

TUGAS AKHIR

**PENGARUH UKURAN HEXAGONAL TERHADAP KEKUATAN
LENDUTAN YANG DIIMPAK DENGAN PROFIL PROYEKTIL TUMPUL**

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

Disusun Oleh:

JULIO ELGA PRATAMA

1207230130



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

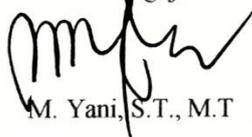
Nama : JULIO ELGA PRATAMA
NPM : 1207230130
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : PENGARUH UKURAN HEXAGONAL TERHADAP
KEKUATAN LENDUTAN YANG DIIMPAK DENGAN
PROFIL PROYEKTIL TUMPUL
Bidang ilmu : Kontruksi dan Manufaktur

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, Maret 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



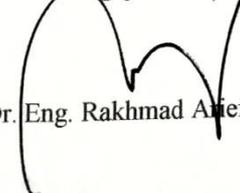
M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



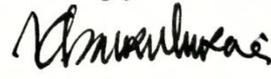
H. Muhamif, S.T., M.Sc

Dosen Penguji III



Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

Dosen Penguji IV



Khairul Umurani, S.T., M.T



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : JULIO ELGA PRATAMA
Tempat /Tanggal Lahir : MEDAN, 06-07-1994
NPM : 1207230130
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“PENGARUH UKURAN HEXAGONAL TERHADAP KEKUATAN LENDUTAN YANG DIHIMPAK DENGAN PROFIL PROYEKTIL TUMPUL”

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 ketidak sesuaian 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, Maret 2019

Saya yang menyatakan,



Julio Elga Pratama

Abstrak

Komposit *sandwich honeycomb* dengan struktur sarang lebah merupakan jenis komposit yang banyak digunakan di dunia industri maupun dunia transportasi, karena struktur yang ringan dan memiliki kekakuan yang tinggi kegunaan dan manfaatnya sangat di butuhkan di dunia industri maupun transportasi, aluminium struktur sarang lebah memiliki kelenturan modulus elastisitas sebesar 70 Gpa. *Split Hopkinson Pressure Bar* menjadi metode untuk mendapatkan nilai tingkat regangan tinggi pada suatu material. Spesimen di letakan lalu di jepit agar sewaktu input bar menabrak spesimen tidak bergerak. Perbedaan pengujian ini dilakukan pada variasi tekanan angin dan panjang bebas striker bar menuju input bar. Dengan kata lain, *skin* menahan beban sampai dengan batas maksimumnya kemudian beban di distribusikan menuju *core* pada seluruh luasan, *skin* dan *core* memberikan kontribusi optimumnya pada peningkatan kekuatan impak komposit *sandwich*. Spesimen yang telah di uji mengalami perubahan bentuk (deformasi) tertinggi sebesar 3,7 cm. peningkatan kekuatan impak juga di dukung oleh tegangan geser yang meningkat seiring dengan peningkatan penambahan tekanan angin (bar). Semakin tinggi tekanan bar, maka perubahan deformasi pada spesimen semakin besar, begitu juga sebaliknya.

***Kata Kunci* : Aluminium, Split Hopkinson Pressure Bar, Proyektil Tumpul.**

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 “Pengaruh Ukuran Hexagonal Terhadap Kekuatan Lendutan Yang Diimpak Dengan Profil Proyektil Tumpul” 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 terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak M. Yani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak H. Muharnif, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing II dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu teknik mesin kepada penulis.
11. Kedua orang tua penulis, Ayahanda Ramlan, dan Ibunda Rostina, yang telah banyak memberikan kasih sayang, nasehatnya, doanya, serta pengorbanan yang tidak dapat ternilai dengan apapun itu kepada penulis selaku anak yang di cintai dalam melakukan penulisan tugas akhir ini.
12. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
13. Seluruh rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin khususnya kelas A-2 Siang.
14. Para sahabat tercinta dan keluarga dirumah yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis dengan memberikan masukan-masukan

yang bermanfaat selama proses perkuliahan maupun dalam penulisan Tugas Akhir 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 Mesin.

Medan, Maret 2019

Julio Elga Pratama

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR NOTASI	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Tujuan Khusus	3
1.6 Manfaat	3
1.7 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Dasar Teori Aluminium	5
2.2 Kajian Teori Komposit Sandwich	5
2.2.1 Sandwich Honeycomb	7
2.3 Struktur Sarang Lebah	8
2.3.1 Pertimbangan Struktural	9
2.3.2 Teori Kegagalan Struktur	9
2.4 Kajian Teori Pengujian Impak	11
2.5 Sifat-sifat Material	11
2.5.1 Prinsip Kerja Split Hopkinson Pressure Bar	13
2.6 Kecepatan Rambatan Gelombang Impak	13
2.7 Projektil	14
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.1.1 Tempat Penelitian	15
3.1.2 Waktu Penelitian	15
3.2 Diagram Alir Penelitian	16
3.3 Bahan dan Alat	17
3.3.1 Bahan	17
3.3.2 Alat Penelitian	19
3.4 Prosedur Penelitian	22
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Pembuatan	25
4.1.1 Hasil pembuatan Cetakan Spesimen Struktur Sarang Lebah	25
4.1.2 Spesimen Berbentuk Struktur Sarang Lebah	25
4.2 Pengujian Impak Sudut Normal	26
4.3 Pengujian Impak Sudut Miring 60 Drajat	27
4.4 Pengujian Impak Sudut Miring 45 Drajat	28
4.5 Pembahasan	32

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Modulus Kegagalan Komponen	10
Tabel 3.1	Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	15
Tabel 3.2	Sifat Mekanik Bahan Aluminium	17
Tabel 3.3	Ukuran Benda Uji	20
Tabel 4.1	Jarak Striker Bar	26
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Sudut Normal 90 Drajat	27
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Miring 60 Drajat	28
Tabel 4.4	Pengujian Sudut Miring 45 Drajat	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pengklarifikasikan Material Komposit	6
Gambar 2.2	Struktur komposit sandwich	7
Gambar 2.3	Struktur Sarang Lebah	8
Gambar 2.4	Struktur Sarang Lebah	9
Gambar 2.5	Bagian Utama Slip Hopkinson Pressure Bar	13
Gambar 2.6	Tumbukan Proyektil Terhadap Spesimen	14
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3.2	Lembaran Aluminium	17
Gambar 3.3	Lem Kambing	18
Gambar 3.4	Penggaris	18
Gambar 3.5	Pisau Cutter	26
Gambar 3.6	Alat Uji Slip Hopkinson Pressure Bar	19
Gambar 3.7	Benda Uji Sarang Lebah Diameter 2 mm	19
Gambar 3.8	Benda Uji Sarang Lebah Diameter 6 mm	20
Gambar 3.9	Kompresor (<i>Gas Gun</i>)	21
Gambar 3.10	Solenoid Valve	21
Gambar 3.11	Selang angin	21
Gambar 3.12	Tombol switch	22
Gambar 3.13	Pemasangan solenoid	23
Gambar 3.14	Pemasangan tombol switch	23
Gambar 3.15	Mengisi tekanan angin	23
Gambar 4.1	Cetakan Spesimen Struktur Sarang Lebah	25
Gambar 4.2	Spesimen Jenis Core Struktur Sarang Lebah	25
Gambar 4.3	Pengukuran Sudut Normal 90 Drajat	26
Gambar 4.4	Hasil Spesimen Setelah Di Uji	26
Gambar 4.5	Pengukuran Sudut Normal 60 Drajat	27
Gambar 4.6	Hasil Spesimen Setelah Di Uji Sudut Miring 60 Drajat	27
Gambar 4.7	Pengukuran Sudut Normal 45 Drajat	28
Gambar 4.8	Hasil Spesimen Setelah Di Uji Sudut Miring 45 Drajat	28
Gambar 4.9	Grafik Lendutan Ukuran 6 mm	29
Gambar 4.10	Grafik Lendutan Ukuran 2 mm	29
Gambar 4.11	Grafik Percobaan pada Spesimen 1	30
Gambar 4.12	Grafik Percobaan pada Spesimen 2	31
Gambar 4.13	Hasil Perbandingan Lendutan	32

