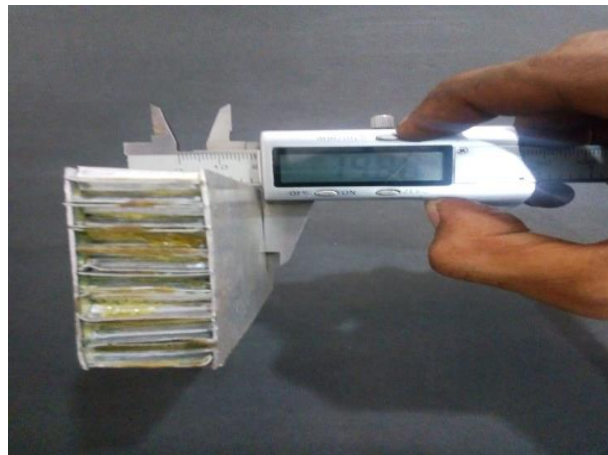
Gambar 4.39 Spesimen 2 mm sebelum di uji



Gambar 4.40 Spesimen 2 mm sudah di uji

4.5.2 Mengukur Deformasi pada Benda Uji

Pengukuran Deformasi Benda Uji Yang Diimpak Dengan Besaran 6 Bar Pada pengujian ini benda uji diimpak dengan besaran 6 bar dengan sudut 90 derajat sehingga terjadi Deformasi sebesar 0,12mm.



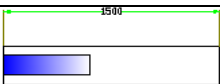
Gambar 4.41 Pengukuran Deformasi Spesimen 2 mm Tekanan 6 Bar

4.6 Data Pengujian Impak pada Ukuran 4 mm Tekanan 6 bar

Dari percobaan yang akan dilakukan dari pengujian impak maka data pengujian impak tersebut sebagai berikut.

a. Kasus Percobaan II

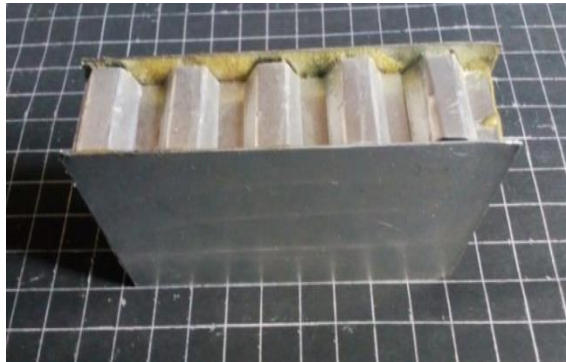
Tabel 4.2 Data Percobaan Kasus II

Percobaan	Tekanan (bar)	Jarak Striker bar (mm)	Gambar	Sudut
Spesimen 1	6	1500		90 ⁰

4.6.1 Hasil Pengujian Impak

Pengujian Impak Dengan Tekanan Angin 6 Bar

Pengujian Impak dengan tekanan angin 6 bar, spesimen yang digunakan ialah ukuran 4 mm. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dimana pengujian dilakukan dengan menggunakan Sudut Normal 90 Derajat, adapun hasil pengujian impak sebagai berikut



Gambar 4.42 Spesimen 4 mm sebelum di uji



Gambar 4.43 Spesimen 4 mm sesudah di uji

4.6.2 Mengukur Deformasi pada Benda Uji

Pengukuran Deformasi benda uji yang diimpak dengan besaran 6 bar

Pada pengujian ini benda uji diimpak dengan besaran 6 bar dengan sudut 90 derajat sehingga terjadi Deformasi sebesar 0,25 mm.



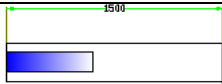
Gambar 4.44 Pengukuran Deformasi Spesimen 4 mm Tekanan 6 Bar

4.7 Data Pengujian Impak pada Ukuran 6 mm Tekanan 6 bar

Dari percobaan yang akan dilakukan dari pengujian impak maka data pengujian impak tersebut sebagai berikut.

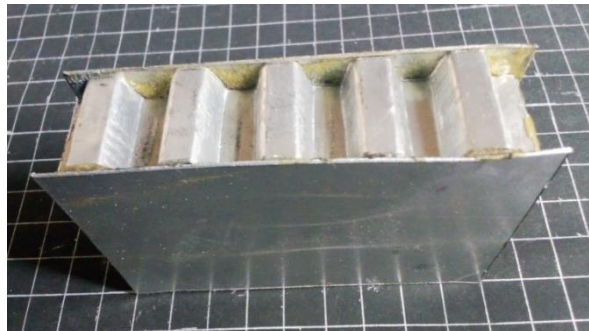
a. Kasus Percobaan III

Tabel 4.3 Data Percobaan Kasus III

Percobaan	Tekanan (bar)	Jarak Striker (mm)	bar	Gambar	Sudut ($^{\circ}$)
Spesimen 1	6	1500			90 $^{\circ}$

4.7.1 Hasil Pengujian Impak

Pengujian Impak dengan tekanan angin 6 bar, spesimen yang digunakan ialah ukuran 6mm. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dimana pengujian dilakukan dengan menggunakan Sudut Normal 90 Derajat, adapun hasil pengujian impak sebagai berikut



Gambar 4.45 Spesimen 6 mm sebelum di uji



Gambar 4.46 Spesimen 6 mm sesudah di uji

4.7.2 Mengukur Deformasi pada Benda Uji

Pengukuran Deformasi benda uji yang diimpak dengan besaran 6 bar

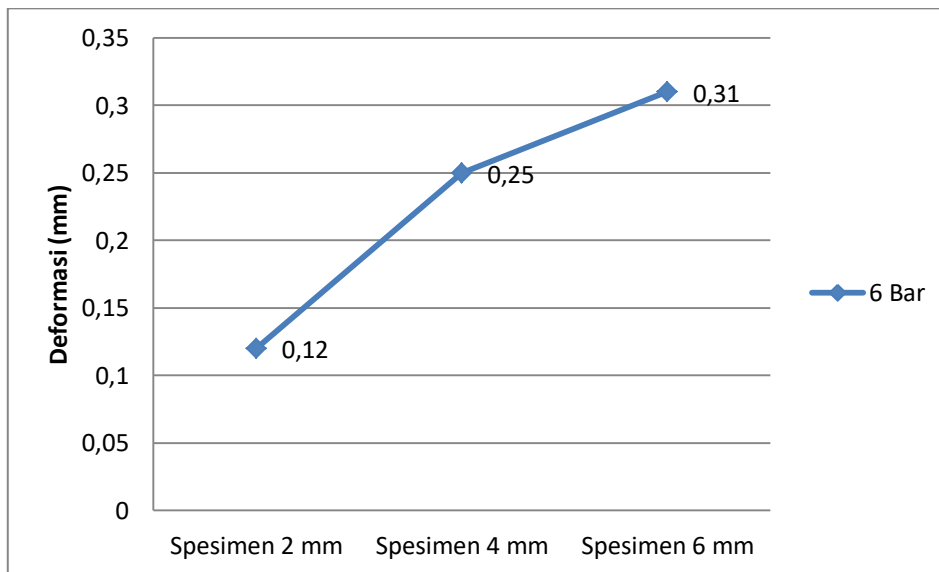
Pada pengujian ini benda uji diimpak dengan besaran 6 bar dengan sudut 90 derajat sehingga terjadi Deformasi sebesar 0,31mm.



