

TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PENGARUH UKURAN HEXAGONAL TERHADAP
KEKUATAN LENDUTAN PADA STRUKTUR SARANG
LEBAH YANG DIUJI SECARA STATIK

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

Disusun Oleh :

NAMA : BAMBANG SYAHPUTRA

NPM : 1207230010



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

LEMBAR PENGESAHAN - I

**TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR**

**PENGARUH UKURAN HEXAGONAL TERHADAP
KEKUATAN LENDUTAN PADA STRUKTUR SARANG
LEBAH YANG DIUJI SECARA STATIK**

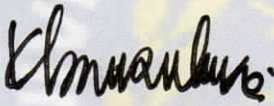
Disusun Oleh :

BAMBANG SYAHPUTRA

1207230010

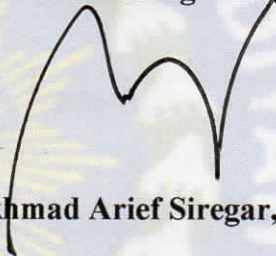
Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Pembimbing – I



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


Pembimbing – II



(Dr. Rakhmad Arief Siregar, M.Eng)

Diketahui Oleh:

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T)

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

LEMBAR PENGESAHAN - II

**TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR**

**PENGARUH UKURAN HEXAGONAL TERHADAP
KEKUATAN LENDUTAN PADA STRUKTUR SARANG
LEBAH YANG DIUJI SECARA STATIK**

Disusun Oleh :

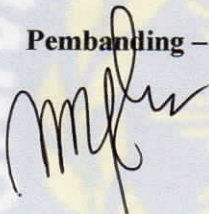
BAMBANG SYAHPUTRA

1207230010

**Telah Diperiksa dan Diperbaiki
Pada Seminar Tanggal 13 Maret 2018**

Disetujui Oleh :

Pembanding – I



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

Pembanding – II



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

Diketahui Oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin


(Affandi, S.T)

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



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

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

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR SPESIFIKASI

TUGAS SARJANA

Nama Mahasiswa : **BAMBANG SYAHPUTRA**
NPM : **1207230010**
Semester : **XI (Sebelas)**
Spesifikasi : **Pengaruh Ukuran Hexagonal Terhadap Kekuatan
Lendutan Pada Struktur Sarang Lebah Yang Diuji
Secara Statik**

Diberikan Tanggal :
Selesai Tanggal :
Asistensi : 1 Minggu
Tempat Asistensi : Kampus UMSU

Medan, 09 MARET 2018

Diketahui Oleh :
Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T)

Dosen Pembimbing – I

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



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

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

Bila menjawab surat ini agar disebutkan
 Nomor dan tanggalnya

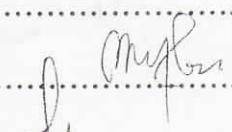

DAFTAR HADIR ASISTENSI
 TUGAS SARJANA

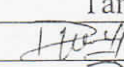


NAMA : BAMBANG SYAHPUTRA
 NPM : 1207230010
 PEMBIMBING – I : Khairul Umurani,S.T.,M.T.
 PEMBIMBING – II : Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1.	9 DESEMBER 2017	Pemberian Spesifikasi Tugas	le
2.	16 DESEMBER 2017	Perbincangan tugas	le
3.	13 JANUARI 2018	Perbincangan tugas pustaka	le
4.	20 JANUARI 2018	Rangut ke pembimbing II	le
5.	29 FEB 2018	partisipasi bab III	le
6.	29 FEB 2018	partisipasi bab IV	le
7.	29 FEB 2018	Kembali ke Pemb I	le
		Ace, Samudra	le

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

Peserta Seminar
 Nama : Bambang Syahputra
 NPM : 1207230010
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Ukuran Hexagonal Terhadap Kekuatan Len –
 Dutan Pada Struktur Sarang Lebah Yang Diuji Secara Statik

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

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1207230130	JULIO ELGA PRATAMA	
2	1307230232	HENDRI FAWZI	
3	1407230161	AHMAD SAPITRA SIREGAR	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 22 Djum. Akhir 1439 H
13 Maret 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin




Affandi.S.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Bambang Syahputra
NPM : 1207230010
Judul T.Akhir : Pengaruh Ukuran Hexagonal Terhadap Kekuatan Lendutan Pada Struktur Sarang lebah Yang Diuji Secara Statik.

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

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
*perbaikan: bab I, tujuan, rumusan, bab II, bab pengelasan SPHB
bab III Flow chart, bab III, kesimpulan*
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 24 Djum.Akhir 1439H
13 Maret 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Affandi.S.T
Affandi.S.T



Dosen Pemanding- I
M.Yani
M.Yani.S.T.M.T

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

NAMA : Bambang Syahputra
NPM : 1207230010
Judul T.Akhir : Pengaruh Ukuran Hexagonal Terhadap Kekuatan Lendutan Pada Struktur Sarang lebah Yang Diuji Secara Statik.

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

KEPUTUSAN

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

.....
lihat buku skripsi
.....

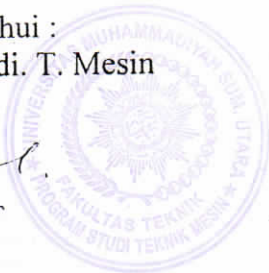
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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


Medan 24 Djum.Akhir 1439H
13 Maret 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin


Affandi.S.T



Dosen Pembanding- II


H.Muharnif.S.T.M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : BAMBANG SYAHPUTRA
Tempat/Tgl Lahir : Blok VI Baru, 04 September 1994
NPM : 1207230010
Bidang Keahlian : Konstruksi Dan Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana (skripsi) saya ini yang berjudul :

“PENGARUH UKURAN HEXAGONAL TERHADAP KEKUATAN LENDUTAN PADA STRUKTUR SARANG LEBAH YANG DIUJI SECARA STATIK”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas 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 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, 01 April 2018



Saya yang menyatakan,

(BAMBANG SYAHPUTRA)

ABSTRAK

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. Uji *bending* adalah salah satu jenis pengujian material yang dilakukan untuk menentukan sifat mekanik suatu teknik material. Dalam prakteknya masih ada beberapa praktisi yang memperhatikan aspek pengujian bahan dan pengaruh variasi dalam dimensi spesimen untuk membengkokkan data hasil tes. Untuk alat uji lentur dirancang untuk mempelajari pengaruh variasi dalam dimensi spesimen pada lengkungan uji. Pengujian dilakukan menggunakan alat uji dengan alat lentur sistem hidrolik. Pengujian spesimen uji dengan 2 ukuran *hexagonal* yang berbeda, yaitu ukuran 2 mm dan 6 mm, dengan panjang (L) 210 mm lebar (b) 55 mm dan tinggi (h) 20 mm. Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah tiga titik lentur (*3 Point Bending*). Variasi tekanan bukaan katub hidraulik dan waktu yang dibutuhkan hingga spesimen/benda uji untuk mendapatkan tekanan maksimum dari *pressstyle* hidrolik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi tekanan bukaan katub dan penyatuan core dengan skin sangat mempengaruhi kekuatan spesimen pada gaya tekan yang terjadi selama pengujian. Dari hasil data pengujian tekan statik pada spesimen struktur sarang lebah ukuran 6 mm dengan 6 buah spesimen uji maka diperoleh hasil lendutan tertinggi pada percobaan spesimen ke 4 dengan tekanan bukaan katub 2,5 dengan nilai lendutan 40,35 mm. Sedangkan pada spesimen struktur sarang lebah dengan ukuran 2 mm dengan 6 buah spesimen uji maka diperoleh hasil lendutan tertinggi pada percobaan spesimen ke 1 dengan tekanan bukaan katub 0,5 dengan nilai lendutan 36,32 mm.