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
σ	Tegangan	(N/ m ²)
C_0	Kecepatan gelombang	(m/s)
L_s	Panjang spesimen	(mm)
$\dot{\epsilon}$	Tingkat regangan	(<i>strain rate</i>)
F	Besar gaya tekan atau tarik	(N)
A	LuasPenampang	(m ²)
Σ	Tegangan	(N/ m ²)
L_i	Panjang akhir	(mm)
L_0	Panjang awal	(mm)
t_0	Durasi dorongan	(μ s)
L_0	Panjang dorongan yang terjadi	(mm)
L_{SB}	Panjang striker bar	(mm)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Inspirasi baru bagi para engineer di seluruh Indonesia maupun di dunia yaitu bagaimana mereka menciptakan suatu bahan-bahan dengan sifat berbeda dan menghasilkan bahan yang memiliki sifat yang lebih baik dari bahan asalnya, bahan ini dapat meliputi material dengan berbagai paduan maupun bahan komposit. Komposisi komposit bisa dikombinasikan dari logam dengan keramik, logam dengan plastik, keramik dengan plastik, dan lain sebagainya. Bahan-bahan dalam bentuk komposit ini merupakan suatu alternatif yang perlu diperhitungkan karena dari masing-masing bahan diambil sifat baiknya. Kombinasi tersebut harus sedemikian rupa sehingga akan saling menghilangkan sifat buruk dari bahan asalnya sehingga diperoleh bahan lain dengan sifat-sifat yang lebih baik.

Pada jenis komposit struktur sarang lebah merupakan salah satu jenis komposit yang sangat potensial untuk dikembangkan, selain memiliki ciri khas dalam kekuatannya komposit struktur berjenis komposit *sandwich* mempunyai ciri khas tertentu dalam kebutuhan penggunaannya. Dikarenakan komposit *sandwich* memiliki beberapa bentuk inti komposit, seperti sarang lebah yang memiliki khas kekhususan dalam menerima beban secara konstan dan stabil, dalam penelitian ini inti yang digunakan adalah berjenis struktur sarang lebah dengan lapisan material aluminium yang memiliki khas dalam menerima beban spontan dan beban *continuous (bending)*.

Bentuk dari pada struktur sarang lebah ini adalah berbentuk hexagonal dan berongga di tengahnya, akibat dari bentuk struktur ini dapat menyebabkan struktur menjadi sangat ringan. Pada struktur sarang lebah ini kita dapat membuat suatu lapisan komposit sandwich. Komposit *sandwich* adalah jenis komposit yang dibuat secara berlapis yang terdiri dari 2 *face* (lapisan terluar), *adhesive* (pengikat), dan *core* (inti). *Face* pada struktur komposit *sandwich* terbuat dari material komposit yang sudah jadi dan berfungsi sebagai penahan beban aksial serta bending. Dalam penelitian ini akan digunakan komposit *face* dari material aluminium. Karakter dari komposit *sandwich* sendiri sangat tergantung pada

karakter *core*, *skin*, yang digunakan. Untuk menciptakan suatu komposit *sandwich* dengan sifat mekanik yang baik selain diperlukan *face* yang kuat dan *core* yang kuat juga diperlukan suatu *adhesive* yang tepat sehingga dapat menciptakan ikatan yang kuat antara *face* dan *core*, serta menjadi penerus beban yang baik dari *face* menuju *core*. Teknologi konstruksi *sandwich* ini telah banyak diterapkan di industri pesawat terbang, transportasi, furniture, daun pintu, dan lain-lain nya.

Dalam penelitian ini penulis ingin membuat suatu bahan komposit *sandwich* 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 menghasilkan tumbukan (*impact*) pada suatu material. Di dalam prosesnya tumbukan (*impact*) yang disebabkan oleh sebuah striker bar yang panjang akan menghasilkan pembebanan dalam jangka waktu yang berbeda, nilai data regangan dan tegangan dari hasil tumbukan (*impact*) oleh striker bar dapat dilihat dari alat pengukurannya (*strain gauges*). Hopkinson Pressure Bar juga merupakan alat yang digunakan untuk menguji beban dinamis dalam bentuk pengujian impak.

Dengan latar belakang ini maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul: “Pengaruh Ukuran Hexagonal Terhadap Kekuatan Lendutan Yang Diimpak Dengan Profil Proyektil Tumpul”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan diatas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Bagaimanakah pengaruh ukuran hexagonal pada komposit *sandwich* struktur sarang lebah yang dilakukan pada metode uji impak.
- b. Bagaimanakah efek perilaku remuk pada spesimen komposit *sandwich* struktur sarang lebah yang di impak dengan profil proyektil tumpul.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya masalah yang akan di uji, maka penulis akan membahas masalah yang berkaitan dengan pengujian, antara lain sebagai berikut :

- a. Menentukan kecepatan pembebanan yang terjadi pada saat melakukan pengujian kekuatan impak melalui grafik hasil pengujian.
- b. Menentukan jenis input bar pada saat pengujian menggunakan profil proyektil tumpul.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini. Diantaranya sebagai berikut :

1. Untuk menganalisa tegangan impak pada pengujian.
2. Untuk mengetahui hasil pengujian berupa pola kerusakan pada struktur sarang lebah.

1.5 Tujuan Khusus

1. Membuat spesimen komposit sandwich dengan pola struktur sarang lebah.
2. Mengevaluasi pengaruh perilaku remuk pada pola struktur sarang lebah yang diimpak dengan proyektil tumpul.

1.6 Manfaat

Hasil riset pengujian ini dapat menambah pengetahuan akademik tentang struktur komposit *sandwich* sarang lebah yang di impak dengan metode Split Hopkinson Pressure Bar untuk mengetahui nilai laju regangan tinggi pada material.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB 1

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

BAB 2

Tinjauan pustaka, berisikan tentang perkembangan material komposit *sandwich* dan uji impak.

BAB 3

Metodologi pengujian, berisikan tentang alat dan spesimen serta tahapan pengujian yang dilakukan untuk pengujian kekuatan impak.

BAB 4

Hasil dan pembahasan, berisikan tentang hasil dari pengujian bahan aluminium dengan uji kekuatan impak melalui grafik.