Gambar 4.47 Pengukuran Deformasi Spesimen 6 mm Tekanan 6 Bar

4.8 Grafik Deformasi Tekana 6 Bar

Dari pengukuran yang yang dilakukan maka di dapat hasil deformasi yang terjadi berdasarkan uji impact maka di dapat hasil uji impact sebagai berikut :



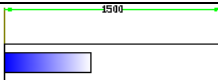
Gambar 4.48 Grafik Deformasi Tekanan 6 bar

4.9 Data Pengujian Impact pada Spesimen Ukuran 2 mm Tekanan 7 Bar

Dari percobaan yang akan dilakukan dari pengujian impact maka datapengujian impact tersebut sebagai berikut:

a. Kasus Percobaan I

Tabel 4.4 Data Percobaan Kasus I

Percobaan	Tekanan (bar)	Jarak Striker bar (mm)	Gambar	Sudut (⁰)
Spesimen 1	7	1500		90 ⁰

4.9.1 Hasil Pengujian Impak

Pengujian Impak Dengan Tekanan Angin 7 Bar

Pengujian Impak dengan tekanan angin 7 bar, spesimen yang digunakan ialah ukuran 2 mm. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dimana pengujian dilakukan dengan menggunakan Sudut Normal 90 Derajat, adapun hasil pengujian impak sebagai berikut



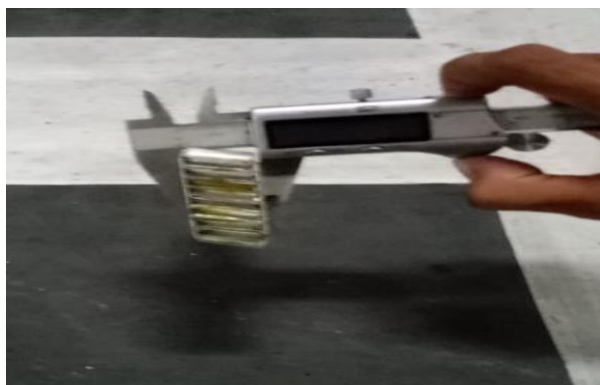
Gambar 4.49 Spesimen 2 mm sebelum di uji



Gambar 4.50 Spesimen 2 mm sesudah di uji

4.9.2 Mengukur Deformasi pada Benda Uji

Pengukuran Deformasi Benda Uji Yang Diimpak Dengan Besaran 7 Bar Pada pengujian ini benda uji diimpak dengan besaran 7 bar dengan sudut 90 derajat sehingga terjadi Deformasi sebesar 0,18 mm.



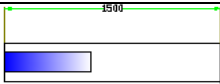
Gambar 4.51 Pengukuran Deformasi Spesimen 2 mm Tekanan 7 Bar

4.10 Data Pengujian Impak pada Ukuran 4 mm Tekanan 7 Bar

Dari percobaan yang akan dilakukan dari pengujian impak maka data pengujian impak tersebut sebagai berikut.

a. Kasus Percobaan II

Tabel 4.5 Data Percobaan Kasus II

Percobaan	Tekanan (bar)	Jarak Striker (mm)	bar	Gambar	Sudut ($^{\circ}$)
Spesimen 1	7	1500			

4.10.1 Hasil Pengujian Impak

Pengujian Impak Dengan Tekanan Angin 7 Bar

Pengujian Impak dengan tekanan angin 7 bar, spesimen yang digunakan ialah ukuran 4 mm. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dimana pengujian dilakukan dengan menggunakan Sudut Normal 90 Derajat, adapun hasil pengujian impak sebagai berikut



Gambar 4.52 Spesimen 4 mm sebelum di uji

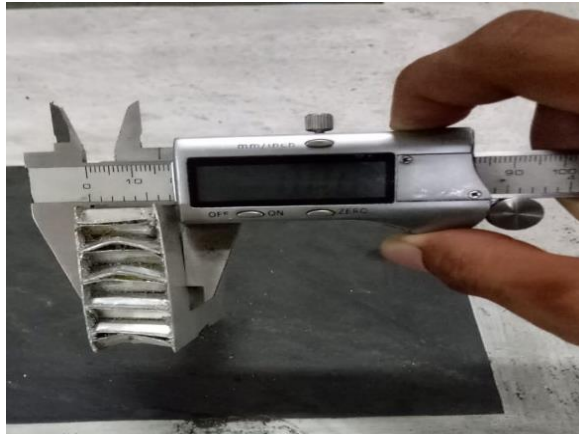


Gambar 4.53 Spesimen 4 mm sesudah di uji

4.10.2 Mengukur Deformasi pada Benda Uji

Pengukuran Deformasi benda uji yang diimpak dengan besaran 7 bar

Pada pengujian ini benda uji diimpak dengan besaran 7 bar dengan sudut 90 derajat sehingga terjadi Deformasi sebesar 0,37 mm.