Kata Kunci: Struktur Sarang Lebah (Honeycomb), Pembengkokan Tiga Titik Lentur (3 Point Bending) Uji Tekan Statik.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji dan syukur pertama dan utama Penulis sampaikan kepada sang Pencipta Semesta, yakni Allah SWT Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang, yangtelah memberikan Berkah, Rahmat dan Hidayah-Nya kepada Penulis, sehingga Tugas Sarjana ini dapat diselesaikan.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul Tugas Sarjana ini adalah **“Pengaruh Ukuran Hexagonal Terhadap Kekuatan Lendutan Pada Struktur Sarang Lebah Yang Diuji Secara Statik”**.

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

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

1. Kepada Orang Tua yang disayangi (Katino dan Ramsiyah) sebagaimana mereka yang tidak pernah bosannya memberikan dorongan semangat, nasihat serta doa atas perjuangan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
2. Kepada Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.Sc, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Kepada Bapak Affandi S.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

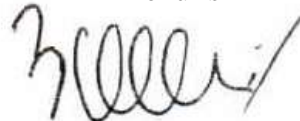
4. Kepada Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T, selaku dosen pembimbing-I yang telah membimbing, memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
5. Kepada Bapak Dr. Rakhmad Arief Siregar M.Eng, selaku dosen pembimbing-II yang telah membimbing, memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
6. Bapak A. Yani, S.T.,M.T, selaku pembimbing-I yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga Tugas Sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
7. Bapak H. Muharnif, S.T.,M.Sc, selaku pembimbing-II yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga Tugas Sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
8. Kepada Bapak/Ibu Dosen dan staff pegawai di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bekal pengetahuan dan bantuan hingga akhir studi.
9. Kepada Seluruh Asisten Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu dan memberikan arahan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
10. Kepada Abang dan kakak, Ramli, Edi Maryanto, Serka Suwito, Nurelidah S.Pd, sebagai penyemangat sekaligus penasihat penulis untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
11. Kepada seluruh sahabat-sahabat dan rekan seperjuangan di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan yang utama pada kelas A1 Pagi stambuk 2012 yang telah membantu menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
12. Kepada rekan satu tim (Hopkinson Team), Ardiansyah, Maulana (gelek), puger dan julio, yang telah berjuang dari awal hingga akhir untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
13. Kepada seluruh Crew Bintang Comp/JMS terkhusus abangda Andi Itink yang telah membantu dan memfasilitasi untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.

14. Kepada Ema Safitri Amd.Keb, yang telah memberikan motivasi, semangat dan nasehat untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
15. Kepada keluarga dan teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu, penulis ucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya.
16. Kepada Keluarga Besar HMM FAKULTAS TEKNIK UMSU yang telah mendukung dan memberi semangat sekaligus mengajarkan tentang Organisasi yang tidak didapat didalam Akademik.
17. Terima kasih banyak kepada kawan-kawan divisioner Himpunan Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara stambuk 2012. Saudara M. Juhry Sipayung S.T, M. Fachry Zandrato S.T, Hardiansyah Pratama S.T, Rajali Siregar S.T, Ardiansyah S.T, Arifin Ilyas S.T, Yongki Simbolon S.T, yang sudah memberikan kritik dan saran serta semangat dalam penulisan Tugas Sarjana ini.

Semoga Tugas Sarjana ini dapat memberikan manfaat dan tambahan ilmubagi pembaca.

Medan, 01 Maret 2018

Penulis



Bambang Syahputra

1207230010

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN-I	
LEMBAR PENGESAHAN-II	
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
LEMBAR ASISTENSI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat penelitian	4
1.5.1 Bagi Akademik	4
1.5.2 Bagi Penulis	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Teori Komposit	6
2.1.1 Kelebihan Bahan Komposit	6
2.1.2 Kekurangan Bahan Komposit	7
2.1.3 Klasifikasi Komposit	8
2.2 Komposit <i>Sandwich</i>	9
2.3 Sarang Lebah (<i>Honeycomb</i>)	11
2.3.1 Struktur Sarang Lebah (<i>Honeycomb</i>)	12
2.3.2 Fenomena Struktur pada Sarang Lebah	15
2.4 Aluminium	16
2.4.1 Klasifikasi Aluminium	16
2.5 Lendutan (<i>Defleksi</i>)	19
2.5.1 Jenis-Jenis Tumpuan	21
2.5.2 Jenis-Jenis Pembebanan	23
2.5.3 Jenis-Jenis Batang	24
2.5.4 Fenomena Lendutan Batang	26
2.6 Deformasi	26
2.6.1 Tegangan (<i>Stress</i>)	28
2.6.2 Regangan (<i>Strain</i>)	29
2.7 Uji tekan (<i>Press Test</i>)	31
2.7.1 Pengujian tekan statik	32
2.7.2 Fenomena Pada Uji Tekan	33

BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	35
3.1.1	Tempat Penelitian	35
3.1.2	Waktu Penelitian	35
3.2	Bahan dan Alat Penelitian	36
3.2.1	Bahan Penelitian	36
3.2.2	Alat Penelitian	39
3.3	Proses Pembuatan Struktur Sarang Lebah (<i>Honeycomb</i>)	41
3.4	Diagram Alir Penelitian	46
3.5	Prosedur Penelitian	47
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1	Hasil Pembuatan Spesimen Struktur Sarang Lebah	48
4.2	Hasil Pengujian Kekuatan Lendutan Pada Struktur Sarang Lebah Ukuran 6 mm	50
4.2.1	Spesimen 1	51
4.2.2	Spesimen 2	52
4.2.3	Spesimen 3	53
4.2.4	Spesimen 4	54
4.2.5	Spesimen 5	55
4.2.6	Spesimen 6	56
4.3	Hasil Pengukuran Lendutan Pada Spesimen Uji Ukuran 6 mm	57
4.3.1	Spesimen 1	57
4.3.2	Spesimen 2	57
4.3.3	Spesimen 3	58
4.3.4	Spesimen 4	58
4.3.5	Spesimen 5	59
4.3.6	Spesimen 6	59
4.4	Hasil Pengujian Kekuatan Lendutan Pada Struktur Sarang Lebah Ukuran 2 mm	61
4.4.1	Spesimen 1	62
4.4.2	Spesimen 2	63
4.4.3	Spesimen 3	64
4.4.4	Spesimen 4	65
4.4.5	Spesimen 5	66
4.4.6	Spesimen 6	67
4.5	Hasil Pengukuran Lendutan Pada Spesimen Uji	68
4.5.1	Spesimen 1	68
4.5.2	Spesimen 2	68
4.5.3	Spesimen 3	69
4.5.4	Spesimen 4	69
4.5.5	Spesimen 5	70
4.5.6	Spesimen 6	70
4.6	Pembahasan Kekuatan Lendutan Pada Struktur Sarang Lebah	73
4.6.1	Pembahasan Pada Spesimen Struktur Sarang Lebah Ukuran 6 mm	73