BAB 5

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat mekanik ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik. Logam ini dipergunakan secara luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tetapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, otomotif, kapal laut, konstruksi dan lain-lain. Untuk mendapatkan peningkatan kekuatan mekanik biasanya logam aluminium dipadukan dengan dengan unsur Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni, dan sebagainya. Salah satu usaha untuk mengatasi hal ini adalah dengan melakukan daur ulang. Aluminium punya sifat yang ajaib ia punya densitas yang rendah hanya sepertiga dari kepadatan atau densitas logam baja.

Pada umumnya bahan komposit adalah kombinasi antara dua atau lebih dari tiga bahan yang memiliki sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya. Aplikasi teknologi modern umumnya membutuhkan material dengan kombinasi properties yang tidak biasa, yang tidak dapat ditemukan pada logam konvensional, keramik maupun polimer. Oleh karena itulah muncul jenis material dengan kombinasi properties skala makro dan berkembang pesat pada saat sekarang ini yang disebut dengan material komposit (composite material).

2.2 Kajian Teori Komposit Sandwich

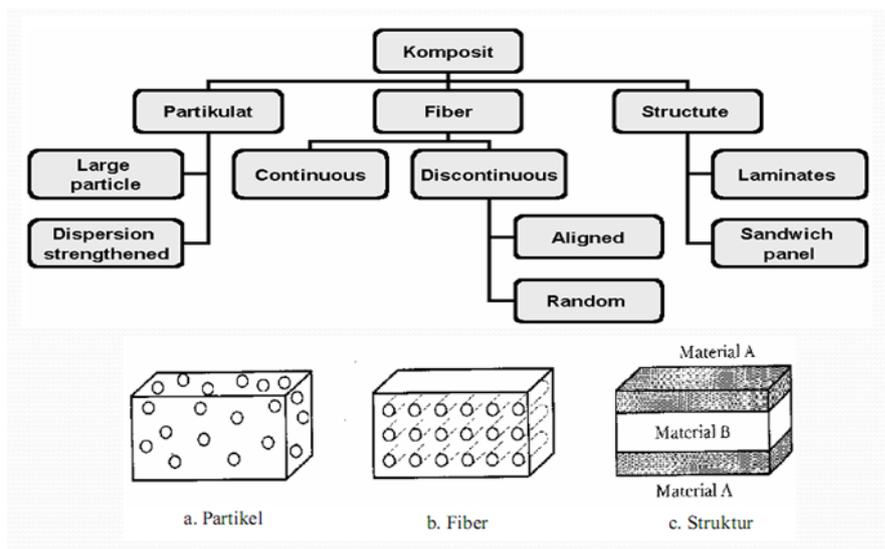
Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit bersifat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

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

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

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

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



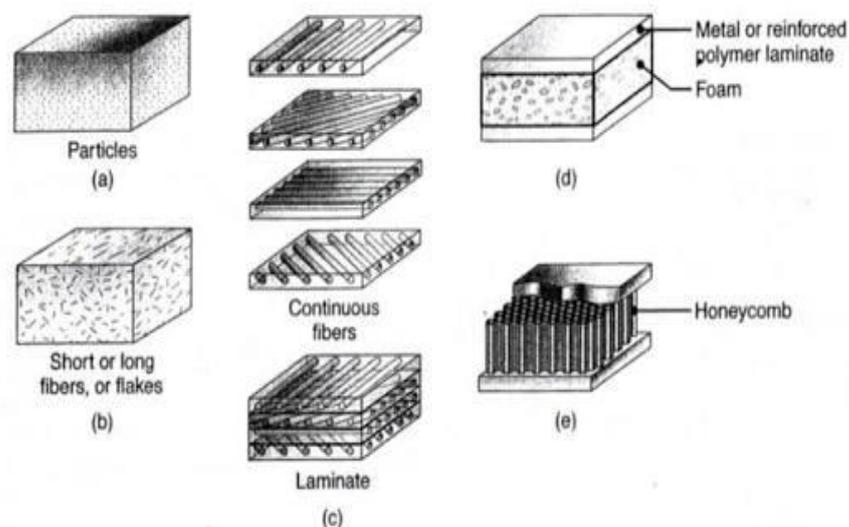
Gambar 2.1 Pengklarifikasian material komposit berdasarkan jenis penguatannya

Sandwich panel struktural yang banyak digunakan dalam konstruksi ringan terutama di industri karena kekuatan spesifik yang tinggi dan kekakuan. Struktur panel sandwich ini dengan core sarang lebah yang khas terdiri dari inti ringan dan ditutupi oleh dua lembar skin tipis. Setiap lembar skin mungkin menjadi bahan isotropik atau laminasi komposit diperkuat serat sedangkan bahan inti dapat

berupa metalik atau aramid dari struktur sarang lebah *honeycomb*. Pada 1954 pengembangan Epoxy Resin dimungkinkan untuk mengikat kulit lembaran aluminium untuk struktur sarang lebah, maka banyak perkembangan di bidang struktur sarang lebah telah terjadi. Honeycomb diproduksi dalam lima cara dasar: ikatan perekat, pengelasan resistansi, mematri, ikatan difusi dan fusi ternal. Ikatan perekat adalah metode manufaktur yang paling umum digunakan yang menghasilkan 95% dari semua core sarang lebah. Metode lainnya yang berhubungan dengan biaya tinggi dan hanya digunakan untuk memproduksi struktur sarang lebah yang harus menahan suhu tinggi atau kondisi lingkungan yang ekstrim. Dasar bentuk sel sarang lebah adalah segi enam persegi dan *flex-core*. Beberapa variasi dari konfigurasi ini adalah konfigurasi over-diperluas dibawah-diperluas dan diperkuat. Dengan memvariasikan geometri sel kepadatan dan sifat mekanik dari struktur *honeycomb*, kombinasi yang berbeda dari kelengkungan dapat diproduksi. Sel segi enam adalah jauh yang paling umum digunakan untuk struktur sarang lebah.

2.2.1 Sandwich Honeycomb

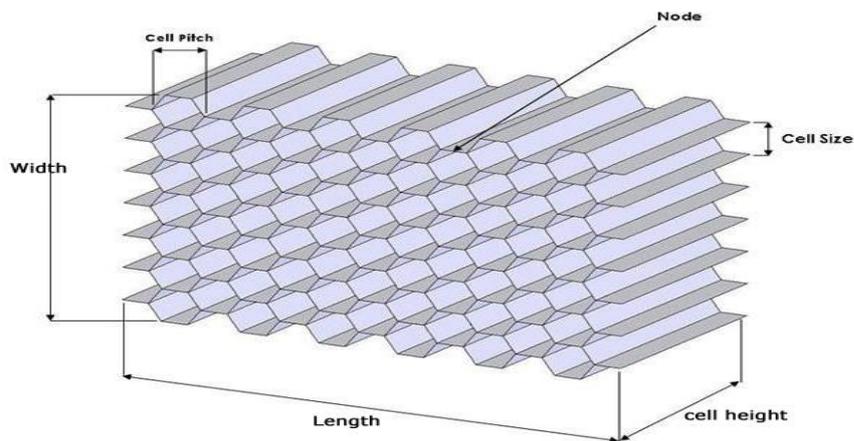
Sandwich adalah material komposit yang terdiri dari dua buah skin yang dimana diantara dua skin tersebut terdapat *core*. Struktur komposit *sandwich* terdapat pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Struktur *composite sandwich*