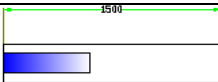
Gambar 4.54 Pengukuran Deformasi Spesimen 4 mm Tekanan 7 Bar

4.11 Data Pengujian Impak pada Ukuran 6 mm Tekanan 7 Bar

Dari percobaan yang akan dilakukan dari pengujian impak maka data pengujian impak tersebut sebagai berikut.

a. Kasus Percobaan III

Tabel 4.6 Data Percobaan Kasus III

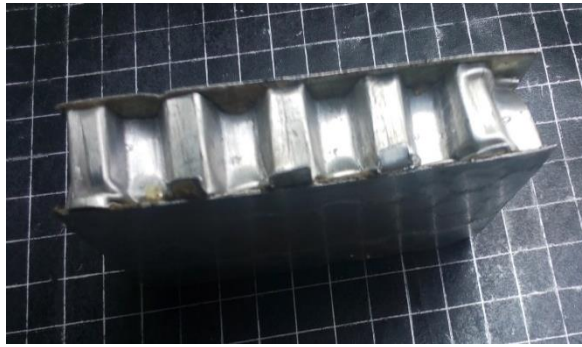
Percobaan	Tekanan (bar)	Jarak Striker bar (mm)	Gambar	Sudut ($^{\circ}$)
Spesimen 1	7	1500		90 ⁰

4.11.1 Hasil Pengujian Impak

Pengujian Impak dengan tekanan angin 7 bar, spesimen yang digunakan ialah ukuran 6 mm. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dimana pengujian dilakukan dengan menggunakan Sudut Normal 90 Derajat, adapun hasil pengujian impak sebagai berikut



Gambar 4.55 Spesimen 6 mm sebelum di uji

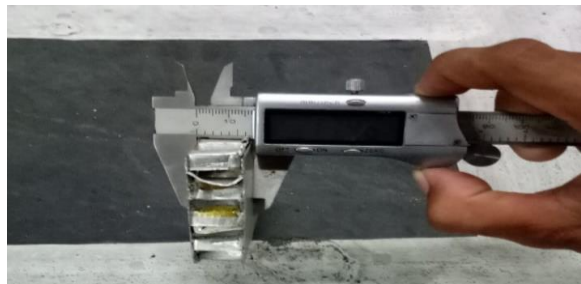


Gambar 4.56 Spesimen 6 mm sesudah di uji

4.11.2 Mengukur Deformasi pada Benda Uji

Pengukuran Deformasi benda uji yang diimpak dengan besaran 7 bar

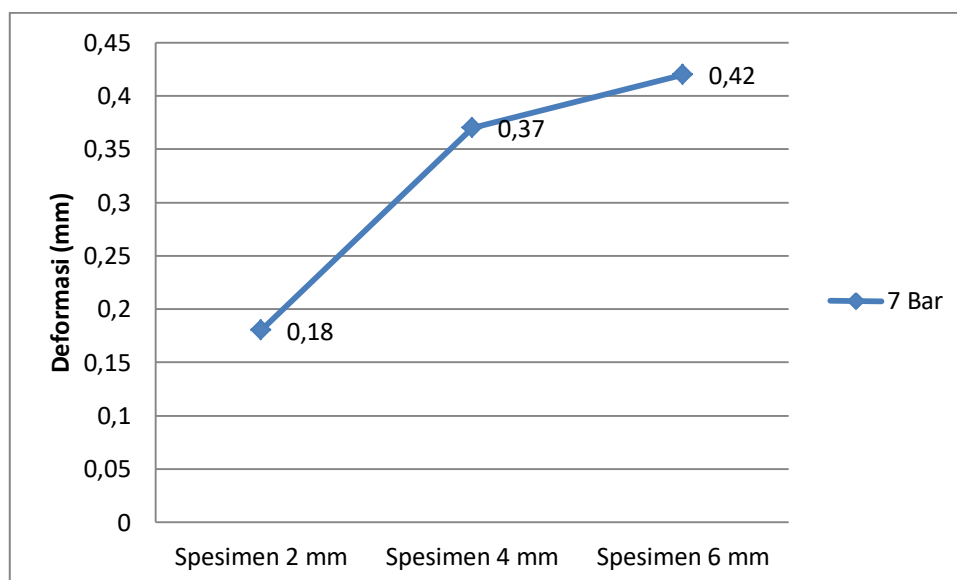
Pada pengujian ini benda uji diimpak dengan besaran 7 bar dengan sudut 90 derajat sehingga terjadi Deformasi sebesar 0,42mm.



Gambar 4.57 Pengukuran Deformasi Spesimen 6 mm Tekanan 7 Bar

4.12 Grafik Deformasi Tekanan 7 Bar

Dari pengukuran yang dilakukan maka di dapat hasil deformasi yang terjadi berdasarkan uji impact maka di dapat hasil uji impact sebagai berikut :

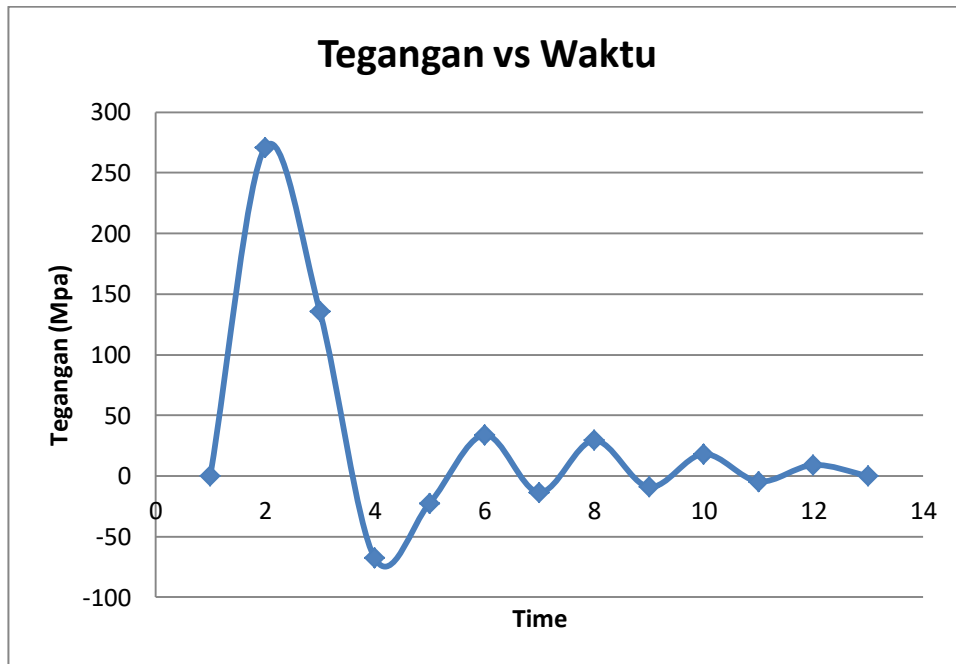


Gambar 4.58 Grafik Deformasi Tekanan 7 Bar

4.13 Data Pengujian *Strain* Impak

4.13.1 Grafik Tegangan vs Waktu Tekanan 6 Bar

Dari hasil yang diperoleh dari pengujian tekanan angin sebesar 6bar maka didapatkanlah hasil dari grafik sebagai berikut.