4.6.2 Pembahasan Pada Spesimen Struktur Sarang Lebah Ukuran 2 mm	74
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1:	<i>Sandwich Honeycomb</i>	10
Gambar 2.2:	Bentuk Sarang Lebah	11
Gambar 2.3:	Bentuk Sel Sarang Lebah	13
Gambar 2.4:	Spesifikasi Sarang Lebah	14
Gambar 2.5:	Struktur Sarang Lebah	14
Gambar 2.6:	(a) Balok sebelum terjadi deformasi,	19
Gambar 2.7:	Tumpuan Engsel	22
Gambar 2.8:	Tumpuan Rol	22
Gambar 2.9:	Tumpuan Jepit	23
Gambar 2.10:	Pembebanan Terpusat	23
Gambar 2.11:	Pembebanan Terbagi Merata	24
Gambar 2.12:	Pembebanan Bervariasi uniform	24
Gambar 2.13:	Batang tumpuan sederhana	24
Gambar 2.14:	Batang kantilever	25
Gambar 2.15:	Batang Overhang	25
Gambar 2.16:	Batang menerus	25
Gambar 2.17:	Regangan dan tegangan deformasi	27
Gambar 2.18:	pengujian tekan	32
Gambar 3.1:	Lembaran Aluminium	36
Gambar 3.2:	Lem Setan dan Bubuk Ajinomoto	37
Gambar 3.3:	Lem Kambing	37
Gambar 3.4:	Penggaris	38
Gambar 3.5:	Pisau <i>Cutter</i>	38
Gambar 3.6:	Alat Uji Tekan	39
Gambar 3.7:	Cetakan pembuat spesimen <i>honeycomb</i> ukuran 2 mm	41
Gambar 3.8:	Cetakan pembuat spesimen <i>honeycomb</i> ukuran 6 mm	41
Gambar 3.9:	Mencetak Spesimen	42
Gambar 3.10:	Pengeleman <i>Core</i>	42
Gambar 3.11:	Memotong Plat untuk <i>Skin</i>	43
Gambar 3.12:	Mengelem Permukaan <i>Skin</i>	43
Gambar 3.13:	Pemasangan <i>Skin</i>	44
Gambar 3.14:	Pengepresan Spesimen	44
Gambar 3.15:	Spesimen siap uji	45
Gambar 3.16:	Diagram Alir Penelitian	46
Gambar 4.1:	Spesimen Struktur Sarang Lebah Siap Uji	48
Gambar 4.2:	(a) Spesimen sebelum diuji	50
Gambar 4.3:	Grafik Perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)	51
Gambar 4.4:	Grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)	52
Gambar 4.5:	Grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)	53
Gambar 4.6:	grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)	54
Gambar 4.7:	grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)	55
Gambar 4.8:	grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)	56
Gambar 4.9:	Pengukuran lendutan	57
Gambar 4.10:	Pengukuran lendutan	57
Gambar 4.11:	Pengukuran lendutan	58

Gambar 4.12: Pengukuran lendutan	58
Gambar 4.13: Pengukuran lendutan	59
Gambar 4.14: Pengukuran lendutan	59
Gambar 4.15: Grafik lendutan (δ) vs tekanan bukaan katub hidraulik	60
Gambar 4.16: (a) Spesimen sebelum diuji	61
Gambar 4.17: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)	62
Gambar 4.18: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)	63
Gambar 4.19: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)	64
Gambar 4.20: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)	65
Gambar 4.21: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)	66
Gambar 4.22: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)	67
Gambar 4.23: Pengukuran lendutan	68
Gambar 4.24: Pengukuran lendutan	68
Gambar 4.25: Pengukuran lendutan	69
Gambar 4.26: Pengukuran lendutan	69
Gambar 4.27: Pengukuran lendutan	70
Gambar 4.28: Pengukuran lendutan	70
Gambar 4.29: Grafik lendutan (δ) vs tekanan bukaan katub hidraulik	71
Gambar 4.30: Grafik perbandingan lendutan (δ mm) vs tekanan bukaan katub hidraulik pada spesimen ukuran 6 mm vs 2 mm	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Sifat Aluminium	18
Tabel 2.2: Modulus Elastitas Bahan	30
Tabel 3.1: Jadwal Waktu dan Penelitian Saat Melakukan Penelitian	35
Tabel 3.2: Sifat Mekanik Bahan Aluminium	36
Tabel 3.3: Tabel Ukuran Spesimen diameter 2 mm dan 6 mm setelah <i>skin</i> dan <i>core</i> disatukan	45
Tabel 4.1: Tekanan loading rate pada spesimen struktur sarang lebah (<i>Honeycomb</i>)	49
Tabel 4.2: Tekanan bukaan katub pada spesimen uji struktur sarang lebah	50
Tabel 4.3: Data hasil pengujian	51
Tabel 4.4: Data hasil pengujian	52
Tabel 4.5: Data hasil pengujian	53
Tabel 4.6: Data hasil pengujian	54
Tabel 4.7: Data hasil pengujian	55
Tabel 4.8: Data hasil pengujian	56
Tabel 4.9: hasil lendutan pada spesimen	60
Tabel 4.10: Tekanan bukaan katub pada spesimen uji struktur sarang lebah	61
Tabel 4.11: Data hasil pengujian	62
Tabel 4.12: Data hasil pengujian	63
Tabel 4.13: Data hasil pengujian	64
Tabel 4.14: Data hasil pengujian	65
Tabel 4.15: Data hasil pengujian	66
Tabel 4.16: Data hasil pengujian	67
Tabel 4.17: hasil lendutan pada spesimen	71
Tabel 4.18: Lendutan pada spesimen ukuran 6 mm dan 2 mm	72

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan
ε	Engineering Strain
$\Delta\tau$	Perubahan Panjang
τ_0	Panjang Awal
τ	Panjang Setelah diberi Gaya
σ	Regangan, $\Delta\tau/\tau$ (tanpa satuan)
s	Tegangan Geser, kg/cm^2
E	Modulus Young, kg/cm^2
ΔL	Pertambahan Panjang
σ_b	Tegangan bending
F	Force(Gaya)
L	Panjang
b	Lebar
d	Tinggi

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.

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. Keunggulan yang dimiliki oleh struktur ini diperoleh dari *core* ringan yang terletak diantara dua *skin*.

Struktur *Honeycomb Sandwich* merupakan struktur (material) alami atau buatan manusia yang memiliki geometri sarang lebah (*Honeycomb Sandwich*) untuk meminimalisasi jumlah material yang digunakan untuk mencapai bobot yang minimal dan biaya yang relatif murah, 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. Struktur ini umumnya digunakan pada aplikasi kedirgantaraan, transportasi, perlombaan (F1) dan banyak lagi industri-industri yang lainnya.

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 dilapangan. Adapun jenis mesin yang digunakan untuk mempertimbangkan faktor-faktor statis dan dinamis untuk menentukan kekuatan suatu material.

Untuk setiap material yang ditumpu akan melendut apabila padanya diberikan beban yang cukup besar, lendutan material untuk setiap titik dapat dihitung dengan menggunakan metode diagram atau cara integral ganda dan untuk mengukur gaya digunakan *load cell*. Lendutan material memegang peranan penting dalam konstruksi terutama konstruksi mesin, dimana pada bagian-bagian tertentu lendutan sangat tidak diinginkan.

Dengan latar belakang ini maka penulis akan melakukan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul: **“Pengaruh Ukuran Hexagonal Terhadap Kekuatan Lendutan Pada Struktur Sarang Lebah yang Diuji Secara Statik”**.

1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Bagaimana menganalisa kekuatan lendutan dengan ukuran hexagonal yang berbeda pada struktur sarang lebah pada pengujian tekan statik dengan alat uji tekan (*Universal Testing Machine*)?

- b. Bagaimana cara mengevaluasi hasil kekuatan lendutan dengan ukuran hexagonal yang berbeda pada struktur sarang lebah yang diuji secara statik?

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 dan 6 mm, dengan bahan aluminium.
- b. Pengujian menggunakan mesin alat uji tekan (*Universal Testing Machine*).