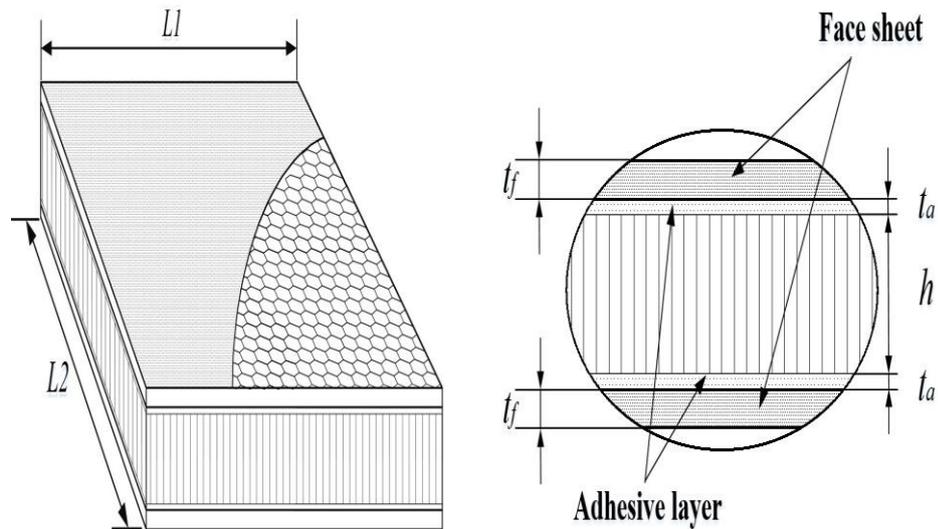
2.3 Struktur Sarang Lebah

Struktur Honeycomb Sandwich yang berbentuk sarang lebah ini terdiri dari berbagai macam material dan konfigurasi yang tidak terbatas. Struktur Honeycomb Sandwich umumnya terbuat dari material komposit sehingga didapatkan massa yang ringan terhadap konstruksi tersebut. Selain ditujukan kepada massa material konstruksi yang ringan, juga didapatkan tingkat fleksibilitas yang cukup besar dari pemilihan material komposit tersebut. Suatu segi enam beraturan adalah suatu segi enam dengan panjang sisi dan besar sudut dalam yang sama. Sudut dalam pada segi enam beraturan adalah 120 derajat. Segi enam ini memiliki 6 simetri garis dan 6 simetri putar. Diagonal terpanjang dari segienam beraturan yang menghubungkan dua titik sudut bersebrangan, panjangnya adalah dua kali panjang satu sisinya. Jadi, segi enam ini dapat dibagi menjadi enam segitiga sama sisi.



Gambar 2.3 Struktur Sarang Lebah

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



Gambar 2.4 Struktur Sarang lebah *honeycomb*

2.3.1 Pertimbangan Struktural

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

2.3.2 Teori Kegagalan Struktural

Analisa kegagalan adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan, secara keseluruhan jenis kegagalan pada material dapat terbentuk seperti *fatigue*, *wear* (keausan), korosi, *fracture*, *impact* dan lainnya. Dan kegagalan dapat terjadi karena beberapa faktor yaitu beban statik dan beban mekanis, sehingga sering timbulnya tegangan akibat beban yang melebihi.

Tabel 2.1 Modulus Kegagalan Komponen

Besaran akibat Kondisi Operasi	Sifat Kritis Material	Peristiwa Yang Akan Terjadi
Tegangan Kerja σ_w	Kekuatan Luluh	Deformasi Plastis
Tegangan Kerja σ_w	Kekuatan Tarik	Patah Statik
Tegangan amplitude	Batas lelah (Fatigue limit) σ_f	Patah Lelah
Tegangan dinamik lokal	Kekuatan luluh σ_y	Awal Retak Fatigue
Intensitas tegangan	Fracture <i>toughness</i> K_{Ic} atau K_{Ic}	Komponen yang retak lelah akan patah
Tegangan kerja σ_w	Batas mulur (<i>Creep limit</i>)	Deformasi plastis akibat creep (pada temperatur tinggi)
Tegangan kerja σ_w	Rupture <i>Strength</i>	Patah akibat creep pada temperatur tinggi
Temperatur lingkungan terlalu rendah	Temperatur transisi material	Patah getas /Penggetasan (<i>Embrittlement</i>)
Lingkungan terlalu korosif	Batas korosivitas	Serangan korosi
Tegangan Kerja σ_w	Kekuatan thd korosi tegangan σ_{scc}	Retak akibat korosi tegangan

Pada umumnya teori kegagalan terbagi menjadi tiga yaitu :

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

A. Teori tegangan normal maksimum

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

- σ_{max}
- $\sigma_{max} \geq \sigma_{yp}$ (2.1)

Secara umum teori tegangan normal maksimum adalah sebagai berikut :

- $\sigma_{max} = \frac{\sigma_{max} \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ (2.2)

Dari gambar kriteria tegangan normal maximum. Kegagalan akan terjadi jika kondisi tegangan akibat pembebanan berada diluar batas. Berikut gambar penjelasan teori tegangan normal maksimum :

2.4 Kajian Teori Pengujian Impak

Pengujian impak bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian impak merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba, 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.

Speimen uji impak berbentuk plat sandwich dengan penampang lintang persegi panjang. Beban didapatkan dari tumbukan oleh proyektil yang diberik tekanan angin sebesar 7 bar. Spesimen di posisikan pada pencekam dengan posisi horizontal yang akan ditumbuk menggunakan proyektil dan meremukkan spesimen pada titik konsentersasi tegangan untuk pukulan impak kecepat tinggi.

2.5 Split Pressure Hopkinson Bar

Hopkinson Pressure Bar pertama kali diusulkan oleh Bertram Hopkinson pada tahun 1914 sebagai cara untuk mengukur stres propagasi pulsa di sebuah bar logam. Kemudian, pada tahun 1949 H. Kolsky disempurnakan teknik Hopkinson dengan menggunakan dua batang Hopkinson dalam seri, yang sekarang dikenal sebagai bar split Hopkinson, untuk mengukur stres dan ketegangan, menggabungkan kemajuan dalam sinar katoda osiloskop dalam hubungannya dengan unit kondensor listrik untuk merekam perambatan gelombang tekanan di bar tekanan seperti yang dipelopori oleh RM Davies tahun sebelumnya pada tahun

1948. Modifikasi kemudian telah memungkinkan untuk tarik, kompresi, dan pengujian torsi.

Meskipun ada berbagai setup dan teknik yang sedang digunakan untuk tekanan bar Split-Hopkinson, prinsip-prinsip yang mendasari untuk pengujian dan pengukuran yang sama. Spesimen ditempatkan antara ujung dua bar lurus, disebut insiden bar dan bar ditransmisikan. Pada akhir insiden bar (agak jauh dari spesimen, biasanya di ujung), sebuah gelombang stres adalah dibuat yang menyebar melalui bar menuju spesimen. Gelombang ini disebut sebagai gelombang insiden, dan setelah mencapai spesimen, terbagi menjadi dua gelombang yang lebih kecil. Salah satu yang, gelombang yang ditransmisikan, perjalanan melalui spesimen dan ke bar menular, menyebabkan deformasi plastik dalam spesimen. Gelombang lain, yang disebut gelombang yang dipantulkan, tercermin dari spesimen dan perjalanan kembali ke bar insiden.