Gambar 4.59 Grafik Tegangan vs Waktu Tekanan 6 Bar

Dari grafik diatasmaka dapat hasil tegangan sebesar 270,81 Mpa dari penjabaran dibawah ini

$$\epsilon_o = \frac{4 \cdot e_o}{E \cdot Ks}$$

$$= \frac{4 \cdot 12}{8,4 \cdot 2,11}$$

$$= 2,70 \text{ mm/mm}$$

$$\text{Modulus besi } E = 200 \text{ Gpa} \rightarrow 200 \times 1000 = 200000 \text{ Mpa}$$

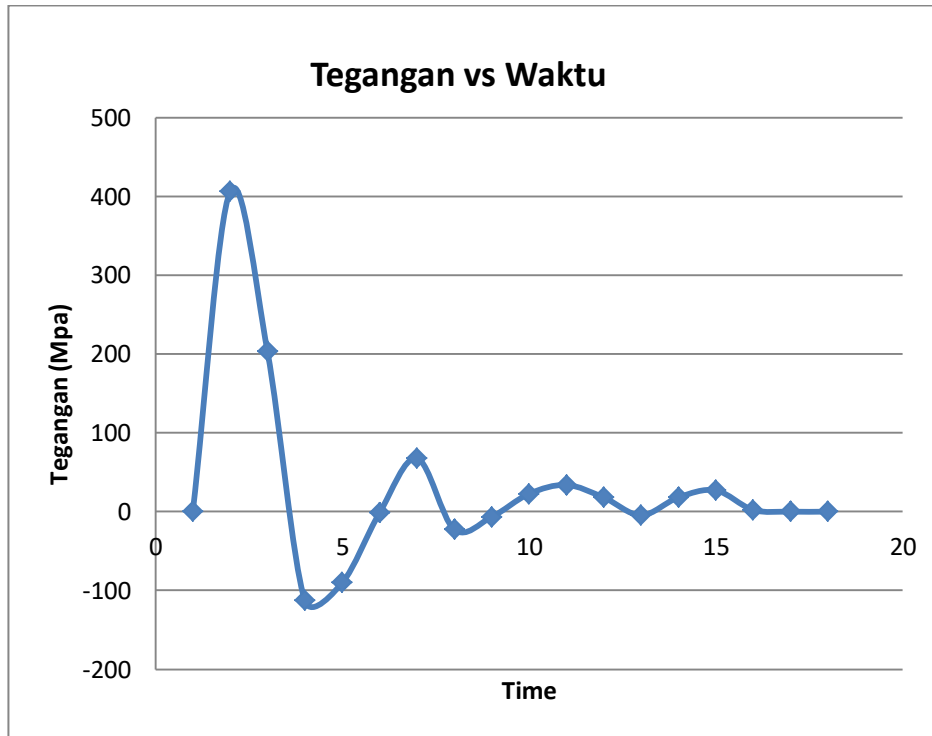
$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

$$= 200.000 \text{ Mpa} \cdot 2,70 \text{ Mpa}$$

$$= 270,81 \text{ Mpa}$$

4.13.2 Grafik Tegangan vs Waktu Tekanan 7 Bar

Dari hasil yang diperoleh dari pengujian tekanan angin sebesar 7 bar maka didapatkanlah hasil dari grafik sebagai berikut.



Gambar 4.60 Grafik Tekanan 7 bar

Dari grafik diatasmaka dapat hasil tegangan sebesar 406,22 Mpa dari penjabaran dibawah ini

$$\epsilon_o = \frac{4 \cdot e_o}{E \cdot Ks}$$

$$= \frac{4 \cdot 18}{8,4 \cdot 2,11}$$

$$= 4,06 \text{ mm/mm}$$

Modulus besi E =200 Gpa → 200 × 1000 = 200000 Mpa

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

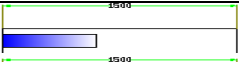
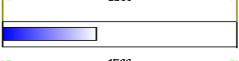
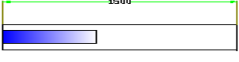
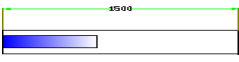
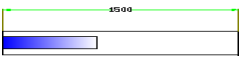
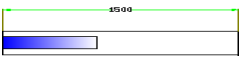
$$= 200.000 \text{ Mpa} \cdot 4,06$$

$$= 406,22 \text{ Mpa}$$

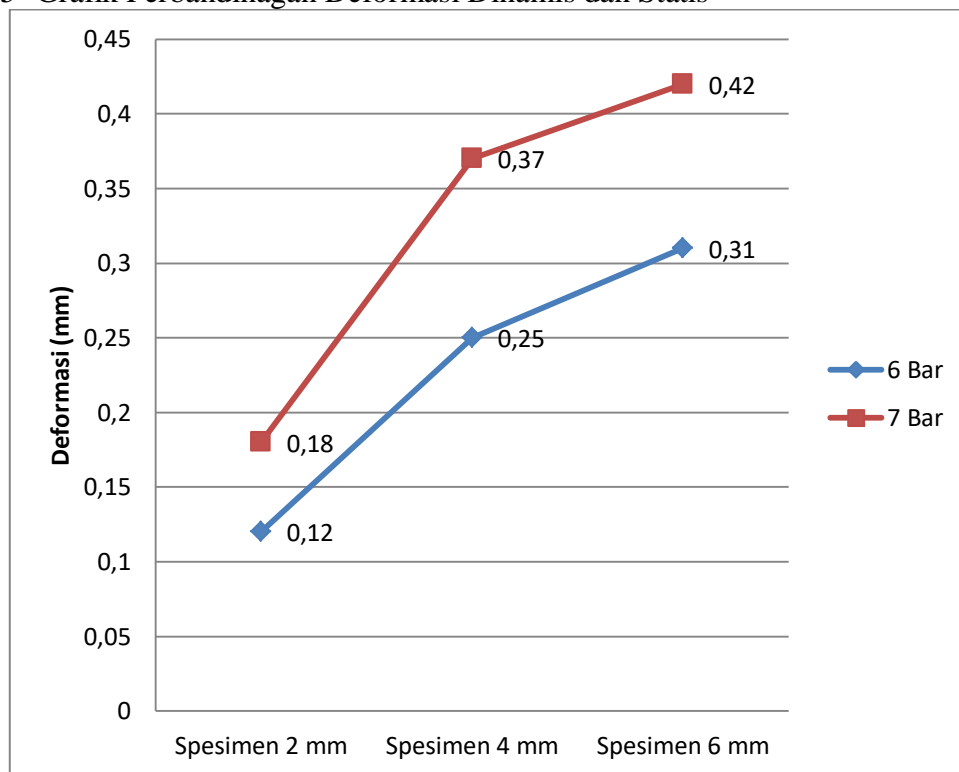
4.14 Hasil dan Pembahasan

Adapun hasil yang didapat dari pengujian impak yang telah dilaksanakan adalah mendapatkan hasil Deformasi dari uji impak, dari semua percobaan yang telah dilakukan dengan pengujian dengan ukuran yang bervariasi sebagai berikut :