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengetahui “Pengaruh Ukuran Hexagonal Terhadap Kekuatan Lendutan Pada Struktur Sarang Lebah Yang Diuji Secara Statik”.

1.4.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dalam penelitian ini. Diantaranya sebagai berikut:

- a. Untuk menganalisa kekuatan lendutan pada pengujian tekan statik.
- b. Untuk mengevaluasi hasil kekuatan lendutan dengan ukuran hexagonal yang berbeda.

1.5 Manfaat penelitian

1.5.1 Bagi Akademik

Adapun manfaat yang dapat diperoleh oleh mahasiswa, diantaranya:

- a. Menambah pengetahuan tentang pengujian kekuatan menggunakan metode alat uji tekan (*Universal Testing Machine*).
- b. Menambah pengetahuan tentang pembebanan secara statik terhadap kekuatan lendutan pada struktur sarang lebah.

1.5.2 Bagi Penulis

Untuk mengetahui pengaruh ukuran hexagonal terhadap kekuatan lendutan pada struktur sarang lebah yang diuji statik dengan menggunakan metode alat uji tekan (*Universal Testing Machine*).

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

Berisikan tentang spesifikasi mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*) dan menguraikan hasil pengujian dan perhitungan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian eksperimen.

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.

2.1.1 Kelebihan Bahan Komposit

Pada umumnya pemilihan bahan matriks dan serat memainkan peranan penting dalam menentukan sifat-sifat mekanik dan sifat komposit. Kelebihan tersebut pada umumnya dapat dilihat dari beberapa sudut yang penting, seperti sifat-sifat mekanikal dan fisikal. Seperti yang di uraikan dibawah ini:

- a. Bahan komposit mempunyai *density* yang jauh lebih rendah berbanding dengan bahan konvensional. Memberikan implikasi yang penting dalam konteks penggunaan karena komposit akan mempunyai kekuatan dan kekakuan spesifik yang lebih tinggi dari bahan konvensional.

- b. Dalam industri angkasa lepas terdapat kecenderungan untuk menggantikan komponen yang di perbuat dari logam dengan komposit karena telah terbukti komposit mempunyai rintangan terhadap *fatigue* yang baik terutamanya komposit yang menggunakan serat karbon.
- c. Bahan komposit juga mempunyai kelebihan dari segi *versatility* (berdaya guna) yaitu produk yang mempunyai gabungan sifat-sifat yang menarik yang dapat dihasilkan dengan mengubah sesuai jenis matriks dan serat yang digunakan. Contoh dengan menggabungkan lebih dari satu serat dengan matriks untuk menghasilkan komposit.
- d. Massa jenis rendah (ringan).
- e. Lebih kaku (*Stiff*), ulet (*Tough*), tidak getas (*Brittle*), dan lebih ringan.
- f. Perbandingan kekuatan dan berat yang menguntungkan.
- g. Koefisien pemuaian yang rendah.
- h. Tahan terhadap cuaca dan korosi.
- i. Proses manufaktur mudah (dibentuk).

2.1.2 Kekurangan Bahan Komposit

Dampak pada struktur komposit umumnya dalam arah melintang (yaitu normal ke bidang serat), yang dengan tidak adanya penguatan *through* ketebalan relatif resistensi kerusakan rendah. Oleh karena itu salah satu kekurangan utama struktur sarang lebah adalah resistensi miskin mereka berdampak. Adapun kekurangan bahan komposit diantaranya sebagai berikut:

- a. Tidak tahan terhadap beban kejut (*shok*) dan tabrak (*crash*).
- b. Kurang elastis.
- c. Lebih sulit dibentuk secara plastis.

Unsur dari pembentuk komposit yaitu serat (*fiber*) dan bahan pengikat serat yang disebut matrik. Secara prinsip, komposit dapat tersusun dari berbagai kombinasi atau lebih bahan.

2.1.3 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 mentransfer 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 memperkuat 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 Komposit *Sandwich*

Komposit sandwich ini merupakan jenis komposit struktur yang potensial untuk dikembangkan dalam aplikasi manufaktur. Struktur komposit *sandwich* terdiri dari dua buah permukaan (*skin*) tipis, kaku dan kuat yang diikat dengan inti (*core*) tebal, ringan dan lemah memakai bahan perekat (*adhesive*). Inti/*core* sebuah komposit *sandwich* dibuat ringan, harganya murah, harus mampu menjamin permukaan yang didukung dan dipisahkan, dapat bekerja sebagai satu kesatuan serta harus tahan terhadap beban geser transversal dan normal transversal. Material *core* yang sering digunakan dalam penelitian antara lain kayu (sengon laut, balsa), *Foam* (*PVC*, *PU*), stuktur *honeycomb* dan lain-lain (Buitrago Brenda L). Adapun bagian dari komposit *sandwich* antara lain:

a. *Skin*

Merupakan bagian yang berfungsi untuk menahan *tensile* dan *compressive stress*, *skin* biasanya mempunyai rigid atau tingkat kekakuan yang rendah.

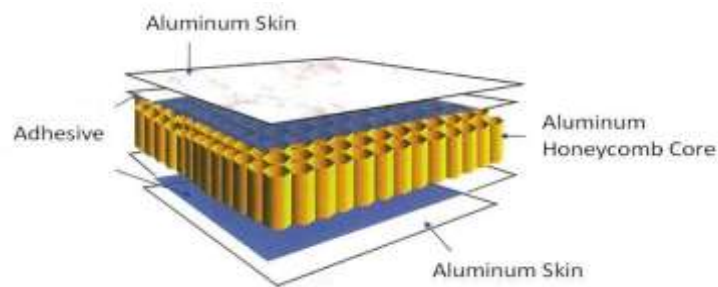
Material-material konvensional seperti aluminium, baja, stainless steel bisa digunakan untuk bagian ini. Material-material yang berbentuk plastik yang diperkuat dengan serat gelas dan fiber adalah pilihan yang baik karena bahan ini memiliki keunggulan seperti mudah untuk digabungkan, desain dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan, serta bentuk permukaan yang baik.

b. Core

Merupakan bagian yang sangat penting dari *sandwich*, dimana *core* harus memiliki bagian yang cukup yang cukup kaku agar jarak antara permukaan terjaga dengan kekakuan yang dimiliki oleh *core* harus mampu menahan geseran agar tidak terjadi slide antar permukaan. Bahan dengan tingkat kekakuan yang rendah tidak baik untuk *core*, karena kekakuan pada *sandwich* akan berkurang atau hilang. Tidak hanya kuat dan memiliki densitas yang rendah, *core* biasanya memiliki syarat lain, seperti tingkat kadar air, *buckling*, umur yang panjang dan lain sebagainya.

c. Adhesive

Adalah suatu bahan yang akan merekatkan antara *skin* dan *core*, selain untuk merekatkan *adhesive* juga harus mentransfer gaya geser antara *skin* dan *core* agar kekuatan dari *sandwich* tetap terjaga. *Adhesive* juga harus mampu menjaga regangan dan gaya geser. *Sandwich Honeycomb* seperti gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1: *Sandwich Honeycomb*

2.3 Sarang Lebah (*Honeycomb*)

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 2.2.