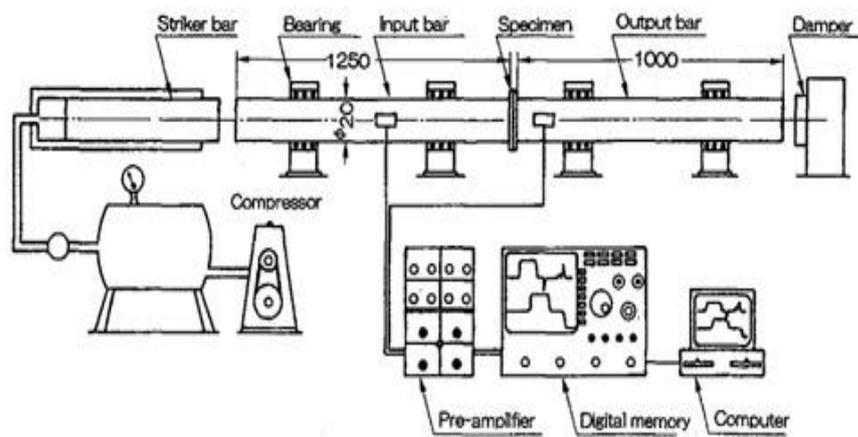
Kebanyakan setup modern menggunakan *strain gages* di bar untuk mengukur strain yang disebabkan oleh gelombang. Dengan asumsi deformasi pada spesimen adalah seragam, stres dan ketegangan dapat dihitung dari amplitudo kejadian, ditransmisikan, dan tercermin gelombang.

Pengujian ketegangan di Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB) lebih kompleks karena variasi metode bongkar lampiran spesimen insiden dan transmisi bar. Bar Ketegangan pertama dirancang dan diuji oleh Harding et al. pada tahun 1960, desain yang terlibat menggunakan bar berat berongga yang terhubung ke ulir spesimen dalam bar berat. Gelombang tarik diciptakan oleh berdampak bar berat badan dengan seekor domba jantan dan memiliki gelombang kompresi awal mencerminkan sebagai gelombang tarik dari ujung bebas. Terobosan lain dalam desain SHPB dilakukan oleh Nichols yang digunakan setup kompresi yang khas dan logam berulir spesimen pada kedua insiden dan transmisi berakhir, sementara menempatkan kerah komposit lebih spesimen. Spesimen memiliki cocok nyaman pada insiden dan sisi transmisi untuk melewati gelombang kompresi awal yang akan menciptakan gelombang kompresi awal oleh dampak di akhir insiden dengan striker, tapi ketika gelombang kompresi mencapai spesimen, benang tidak akan dimuat. Gelombang kompresi idealnya akan melewati kerah komposit dan kemudian mencerminkan dari ujung bebas dalam ketegangan. Gelombang tarik

kemudian akan menarik pada spesimen. Metode pembebanan berikutnya merevolusi oleh Ogawa pada tahun 1984. Sebuah striker hollow digunakan untuk dampak flange yang berulir untuk mengakhiri pada bar insiden. Striker ini didorong dengan menggunakan salah satu senjata gas atau disk yang berputar. Spesimen sekali lagi melekat pada insiden dan transmisi bar melalui threading.

2.5.1 Prinsip Kerja Split Hopkinson Pressure Bar

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



Gambar 2.5 Bagian utama Split Hopkinson pressure Bar.

2.6 Kecepatan Rambat Gelombang Impak

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

- $L_0 = 2.L_{SB}$

$$(2.1)$$

Persamaan panjang sinyal gelombang pada (Gambar 2.4) dapat diketahui dan dihitung dalam Pers. 2.1 berikut.

- $t_0 = \frac{2.L_{SB}}{C_0}$

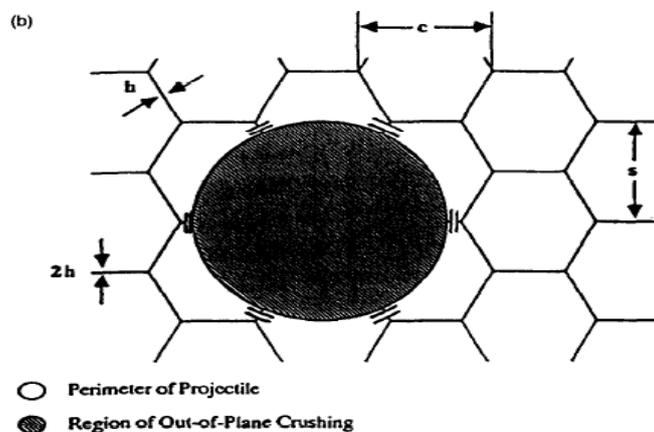
$$(2.2)$$

Dimana L_{SB} merupakan panjang striker bar. Sedangkan persamaan waktu rambatan sinyal gelombang saat bertumbukan (*wave velocity*) dapat dihitung dengan Pers.2.2.

2.7 Proyektil

Dalam penelitian ini proyektil yang di gunakan berjenis proyektil berhidung tumpul. Proyektil ini akan menumbuk spesimen dengan kecepatan variasi yang dirancang sesuai spesifikasi yang di rencanakan. Proyektil tumpul di gerakkan oleh kompressor dengan tekanan angin yang berkisar 7 Bar. Proyektil ini sendiri di kunci pada input bar yang akan terdorong menumbuk spesimen jika tombol pada selenoid di tekan.

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



Gambar 2.6 Tumbukan proyektil terhadap spesimen

BAB 3

METOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

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

3.1.2 Waktu Penelitian

Adapun waktu pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 dan langkah-langkah penelitian yang dilakukan dibawah ini.

Tabel 3.1 Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian

No	Kegiatan	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar
1	Pengajuan Judul							
2	Studi literature							
3	Perancangan Cetakan dan Spesimen							
4	Pembuatan Spesimen							
5	Pelaksanaan Pengujian							
6	Penyelesaian Skripsi							

Dilihat dari gambar 3.1 diagram alir percobaan penelitian adalah untuk mempersiapkan alat uji Split Hopkinson Bar, selanjutnya mempersiapkan spesimen yang akan di uji berupa plat aluminium yang dibentuk menjadi struktur sarang lebah, kemudian melaksanakan penelitian spesimen kekuatan lendutan yang diuji secara static dan setelah itu mencatat hasil dari pengujian.