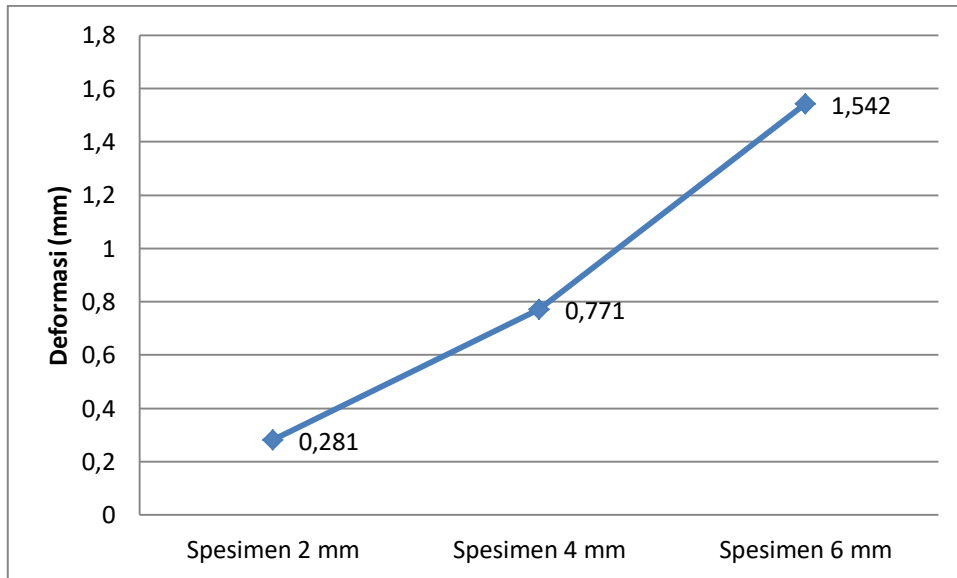
Tabel 4.7 Data Hasil Percobaan Pengujian Impak

Spesimen	Jarak Striker Bar (mm)	Gambar	Tekanan (Bar)	Deformasi (Δ)	Ukuran (mm)
Spesimen 1	1500		6	0,12	2
Spesimen 2	1500		6	0,25	4
Spesimen 3	1500		6	0,31	6
Spesimen 1	1500		7	0,18	2
Spesimen 2	1500		7	0,37	4
Spesimen 3	1500		7	0,42	6

4.15 Grafik Perbandingan Deformasi Dinamis dan Statis



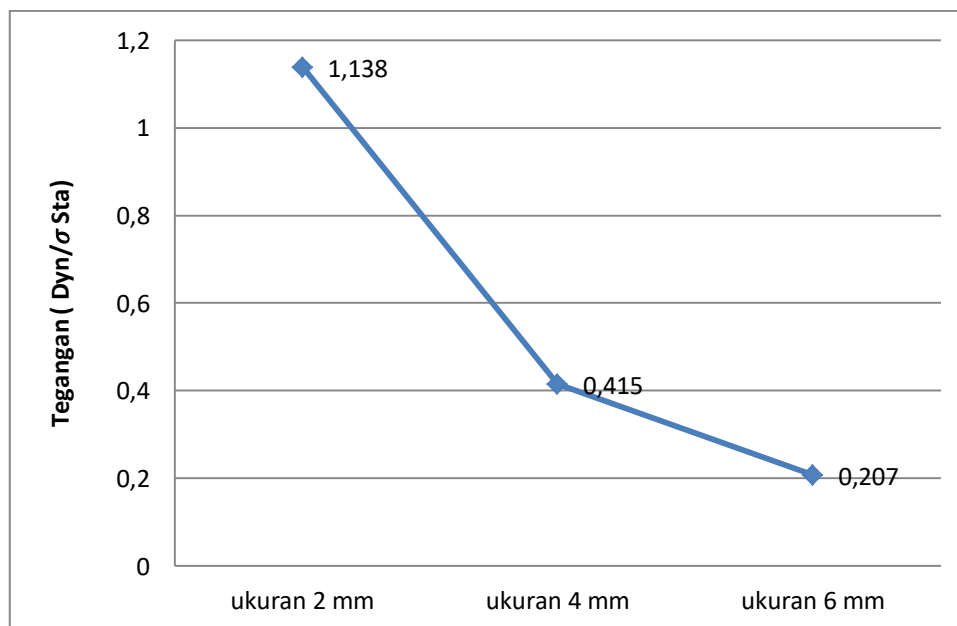
Gambar 4.61 Grafik perbandingan Deformasi Dinamis



Gambar 4.62 Grafik Deformasi Statis.(Alfi Syahrin 2019)

4.16 Grafik Faktor Dinamika

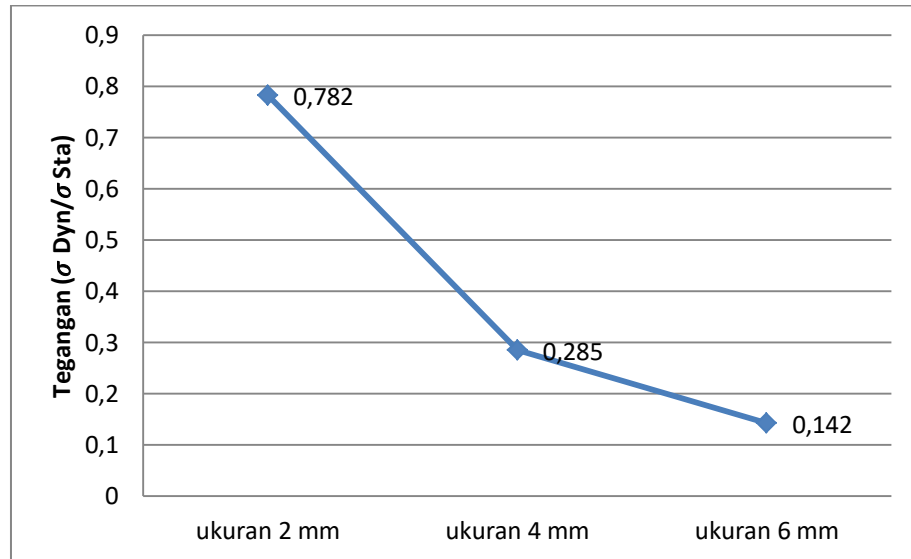
Dari hasil grafik deformasi dinamis dan statis pada struktur sarang lebah honycomb didapat hasil tertinggi pada faktor dinamika pengujian tekanan 7 bar yaitu pada spesimen honycomb ukuran 2 mm (1,138) dan terendah pada ukuran 6 mm (0,207) yang didapat dari persamaan (2.9). dan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.63 Grafik faktor dinamika