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 2.2: Bentuk Sarang Lebah

2.3.1 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

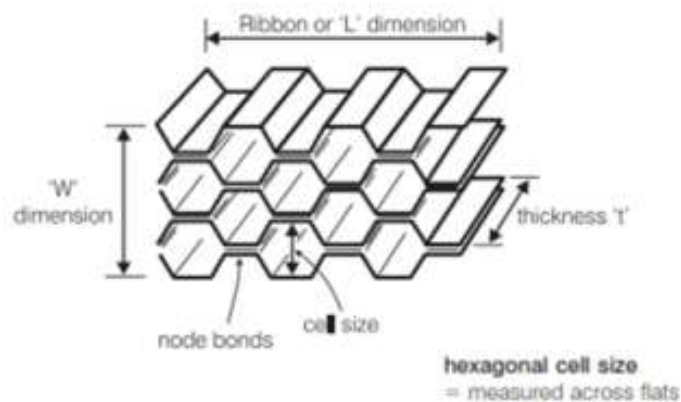
Flammability ini terdiri dari 3 yaitu:

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

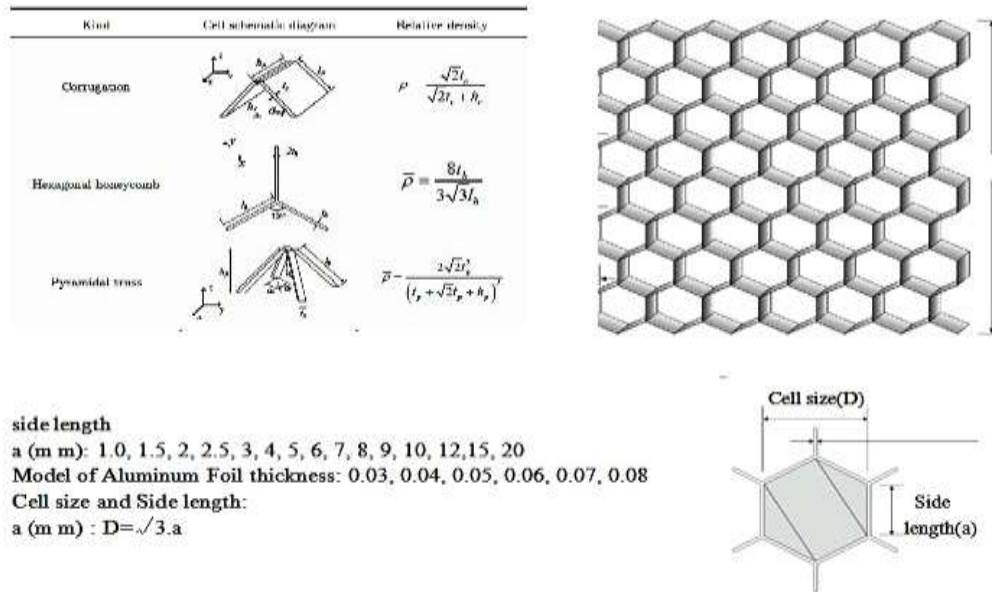
e. Heat Transfer

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.

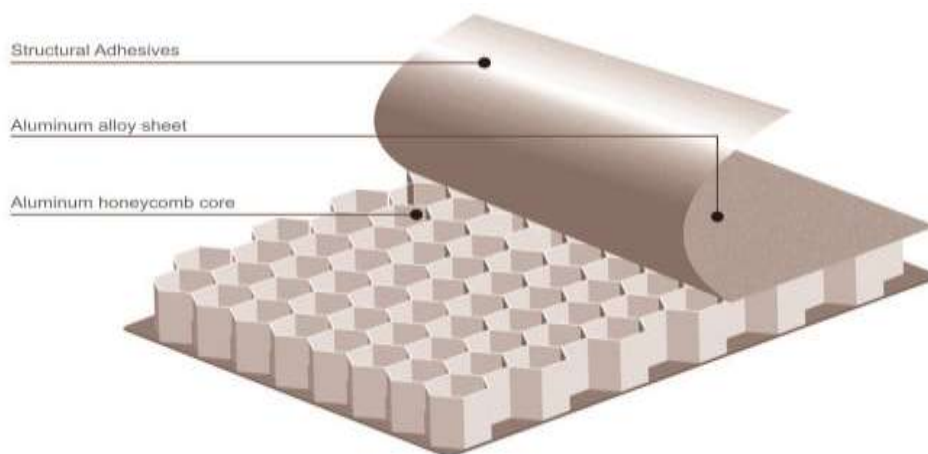


Gambar 2.3: Bentuk Sel Sarang Lebah



Gambar 2.4: Spesifikasi Sarang Lebah

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

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.

2.3.2 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 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 sekrup atau pun reject material dari peleburan sebelumnya untuk dituang ulang (*remelting*).

2.4.1 Klasifikasi Aluminium

a. Aluminium Murni

Aluminium 99% tanpa tambahan logam paduan apapun dan dicetak dalam keadaan biasa, hanya memiliki kekuatan tensil sebesar 90 MPa, terlalu lunak untuk penggunaan yang luas sehingga seringkali aluminium dipadukan dengan logam lain.

b. Aluminium Paduan

Elemen paduan yang umum digunakan pada aluminium adalah silikon, magnesium, tembaga, seng, mangan, dan juga *lithium* sebelum tahun 1970. Secara umum, penambahan logam paduan hingga konsentrasi tertentu akan meningkatkan kekuatan tensil dan kekerasan, serta menurunkan titik lebur.

Jika melebihi konsentrasi tersebut, umumnya titik lebur akan naik disertai meningkatnya kerapuhan akibat terbentuknya senyawa, kristal, atau granula dalam logam. Namun, kekuatan bahan paduan aluminium tidak hanya bergantung pada konsentrasi logam paduannya saja, tetapi juga bagaimana proses perlakuannya hingga aluminium siap digunakan, apakah dengan penempaan, perlakuan panas, penyimpanan, dan sebagainya.

c. Kekerasan Aluminium

Kekerasan aluminium dapat didefinisikan sebagai ketahanan logam terhadap indentasi. Nilai kekerasan berkaitan dengan kekuatan luluh logam karena selama indentasi logam mengalami deformasi plastis. Luluh merupakan proses slip, luncur atau kembaran. Pada proses slip, struktur kisi antara daerah slip dan daerah tanpa slip terdislokasi. Batas antara daerah slip dan daerah tanpa slip disebut garis lokasi.

Pengujian kekerasan adalah satu pengujian dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang relatif kecil tanpa kesukaran. Mengenai spesifikasi benda uji, pengujian yang banyak dipakai adalah dengan cara menekankan indenter tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan mengukur bekas hasil penekanan yang terbentuk di atasnya.

d. Sifat Aluminium

Sifat-sifat yang dimiliki aluminium antara lain:

1. Ringan, tahan korosi dan tidak beracun maka banyak digunakan untuk alat rumah tangga seperti panci, wajan dan lain-lain.
2. *Reflektif*, dalam bentuk aluminium foil digunakan sebagai pembungkus makanan, obat, dan rokok.
3. Daya hantar listrik dua kali lebih besar dari Cu maka Al digunakan sebagai kabel tiang listrik.
4. Paduan Al dengan logam lainnya menghasilkan logam yang kuat seperti *Duralium* (campuran Al, Cu, mg) untuk pembuatan badan pesawat.
5. Al sebagai zat reduktor untuk oksida MnO₂ dan Cr₂O₃.