3.3 Bahan dan Alat

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

3.3.1 Bahan

1. Lembaran Aluminium

Lembaran aluminium 0,4 mm yang digunakan untuk membuat core struktur sarang lebah yang dibentuk menggunakan alat pencetak *core*, lembaran aluminium 0,2 mm digunakan 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 ×10 ³ psi)
3	Modulus Young	69 GPa (10×10 ⁶ psi)
4	Poison Ratio	0,33



Gambar 3.2 Lembaran Aluminium

1. Lem Kambing

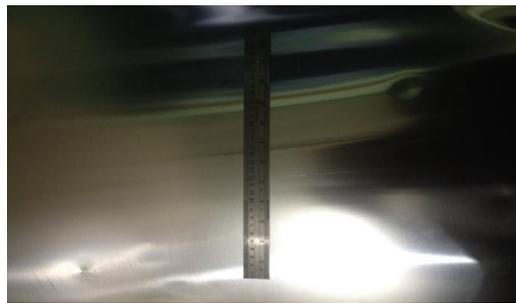
Lem ini digunakan karena mempunyai karakteristik yang baik, dan lem ini berfungsi digunakan untuk menyatukan *core* dan *skin* pada struktur sarang lebah.



Gambar 3.3 Lem Kambing

2. Penggaris

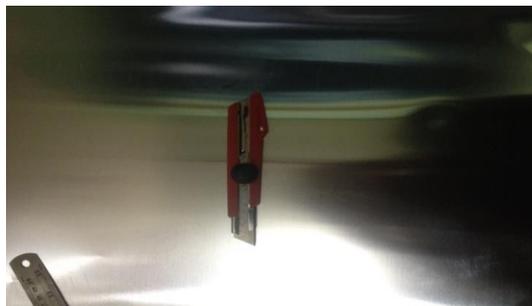
Berfungsi sebagai alat ukur yang digunakan untuk mengukur plat aluminum yang akan digunakan.



Gambar 3.4 Penggaris

3. Pisau Cutter

Kegunaan dari pisau *cutter* ini yaitu untuk memotong plat aluminium yang sudah diukur.



Gambar 3.5 Pisau Cutter

3.3.2 Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Alat uji Hopkinson Pressure Bar

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



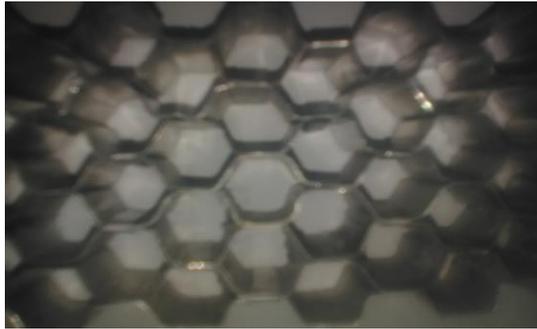
Gambar 3.6 Alat Uji Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB)

2. Spesimen

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



Gambar 3.7 Benda Uji Sarang Lebah Diameter 2 mm



Gambar 3.8 Benda Uji Sarang Lebah Diameter 6 mm

Tabel 3.3 Ukuran Benda Uji

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

3. Kompresor (*Gas Gun*)

Kompresor digunakan sebagai tekanan berupa gas atau udara. Pada pengujian Split Hopkinson Pressure Bar ini, kompresor berfungsi untuk meningkatkan tekanan pada saat melepaskan tembakan pada *striker bar*. Yang kemudian akan mendorong ke arah input bar (*incident bar*) dan diteruskan ke arah output bar (*transmitted bar*). Adapun spesifikasi kompresor yang digunakan :

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



Gambar 3.9 Kompresor (*Gas Gun*)

4. Solenoid Valve

Solenoid berfungsi untuk mengontrol saluran udara yang dikeluarkan oleh kompresor (*gas gun*). Solenoid ini memiliki 2 lubang, yaitu lubang inlet dan outlet yang dapat menutup dan membuka saluran udara pada saat yang kita inginkan.



Gambar 3.10 Solenoid Valve

5. Selang Angin

Merupakan bagian dari bahan yang digunakan untuk melakukan pengujian. Selang angin dipasang pada ujung mulut kompresor dan ujung striker bar yang ditengah pada keduanya akan dipasang solenoid.



Gambar 3.11 Selang angin

6. Tombol Switch

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



Gambar 3.12 Tombol switch

3.4 Prosedur Penelitian

Sebelum melakukan pengujian, terlebih dahulu melakukan pembentukan spesimen yang terbuat dari bahan aluminium paduan, yang kedua ujungnya dibentuk dengan menggunakan ulir untuk menahan spesimen diantara input dan output bar, lalu pembuatan collar yang merupakan penerus gelombang yang ditimbulkan saat terjadinya impak.

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

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



Gambar 3.13 Pemasangan solenoid

3. Memasang tombol switch



Gambar 3.14 Pemasangan tombol switch

4. Mengisi tekanan angin pada kompresor sesuai tekanan bar yang dibutuhkan



Gambar 3.15 Mengisi tekanan angin

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

8. Membuka keran udara untuk mengalirkan udara dari kompresor yang sudah berisikan udara.
9. Menekan tombol switch untuk membuka saluran udara dari kompresor mengalir untuk memberikan sebuah tekanan ataupun dorongan menuju saluran selang striker bar.
10. Setelah melakukan pengujian, menganalisa hasil pengujian spesimen berupa data yang dapat dilihat di perangkat komputer berupa sinyal gelombang akibat tumbukan antara input dan output bar.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan

4.1.1 Hasil pembuatan Cetakan Spesimen Struktur Sarang Lebah

Setelah dilakukan proses permesinan hasil dari pembuatan cetakan spesimen struktur sarang lebah dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Cetakan spesimen struktur sarang lebah

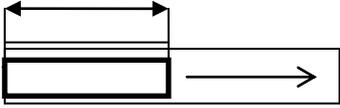
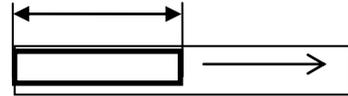
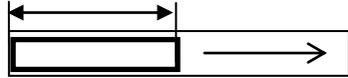
4.1.2 Spesimen Berbentuk Struktur Sarang Lebah

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



Gambar 4.2 Spesimen jenis core struktur sarang lebah

Tabel 4.1 jarak striker bar

No	Jarakstriker bar (mm)	Gambar	Sudut Peletakanspesimen
Spesimen 1	1500 mm		Normal 90°
Spesimen 2	1500 mm		Miring 60°
Spesimen 3	1500 mm		Miring 45°

4.2 Pengujian impak dengan sudut normal

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



Gambar 4.3 pengukuran sudut normal 90 drajat sebelum di uji



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

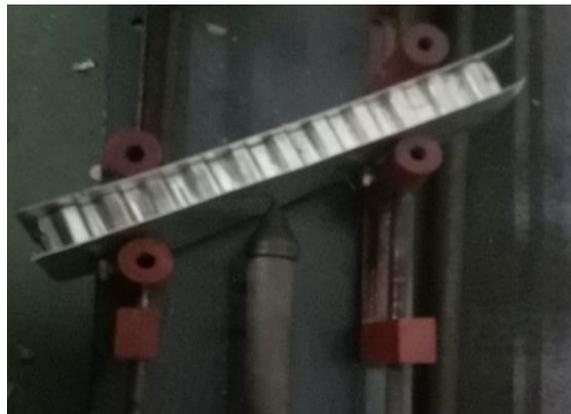
Pada percobaan pertama ini spesimen di uji dengan tekanan 7 bar dengan sudut 90 drajat atau sudut normal adapun hasil dari perhitungan yang dapat sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sudut Normal 90 Drajat

Sudutpeletakanspesimen	Deformasi	Lendutan	Ukuran
90°	176 mm	42,6 mm	6 mm
90°	207 mm	18,8 mm	2 mm

4.3 Pengujian impak dengan sudut Miring 60 drajat

Berdasarkan pengujian sudut 60 dengan tekanan udara 7 bar terhadap 28 spesimen sarang lebah dapat di lihat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6.