Dari hasil grafik deformasi dinamis dan statis pada struktur sarang lebah honycomb didapat hasil tertinggi pada faktor dinamika pengujian tekanan 6 bar

yaitu pada spesimen honeycomb ukuran 2 mm (0,782) dan terendah pada ukuran 6 mm (0,142) yang didapat dari persamaan (2.9). dan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.64 Grafik faktor dinamika

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan uji tekan dinamis didapat grafik deformasi tertinggi yaitu spesimen hexagonal ukuran 6 mm tekanan 7 bar dengan data deformasi maksimum 0.42 Mpa. Sedangkan pada pengujian Statis di dapat hasil Deformasi Maksimum 1.542 Mpa pada spesimen hexagonal ukuran 6 mm. Dari hasil perhitungan tegangan antara Dinamis dan Statis Deformasi tertinggi didapat dari deformasi statis dikarenakan pada pengujian statis ada hasil gaya vs elongasi.
2. Dari hasil pengujian deformasi dinamis dan statis didapat faktor dinamika tekanan 6 bar ukuran hexagonal 2 mm = 0,782, ukuran hexagonal 4 mm = 0,285, ukuran hexagonal 6 mm = 0,142. dan tekanan 7 bar ukuran hexagonal 2 mm = 1,138 ukuran hexagonal 4 mm = 0,415, ukuran hexagonal 6 mm = 0,207 .
3. Pada proses pengujian dinamis semakin besar tekanan bar yang diberikan semakin tinggi pula grafik volt vs waktu yang dihasilkan begitu juga sebaliknya.
4. Pada saat proses pengujian dinamik diperlukan rangkaian jembatan wheastone untuk merubah gelombang yang dihasilkan strain gauge menjadi gelombang vs waktu. Sehingga dapat menghasilkan berupa gelombang saat terjadinya tumbukan (incident), pantulan (reflected), dan diteruskan (transmitted).

5.2 Saran

1. Pada saat melakukan pengujian usahakan terhindar dari suara bising di sekitar pengujian karena dampak negatif yang terjadi akan mengakibatkan gelombang noise.
2. Disarankan untuk dudukan spesimen agar kiranya dibuat bervariasi agar memudahkan pengguna bereksplorasi.

3. Pilihlah strain gage yang tepat agar data yang dihasilkan akurat

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Partovi Meran, Tuncer Toprak, Ata Mugan (2014) *Numerical and experimental study of crashworthiness parameters of honeycomb structures* Thin-Walled Structures 78 (2014) 87-94.
- B. Hou, H.Zhao, S.Pattofatto, J.G. Liu , Y.L. Li (2012) *Inertia effects on the progressive crushing of aluminium honeycombs under impact loading* International Journal of Solids and Structures 49 (2012) 2754-2762.
- Hamid Ebrahimi, Ranajay Ghosh, Elsading Mahdi, Hamid Nayeb-Hashemi, Ashkan Vaziri (2016) *Honeycomb sandwich panels subjected to combined shock and projectile impact* International Journal Impact Engineering 95 (2016) 1 11
- Howard G. Allen. (1969)” *Analysis And Design Of Struktur Sandwich Panels First Edition.*
- ASM Ashab, Dong Ruan , Guoxing Lu, Yat Choy Wong (2016) *Quasi-static and dynamic experiments of aluminum honeycombs under combined compression-shear loading* Faculty of Science, Engineering and Technology, Swinburne University of Technology, Hawthorn, VIC 3122, Australia
- M. Hostetter , B. Corder, G.D. Hibbard, (2012) *Stochastic honeycomb sandwich cores* Department of Materials Science and Engineering, University of Toronto,184 College Street, Toronto, Ontario, Canada M5S 3E4 Faculty of Architecture, University of Toronto, 230 College Street, Toronto, Ontario, Canada M5T 1R2
- Paweł Baranowski, Paweł Płatek, Anna Antolak-Dudka, Marcin Sarzyński, Michał Kucwicz, Tomasz Durejkoc, Jerzy Małachowski, Jacek Janiszewski, Tomasz Czujkoc (2019) *Deformation of honeycomb cellular structures manufactured with LaserEngineered Net Shaping (LENS) technology under quasi-static loading: Experimental testing and simulation* Military University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanics and Applied Computer Science, 2 Gen. W. Urbanowicza Street, 00-908, Warsaw, Poland
- Zhonggang Wang, Zhajun Lu, Song Yao, Yiben Zhang, David Hui, Luciano Feo (2016) *Deformation mode evolutional mechanism of honeycomb structure when undergoing a shallow inclined load*

I. G. Masters & K. E. Evans (1996) *Models for the elastic deformation of honeycombs* School of Engineering, University of Exeter; North Park Road, Exeter EX4 4QE UK


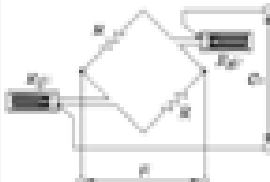
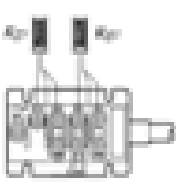
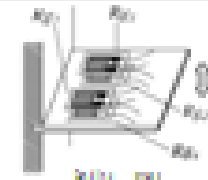
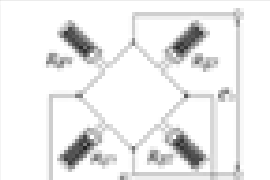
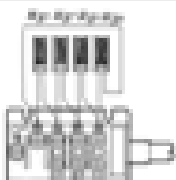
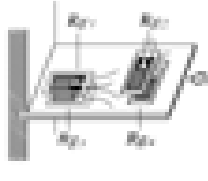
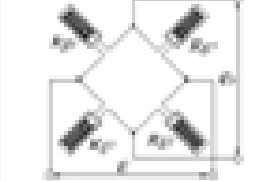
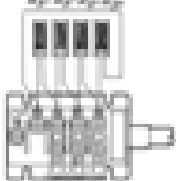