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

Tabel 2.1: Sifat Aluminium

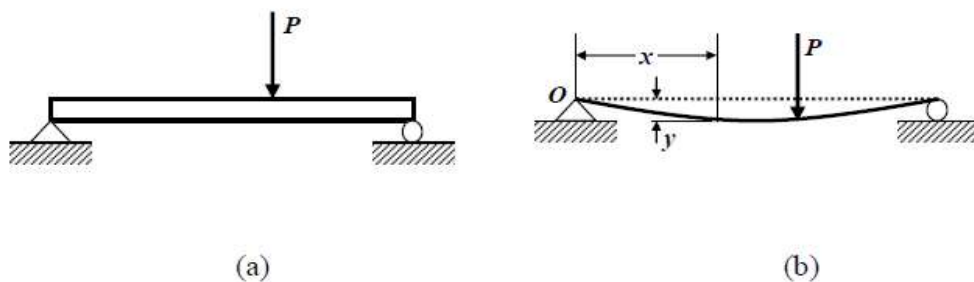
No	Sifat	Keterangan
1.	<i>Densitas</i>	$2,8 \text{ g/cm}^3$ (170 lb/ft^3)
2.	<i>Yield Strength</i>	$47 \text{ to } 220 \text{ MPa}$ ($6,8 \text{ to } 32 \times 10^3 \text{ psi}$)
3.	<i>Modulus Young</i>	69 GPa ($10 \times 10^6 \text{ psi}$)
4.	<i>Poisson Ratio</i>	0,33

2.5 Lendutan (*Defleksi*)

Untuk setiap batang yang ditumpu akan melendut apabila padanya diberikan beban yang cukup besar, lendutan batang untuk setiap titik dapat dihitung dengan menggunakan metode diagram atau cara integral ganda dan untuk mengukur gaya digunakan *load cell*. Lendutan batang memegang peranan penting dalam konstruksi terutama konstruksi mesin, dimana pada bagian-bagian tertentu seperti pada poros, lendutan sangat tidak diinginkan.

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertical yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan *defleksi* balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan.

Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Gambar 2.6 (a) memperlihatkan balok pada posisi awal sebelum terjadi deformasi dan Gambar 2.6 (b) adalah balok dalam konfigurasi terdeformasi yang diasumsikan akibat aksi pembebanan.



Gambar 2.6: (a) Balok sebelum terjadi deformasi,
(b) Balok dalam Konfigurasi terdeformasi

Jarak perpindahan y didefinisikan sebagai defleksi balok. Dalam penerapan, kadang kita harus menentukan defleksi pada setiap nilai x disepanjang balok. Hubungan ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan yang sering disebut persamaan defleksi kurva (kurva elastis) dari balok. Sistem struktur yang di letakkan horizontal dan yang terutama diperuntukkan memikul beban lateral, yaitu beban yang bekerja tegak lurus sumbu aksial batang.

Beban semacam ini khususnya muncul sebagai beban gravitasi, seperti misalnya bobot sendiri, beban hidup *vertical*, beban keran (*crane*) dan lain-lain. Contoh sistem balok dapat dikemukakan antara lain, balok lantai gedung, gelagang jembatan, balok penyangga keran, dan sebagainya. Sumbu sebuah batang akan terdeteksi dari kedudukannya semula bila benda dibawah pengaruh gaya terpakai. Dengan kata lain suatu batang akan mengalami pembebanan *transversal* baik itu beban terpusat maupun terbagi merata akan mengalami *defleksi*.

Unsur-unsur dari mesin haruslah cukup tegar untuk mencegah ketidakbarisan dan mempertahankan ketelitian terhadap pengaruh beban dalam gedung-gedung, balok lantai tidak dapat melentur secara berlebihan untuk meniadakan pengaruh psikologis yang tidak diinginkan para penghuni dan untuk memperkecil atau mencegah dengan bahan-bahan jadi yang rapuh.

Begitu pun kekuatan mengenai karakteristik deformasi dari bangunan struktur adalah paling penting untuk mempelajari getaran mesin seperti juga bangunan-bangunan stasioner dan penerbangan, dalam menjalankan fungsinya, balok meneruskan pengaruh beban gravitasi keperletakan terutama dengan mengandalkan aksi lentur, yang berkaitan dengan gaya berupa momen lentur dan

geser walaupun timbul aksi normal, itu terutama ditimbulkan oleh beban luar yang relative kecil, misalnya akibat gaya gesek rem kendaraan pada gelagar jembatan, atau misalnya akibat perletakan yang dibuat miring.

Hal-hal yang mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu :

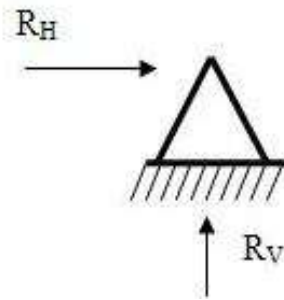
- Kekakuan batang.
- Semakin kaku suatu batang maka lendutan batang yang akan terjadi pada batang akan semakin kecil.
- Besarnya kecil gaya yang diberikan.
- Besar-kecilnya gaya yang diberikan pada batang berbanding lurus dengan besarnya defleksi yang terjadi.

Dengan kata lain semakin besar beban yang dialami batang maka defleksi yang terjadi pun semakin kecil.

2.5.1 Jenis-Jenis Tumpuan

a. Engsel

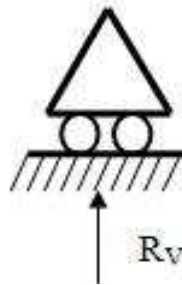
Engsel merupakan tumpuan yang dapat menerima gaya reaksi vertikal dan gaya reaksi horizontal, tumpuan yang berpasak mampu melawan gaya yang bekerja dalam setiap arah dari bidang, jadi pada umumnya reaksi pada suatu tumpuan seperti ini mempunyai dua komponen yang satu dalam arah horizontal dan yang lainnya dalam arah vertikal. Tidak seperti pada perbandingan tumpuan rol atau penghubung, maka perbandingan antara komponen-komponen reaksi pada tumpuan yang terpasak tidaklah tetap. Untuk menentukan kedua komponen ini, dua buah komponen statika harus digunakan. Dapat dilihat seperti gambar 2.7 tumpuan engsel.



Gambar 2.7: Tumpuan Engsel

b. Rol

Rol merupakan tumpuan yang hanya dapat menerima gaya reaksi vertikal. Alat ini mampu melawan gaya-gaya dalam suatu garis aksi yang spesifik, penghubung yang terlihat pada gambar 2.8 dapat melawan gaya hanya dalam arah AB rol. Pada gambar 2.8 hanya dapat melawan beban vertical. Sedangkan kan rol-rol hanya dapat melawan suatu tegak lurus pada bidang cp.

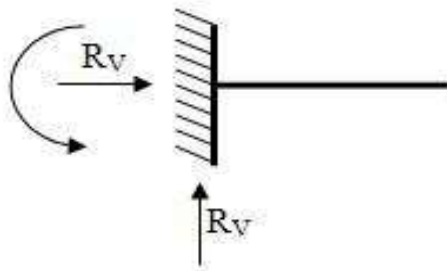


Gambar 2.8: Tumpuan Rol

c. Jepit

Jepit merupakan tumpuan yang dapat menerima gaya reaksi vertikal, gaya reaksi horizontal dan momen akibat jepitan dua penampang. Tumpuan jepit ini mampu melawan gaya dalam setiap arah dan juga mampu melawan suatu kopel atau momen. Gambar 2.9 tumpuan jepit secara fisik, tumpuan ini diperoleh

dengan membangun sebuah balok ke dalam suatu dinding batu bata. Mengecornya ke dalam beton atau mengelas ke dalam bangunan utama. Suatu komponen gaya dan sebuah momen.