Gambar 4.5 pengukuran sudut normal 60° sebelum di uji



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

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sudut Miring 60 Drajat

Sudutpeletakanspesimen	Deformasi	Lendutan	Ukuran
60°	200 mm	17,6 mm	6 mm
60°	130 mm	8,2 mm	2 mm

4.4 Pengujian impak dengan sudut Miring 45 drajat

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



Gambar 4.7 pengukuran sudut normal 45 drajat sebelum di uji

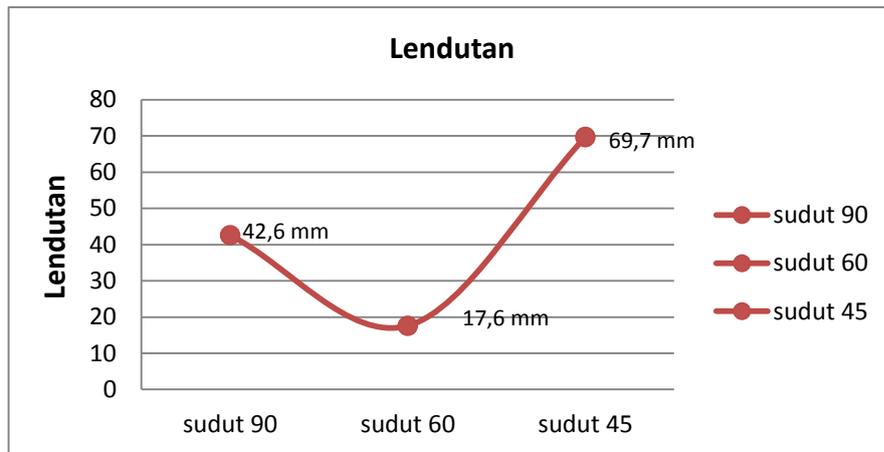


Gambar 4.8 hasil Spesimen setelah di uji dengan sudut miring 45drajat

Tabel 4.4 Pengujian Sudut Miring 45 Drajat

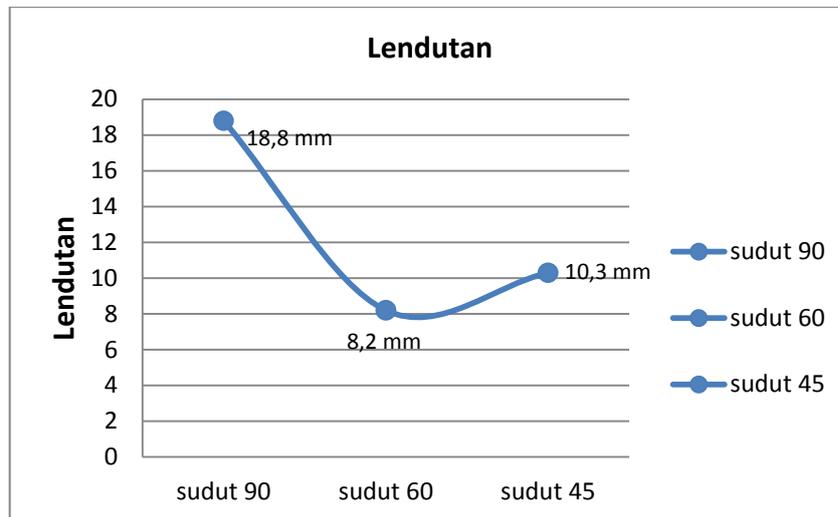
Sudut peletakan specimen	Deformasi	Lendutan	ukuran
45°	202 mm	69,7 mm	6 mm
45°	208 mm	10,3 mm	2 mm

a. Grafik Spesimen Ukuran 6 mm



Gambar 4.9 Grafik Lendutan Ukuran 6 mm

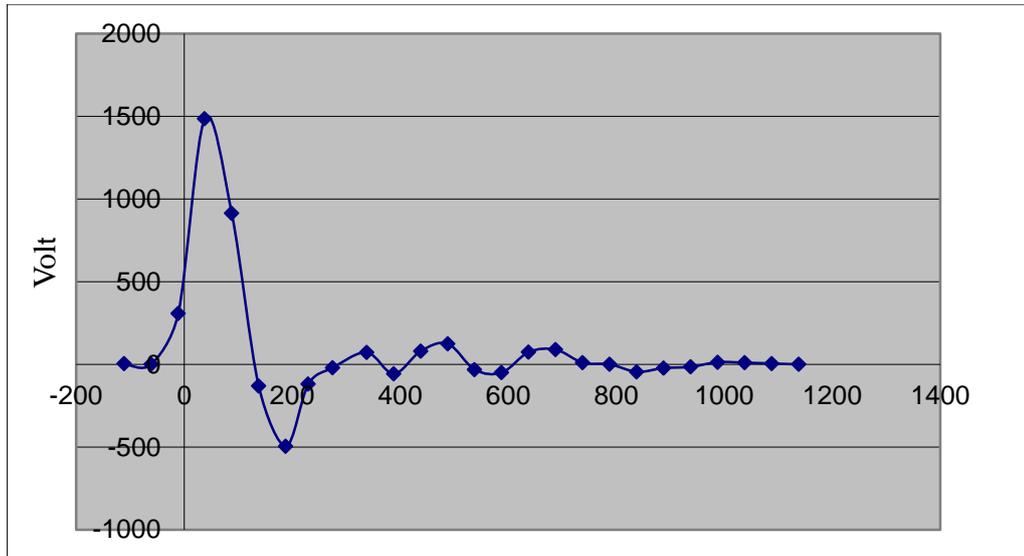
b. Grafik Spesimen Ukuran 2 mm



Gambar 4.10 Grafik Lendutan Ukuran 2 mm

Hasil dari pengujian spesimen sarang lebah dengan menggunakan proyektil tumpul mengakibatkan terjadinya lendu tanpa ada titik tengah spesimen hingga melengkung.