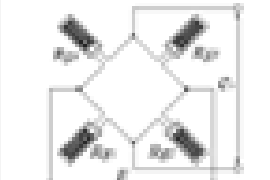
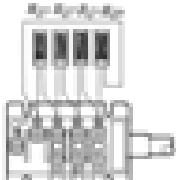

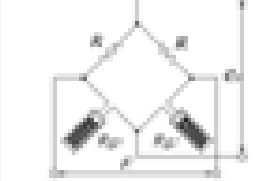
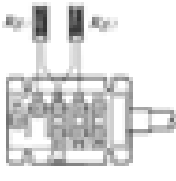
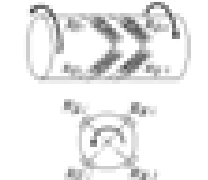
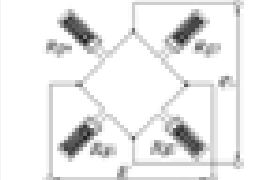
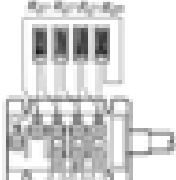
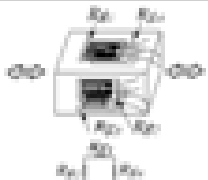
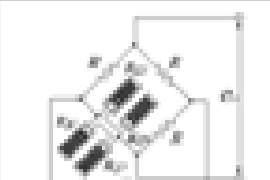
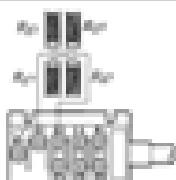
Iqbal Rasool, Cui Deyu and Zhang Xing (2013) *Stress Analysis Of Honeycomb Sandwich Wing Structure With Chord-Wise Taper By Finite Element Method* Beijing University of Aeronautics and Astronautics Div.508, Dept. of Flight Vehicle Design and Applied Mechanics Beijing-100083, P R China

Alfi Syahrin (2019) *Kajian Experimen Deformasi Tekan pada struktur Sarang lebah Dengan Variasi Ukuran Hexagonal Yang di Uji Secara Statis*. Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

LAMPIRAN

How to Form Strain-gage Bridges

No.	Name	Application Sample	Circuit	Output	Remarks	Bridge Box DB-120 A/350 A
1	Single-gage Zero strain Factor of gage 1	 Solid line (strain not being expressed)		$e = \frac{1}{4} K_f \epsilon$ K: Gauge factor ε: Strain g: Gage resistance R: Gage resistance R: Fixed resistance	Substrate for use under environment that when temperature changes, it will not generate output	
2	Single-gage Zero strain Factor of gage 1	 Solid line (strain not being expressed)		$e = \frac{1}{4} K_f \epsilon$	It generates output that the offset/division cancelled output	
3	2-gal Single-gage Zero strain Factor (used being not) Factor of gage 2	 Bending Solid line (strain not being expressed)		$e = \frac{1}{2} K_f \epsilon$ R ₁ = Int. L R ₂ = Int. L R ₃ = Int. L R ₄ = Int. L	It generates output that the offset/division cancelled output	
4	2-gal Temperature Zero strain Factor (used being not) Factor of gage 2	 Bending Solid line (strain not being expressed)		$e = \frac{1}{2} K_f \epsilon$ R ₁ = Int. L R ₂ = Int. L R ₃ = Int. L R ₄ = Int. L	It generates output that the offset/division cancelled output	
5	Two-Active Gage strain Factor of gage 2	 Active gage Solid line (strain not being expressed)		$e = \frac{1}{4} K_f \epsilon$ K: Gauge factor ε: Strain R: Bridge voltage R: Output voltage R: Strain R: Strain R: Strain R: Strain	Requires attention; that the offset/division cancelled output	
6	Diagonal of 2-active-gage strain Factor of gage 2	 Solid line (strain not being expressed)		$e = \frac{1}{2} K_f \epsilon$ K: Poisson's ratio R: Gage Gage resistance R ₁ = Int. L R ₂ = Int. L R: Int. strain	Requires attention; that the offset/division cancelled output	
7	2-active-gage strain (in being not beasured etc) Factor of gage 2	 Solid line		$e = \frac{1}{2} K_f \epsilon$ R ₁ = Strain R ₂ = Int. L R: Fixed resistance	Requires attention; that the offset/division cancelled output	
8	Special 2-gal Single-gage Zero strain Factor of gage 2	 Solid line (strain not being expressed)		$e = \frac{1}{2} K_f \epsilon$ R ₁ = Int. L R ₂ = Int. L R: Int. strain	It generates output that the offset/division cancelled by the output	

No.	Name	Application Sample	Circuit	Output	Remarks	Bridge Box DB-120A/350A
9	Double active half-bridge strain gages Refer to page 2			$e = \frac{1}{2} K_s \epsilon$ $R_1 = R_2 = R$ $R_3 = R_4 = R$ R -Resistors	Separate wires for each half-bridge are cancelled; bridge output is $\times 2$ output	
10	Half-bridge strain gages (for bending and torsion etc.) Refer to page 3			$e = K_s \epsilon - \nu \epsilon$ $R_1, R_2 =$ strain gages $R_3, R_4 =$ dummy gages	Separate wires for each half-bridge are cancelled; bridge output is cancelled	
11	Integral half-bridge strain gages Refer to page 3			$e = \frac{1 + \nu}{2} K_s \epsilon$ ν : Poisson's ratio $R_1, R_2 =$ Strain gages $R_3, R_4 =$ dummy gages	Separate wires for each half-bridge are cancelled; $\times 1$ output	
12	Non-linearly active gages Refer to page 3			$e = \frac{1}{2} K_s \epsilon$ $R_1, R_2 =$ strain gages $R_3, R_4 =$ dummy gages	Separate wires for each half-bridge are cancelled; bridge output is $\times 2$ output	
13	Half-bridge active gages (for bending and torsion etc.) Refer to page 2			$e = \frac{1}{2} K_s \epsilon$ $R_1 =$ strain gage $R_2 =$ dummy gage Bending strain $= \epsilon$ R -Resistors	Separate wires for each half-bridge are cancelled; $\times 2$ output	
14	Half-bridge strain gages (for bending and torsion etc.) Refer to page 3			$e = K_s \epsilon - \nu \epsilon$ $R_1, R_2 =$ strain gages $R_3, R_4 =$ dummy gages Bending strain $= \epsilon$	Separate wires for each half-bridge are cancelled; $\times 1$ output	
15	Half-bridge strain gages (for bending and torsion etc.) Refer to page 3			$e = \frac{1}{2} K_s \epsilon$ $e = \frac{1 + \nu}{2} K_s \epsilon$ R -Resistors R_{bridge} R_{dummy}	Separate wires for each half-bridge are cancelled; $\times 1$ output	