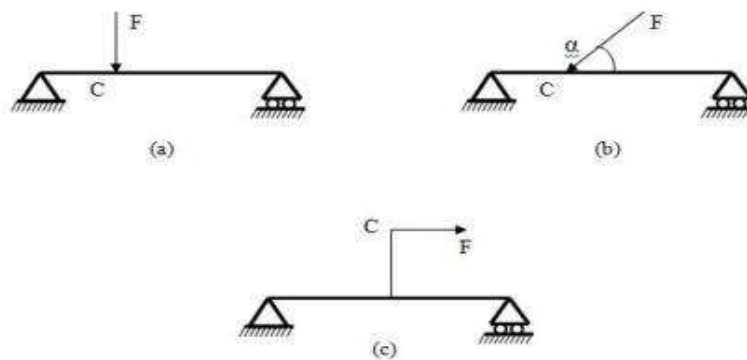
Gambar 2.9: Tumpuan Jepit

2.5.2 Jenis-Jenis Pembebanan

Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya defleksi pada batang adalah jenis beban yang diberikan kepadanya. Adapun jenis pembebanan adalah sebagai berikut :

a. Beban Terpusat

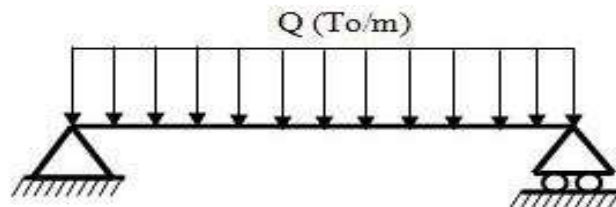
Titik kerja pada batang dapat dianggap berupa titik karena luas kontaknya kecil, dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10: Pembebanan Terpusat

- b. Beban terbagi merata

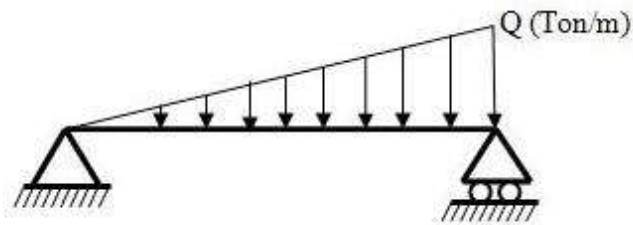
Disebut beban terbagi merata karena merata sepanjang batang dinyatakan dalam qm (kg/m atau KN/m), dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11: Pembebanan Terbagi Merata

- c. Beban bervariasi uniform

Disebut beban bervariasi uniform karena beban sepanjang batang besarnya tidak merata, seperti gambar 2.12 dibawah ini.



Gambar 2.12: Pembebanan Bervariasi uniform

2.5.3 Jenis-Jenis Batang

- a. Batang tumpuan sederhana

Bila tumpuan tersebut berada pada ujung-ujung dan pada pasak atau rol seperti gambar 2.13 dibawah ini.



Gambar 2.13: Batang tumpuan sederhana

b. Batang kartilever

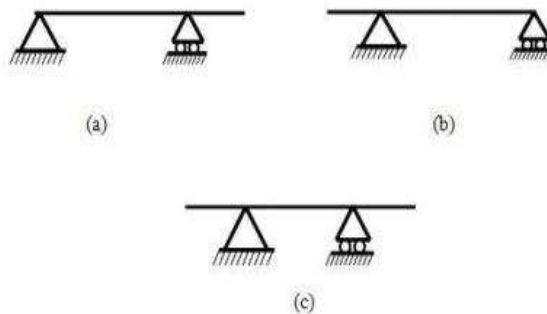
Bila salah satu ujung balok dijepit dan yang lain bebas, seperti gambar 2.14 dibawah ini.



Gambar 2.14: Batang kantilever

c. Batang Overhang

Bila balok dibangun melewati tumpuan sederhana seperti gambar 2.15 dibawah ini.



Gambar 2.15: Batang Overhang

d. Batang menerus

Bila tumpuan-tumpuan terdapat pada balok continue secara fisik, seperti gambar 2.16 dibawah ini.



Gambar 2.16: Batang menerus

2.5.4 Fenomena Lendutan Batang

Untuk setiap batang yang ditumpu akan melendut apabila diberikan beban yang cukup besar. Lendutan batang untuk setiap titik dapat dihitung dengan menggunakan metode diagram atau cara integral ganda dan untuk mengukur gaya yang digunakan *load cell*.

Lendutan batang sangat penting dalam konstruksi terutama konstruksi mesin, dimana pada bagian-bagian tertentu seperti poros, lendutan sangat tidak diinginkan karena adanya lendutan maka kerja poros atau operasi mesin akan tidak normal sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada bagian mesin atau pada bagian lainnya.

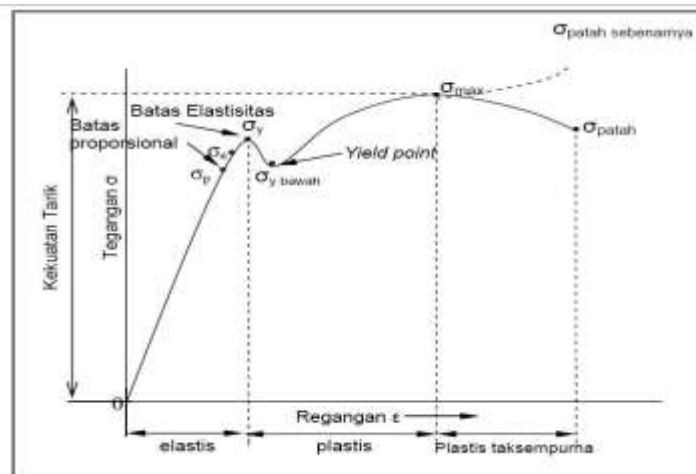
Pada semua konstruksi teknik, bagian bagian pelengkap suatu bangunan haruslah diberi ukuran-ukuran fisik yang tertentu. Bagian-bagian tersebut haruslah diukur dengan tepat untuk menahan gaya-gaya yang sesungguhnya atau yang mungkin akan dibebankan kepadanya. Jadi poros sebuah mesin haruslah diperlukan dan menahan gaya-gaya luar dan dalam. Demikian pula, bagian-bagian suatu struktur komposit harus cukup tegar sehingga tidak akan melengkung melebihi batas yang diizinkan bila bekerja dibawah beban yang diizinkan.

2.6 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 plastisitas. Menurut Mondelson (1983), besarnya deformasi yang telah dialami oleh suatu material dinyatakan dengan perubahan luas area penampang, dan dinyatakan dengan derajat reduksi, untuk menghitung derajat reduksi tersebut dinyatakan dalam persamaan (2-1) berikut:

$$100 \times (V_0 - V_1) / A_0 \quad (2-1)$$



Gambar 2.17: Regangan dan tegangan deformasi

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 2-2 dan 2-3, regangan tegangan sebagai berikut:

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

Sehingga deformasi dapat diketahui:

$$\delta = \frac{P \times L}{A \times E} \quad (2-3)$$

2.6.1 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 (2-4) berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2-4)$$

2.6.2 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 mesin penguji dan beban serta penambahan panjang spesifikasi diamati serempak, maka dapat digambarkan pengamatan grafik dimana ordinat menyatakan beban dan absis menyatakan pertambahan panjang. Batasan sifat elastis perbandingan regangan dan tegangan akan 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 2-5 dibawah ini.

$$\mathcal{E}_{eng} = \frac{l - l_0}{l_0} 100\% = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 \quad (2-5)$$

Tabel 2.2: Modulus Elastitas Bahan

Bahan	Modulus Young (Pa)
Aluminium	7×10^{10}
Baja	20×10^{10}
Besi	21×10^{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	$5,5 \times 10^{10}$
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 (2-6) yaitu:

$$\sigma = E s \quad (2-6)$$

2.7 Uji tekan (*Press Test*)

Benda memiliki kekuatan yang tak bisa di terka atau di perkirakan, terkadang ada benda yang memiliki kekuataa yang kuat dan juga ringan. Namun berhati hatilah terhadap benda kuat atau berat yang akan bisa melukai diri kita dan sampai membuat kita meninggal. Namun setelah berkembangnya dunia pada saat sekarang ini kekuatan benda tersebut dapat di ukur atau di ketahui dengan alat uji tekan.