1. Grafik Pengujian Spesimen pertama



Gambar 4.11 Grafik percobaan pada spesimen 1

a. Perhitungan nilai Strain Impak

e_0 = Output Voltage

k_s = Gage Faktor

ϵ_0 = Stain

ϵ = Bridge Voltage

Rg = Gauge Resistance

R = Fixed Resistance

ϵ_s = Strain Faktor

b. Perhitungan Nilai Strain Pada Pengujian 7 bar

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

$$e_0 = E / K_s \epsilon_s \quad 4 e_0 = \frac{9}{4} \cdot 2,08 = 16,03$$

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

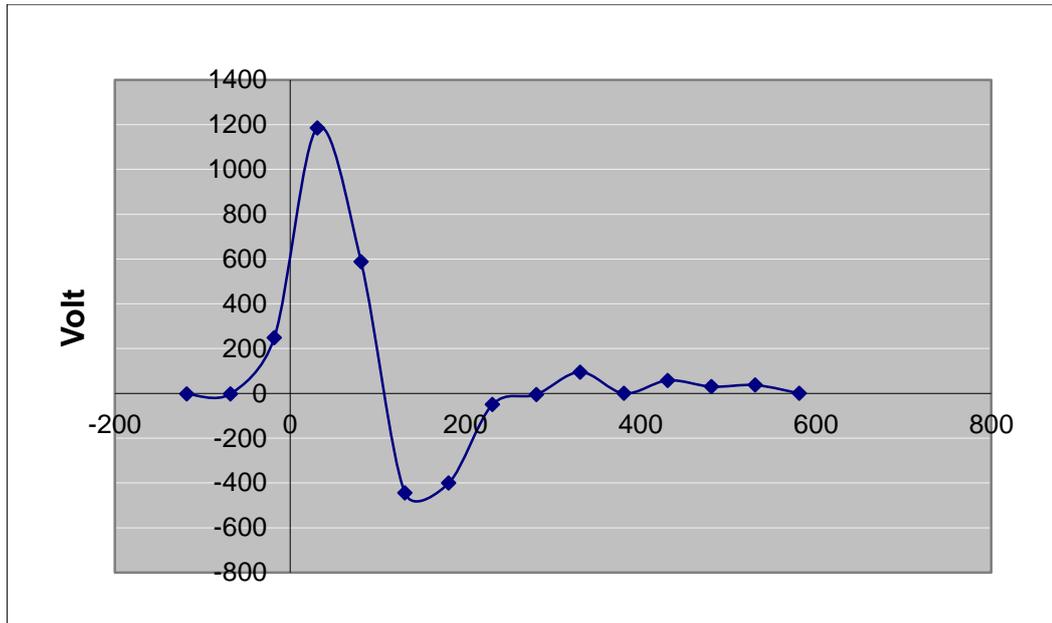
c. Perhitungan Tegangan Impak

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

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

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

2. Grafik Pengujian Spesimen Kedua



Gambar 4.12 Grafik setelah pengujian kedua

a. Perhitungan Tegangan Impak

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

Dimana :

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

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

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

b. Perhitungan Nilai Strain Pada Pengujian 6 bar

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

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

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

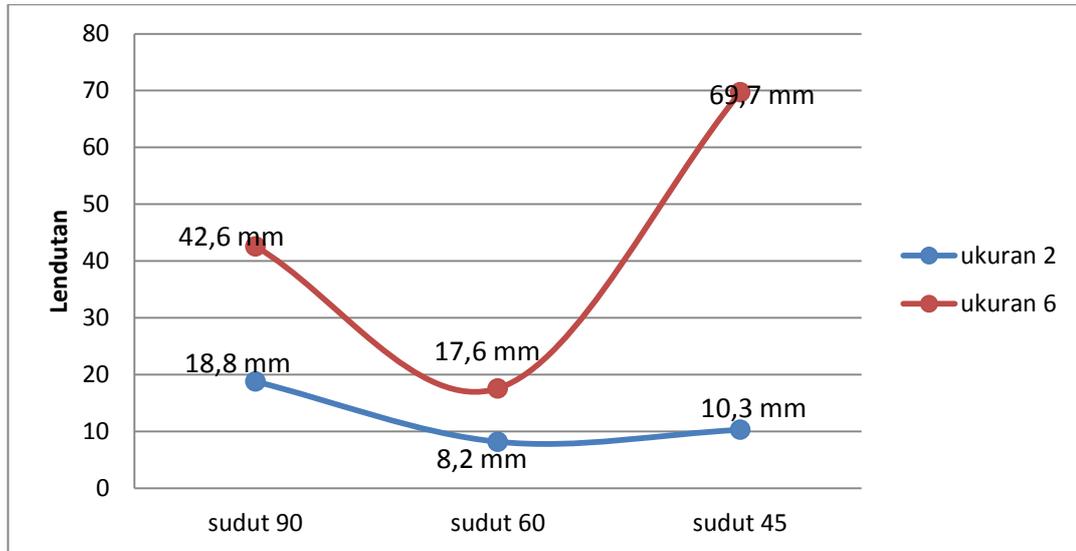
c. Perhitungan Tegangan Impak

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

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

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

A. Perbandingan Lendutan Spesimen Ukuran 6 mm Dan 2 mm



Gambar 4.13 Hasil Perbandingan lendutan

4.5 Pembahasan

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

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada saat pembuatan spesimen sangat berpengaruh pada tekstur sarang lebah dan juga berpengaruh pada kekuatan struktur sarang lebah itu sendiri.
2. Semakin tinggi tekanan bar, maka perubahan nilai deformasi pada spesimen semakin besar begitu juga sebaliknya.
3. Saat pengujian impak pada sarang lebah grafik yang di hasilkan strain guges kurang maksimal karna saat melakukan pengujian pada noise yang besar di sekitar pengujian mengakibatkan grafik kurang stabil.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukannya penelitian yang lebih mendalam tentang material komposit *sandwich honeycomb* dengan membuat perbandingan simulasi.
2. Pada mesin uji sebaiknya di perbaharui agar dapat menghasilkan pengujian yang lebih baik.
3. Supaya di tingkatkan lagi kerapian Lab Teknik Mesin Umsu agar pembuatan dan pengujian tugas akhir lebih kondusif.

DAFTAR PUSTAKA

- Harding J., Wood, E. D., Campbell, J. D., (1960) 'Tensile testing of material at impact rates of strain.' J Mech. Eng. Sci. Vol.2, pp.88-96.
- Kaiser, Advancements in the Split Hopkinson Bar Test, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, 1998, 94 Pages.
- Lindholm, U. S., (1971) 'High strain rate tests.' Chapter 3, Appendix A in *techniques of metals research*, Vol.5, Pt.1 (Ed. by R. Bunshah), John Wiley & sons.
- N. Tasneem, study of wave shaping technique os Split Hopkinson Pressure Bars using finite element analysis, 2002, 93 Pages.
- Nicholas,T., Bless, S.J; High stain rate tension testing; ASM Handbook Vol.8. 3rd ed, 208-214, (1991).
- Shukla, A., and Dally, J.W. Experimental Solid Mechanics. Chapter 17, College House Enterprises, L.L.C, 5713 Glen Cove Drive. Knoxville, TN 37919, 2010, U.S.A.
- Siregar,D.(2013)Aluminium.<http://siregarblogbaru.blogspot.co.id/2013/08/makalah-aluminium.html>, diakses 23 agustus 2016.
- Tata Surdia, dan Shinroku Saito. (2005) Pengetahuan Bahan Teknik. PT. Praditya Paramita, Jakarta.
- Xu Ming-ming, Huang Guang-yan, Feng Shun-shan, Qin Xiang-yu, Mcshane G.J Stronge W.J. (2015). Perforation Resistance of Aluminium Sandwich Structure. *Materials and Design*, Vol.0 (2016), pp.1-25.
- Zhang Kai, Deng Zichen, Meng Junmiao, Xu Xiaojion, Wong Yan. (2014). Symplectic Analysis of Dinamic Properties of Hexagonal Honeycomb Sandwich Tubes with Plateau Borders. *Jurnal of Sound and Vibration*. Vol.351 (2015), pp.177-188.