●Relation between strain and voltage

The output of a strain-gage bridge is expressed as a strain quantity ($\mu\epsilon$) or an output voltage (mV or μ V) against the bridge voltage. The strain quantity and the output voltage have the following relation:

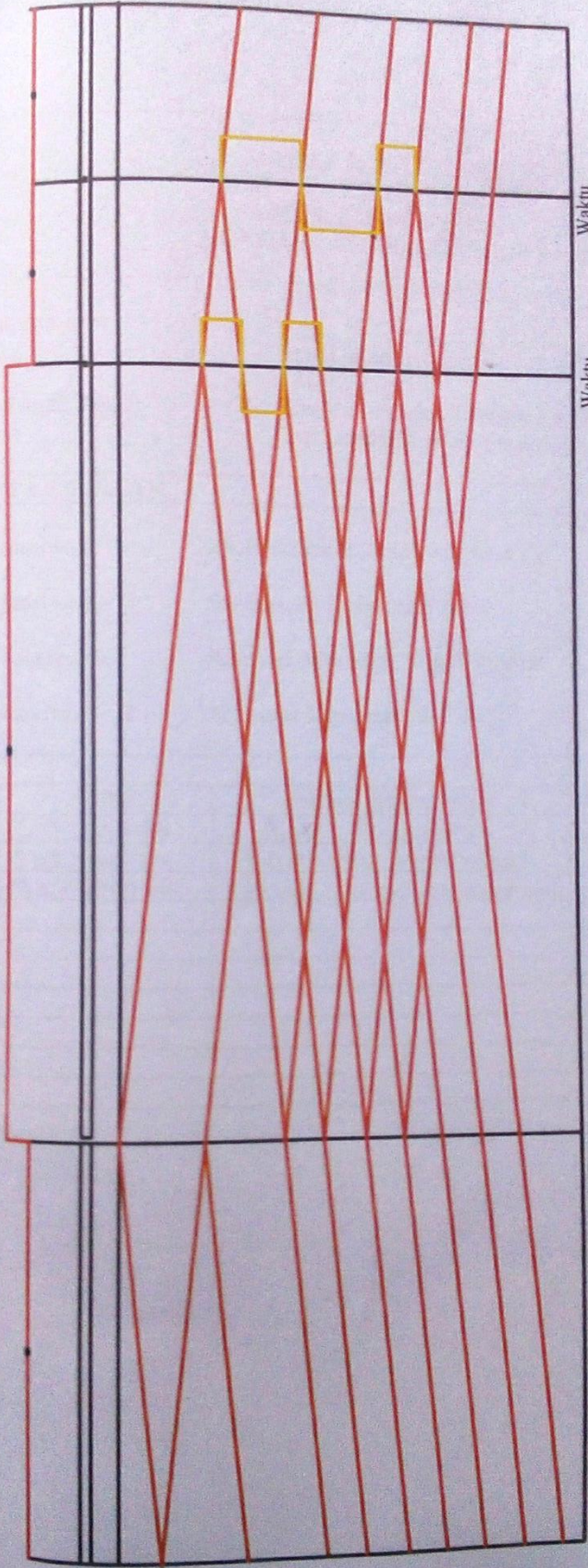
$$e = \frac{1}{2} K_s \epsilon$$


If the bridge voltage $E = 1V$ and the gage factor $K_s = 2.00$,

$$2\mu\epsilon = e \text{ (mV)}$$

Thus, a strain output is always 2 times larger than a bridge output voltage.

$$\text{e.g. } 3000\mu\epsilon \rightarrow 1500\mu\text{ V} = 1.5\text{mV}$$



	Skala : 1:1	Digambar : Team Hanycomb	Keterangan
	satuan ukuran : mm	Di Lihat : 1 dan Pem 11	
	Tanggal : 2 Maret	Di periksa : Pem 1 dn Pem 11	
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara		Lagrange Diagram For Dynamic	
		No	A4

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

Peserta seminar

Nama

NPM

Judul Tugas Akhir

: Iqbal Yamin

: 1407230226

: Analisa Faktor Dinamika Deformasi Tekan Pada Struktur sarang Lebah Dengan Variasi Ukuran Hexagonal.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing - I	: DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng
Pembimbing - II	: Sudirman Lubis.S.T.M.T
Pembanding - I	: Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T
Pembanding - II	: Khairul Umurani.S.T.M.T

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230209	Adi Saputra.
2	1307230275	Bambang Katriesnan
3	1307230262	Arie Indra Wirantama
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 05 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR









Analisa Faktor Dinamika Terhadap Deformasi Tekan Pada Struktur Sarang Lebah Dengan Variasi Ukuran Hexagonal

Nama : Iqbal Yamin

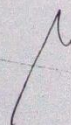
NPM : 1407230226

Dosen Pembimbing 1 : Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

Dosen Pembimbing 2 : Sudirman Lubis, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	19/09-2018	Perbaiki Bab 1 & Bab 2	
2.	06/11-2018	Perbaiki Bab 2	
3.	01/12-2018	Perbaiki Bab 2, Lanjut Bab 3	
4.	10/12-2018	Perbaiki Bab 3	
5.	12/01-2019	Lanjut Bab 4	
		Lanjut Bab II	
		Perbaiki spes	
		tambahkan data pada	

All Semu



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Iqbal Yamin
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Pinggir Jati, 20 Oktober 1996
Kewarganegaraan : Indonesia
Status : Belum Kawin
Agama : Islam
Alamat : Dusun III A.Pinggir Jati
Kel/Desa : Parpaudangan
Kecamatan : Kualuh Hulu
Kabupaten : Labuhan Batu Utara
Provinsi : Sumatera Utara
No. Hp : 081376810818
Email : iqbalyamin20@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

NO	PENDIDIKAN FORMAL	TAHUN
1	SD MUHAMMADIYAH 01 AEK KANOPAN	2002 – 2008
2	SMP MUHAMMADIYAH 24 AEK KANOPAN	2008 – 2011
3	SMA NEGRI 01 KUALUH HULU	2011– 2014
4	TEKNIK MESIN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA	2014 – 2019