Uji tekan adalah suatu alat uji mekanik yang berguna untuk mengukur dan mengetahui kekuatan benda terhadap gaya tekan. Uji tekan ini memiliki kinerja yang bagus dan berkualitas untuk mengetahui kekuatan benda. Pada umumnya uji tekan ini digunakan pada logam yang bersifat getas, karena alat uji tekan ini memiliki titik hancur yang terlihat jelas di saat melakukan pengujian benda tersebut.

Keragaman fungsi dan dimensional uji tekan ini menjadikan beragam ragam syarat mekanis yang perlu di penuhi karena akan beragam pula gaya dan arah gaya yang akan di uji kekuatan benda tersebut. Pada beberapa alat yang akan di uji yang di buat panjang, dia akan melengkung jika di uji dengan alat uji tekan. Uji tekan ini memiliki alat yang canggih, berat dan tenaga yang kuat serta kualitas dan kinerja yang menjanjikan untuk para pengguna alat uji tekan tersebut. Sebesar apapun benda yang akan di uji tekannya dengan alat uji tekan ini kita bisa mengetahui kekuatan suatu benda tersebut.

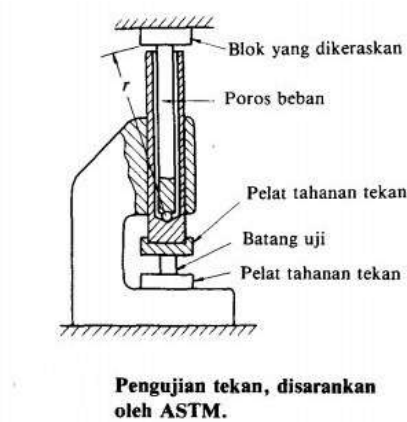
Uji tekan akan memberikan hasil pengukuran kekuatan benda tersebut mengenai besar pengukuran yang di uji terhadap bahan yang akan di uji sehingga standarisasi yang di inginkan akan tercapai sempurna. Sebesar apa benda yang

akan di uji maka akan di stabilkan juga dengan alat uji tekan yang akan memberikan hasil dan kinerja yang baik dan hasilnya akan lebih bagus.

2.7.1 Pengujian tekan statik

Pada umumnya kekuatan tekan lebih tinggi dari kekuatan tarik sehingga pada perencanaan cukup mempergunakan kekuatan tarik. Tetapi kalau suatu komponen hanya menerima beban tekan saja dan dirancang berdasarkan kekuatan tarik saja, kadang-kadang perhitungan menghasilkan dimensi yang berlebihan. Jadi dalam hal tersebut pengujian tekan masih diperlukan.

Pada pengujian tekan, apabila ada eksentrisitas, ia akan bertambah besar ketika deformasi berlangsung, maka perlu suatu cara agar tidak terjadi eksentrisitas, jadi hanya bekerja gaya aksial saja. Selanjutnya tegangan yang tepat sukar didapat karena batang uji berdeformasi menjadi bentuk tong disebabkan adanya gesekan antara landasan dan batang uji atau terjadi tekukan (buckling), karena itu beberapa percobaan dibuat seperti ditunjukkan dalam gambar 2.18. Baru-baru ini diketemukan bahan yang baik terbuat dari keramik sebagai landasan dari silika, yang memberikan pengaruh.



Gambar 2.18: pengujian tekan

Pengujian ini dilakukan dengan menumpu batang dengan tumpuan sederhana dan kemudian membebani batang tersebut dengan transversal pada bagian tengahnya. Bila materialnya ulet, kegagalannya adalah berupa patahan. pengujian ini sering disebut pengujian dengan metode *3 point bending*. Adapun persamaan rumus untuk metode *3 point bending* dapat dilihat pada persamaan 2-7.

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \quad (2-7)$$

2.7.2 Fenomena Pada Uji Tekan

Pengujian tekan salah satu pengujian mekanik dan tergolong pada jenis pengujian yang merusak dimana gaya luar yang diberikan atau penekanan segaris dengan sumbu spesimen. Pengujian tekan ini bertujuan untuk mencari sifat mekanik dan beban tekan maksimum yang dapat diterima benda atau spesimen uji, adapun fenomena-fenomena uji tekan:

a. **Barelling**

Barelling adalah salah satu fenomena yang terjadi pada uji tekan dimana terjadi perubahan bentuk dimensi karena gesekan antara penekan dan benda kerja. Gesekan antara spesimen dan yang menghambat permukaan atas dan bawah spesimen bereaksi secara bebas, ini bisa menyebabkan timbulnya fenomena Barelling.

Fenomena yang terjadi pada pengujian tekan pada prinsipnya tergantung dari diameter dan tinggi spesimen yang dilakukan pengujian. Misalkan diameter spesimen adalah “d”, dan tinggi spesimen adalah “h”, maka untuk perbandingan h:d lebih kecil dari 3:2, maka fenomena yang terjadi adalah Barelling.

b. Buckling

Buckling adalah terjadinya pembengkokan pada material setelah diberi beban tekan. Pembengkokan pada spesimen fenomena yang terjadi pada pengujian tekan pada prinsipnya tergantung dari diameter dan tinggi spesimen yang dilakukan pengujian. Misalkan diameter spesimen adalah “d”, dan tinggi spesimen adalah “h”, maka untuk perbandingan h:d lebih besar dari 3:2, maka fenomena yang terjadi adalah Buckling.

➤ Ciri-ciri setelah di tekan:

- a. Ukuran tidak sebanding ($h_i < h_0$)
- b. Spesimen sudah bengkok/tidak sesumbu
- c. Strain Hardening yaitu pengerasan material/spesimen akibat penumpukkan dislokasi pada batas butir.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

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

3.1.2 Waktu Penelitian

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

Tabel 3.1: Jadwal Waktu dan Penelitian Saat Melakukan Penelitian

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

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

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

3.2.1 Bahan Penelitian

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 0,4 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 × 10 ³ psi)
3.	Modulus Young	69 GPa (10×10 ⁶ psi)
4.	Poison Ratio	0,33



Gambar 3.1: Lembaran Aluminium

b. Lem Setan dan Bubuk Ajinomoto

Lem setan dan bubuk ajinomoto adalah salah satu jenis campuran antara lem setan dengan bubuk ajinomoto yang telah dihaluskan seperti gambar 3.2, Lem ini sangat bagus dan kuat untuk mengelem core aluminium yang sudah di bentuk sarang lebah yang akan direkatkan mejadi satu.



Gambar 3.2: Lem Setan dan Bubuk Ajinomoto

c. Lem Kambing

Lem ini digunakan karena mempunyai karakteristik yang baik, dan lem ini berfungsi digunakan untuk menyatukan *core* dan *skin* pada struktur sarang lebah, seperti gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3: Lem Kambing

d. Penggaris

Berfungsi sebagai alat ukur yang digunakan untuk mengukur plat aluminum yang akan digunakan seperti gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4: Penggaris

e. Pisau *Cutter*

Kegunaan dari pisau *cutter* ini yaitu untuk memotong plat aluminium yang sudah diukur, seperti gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5: Pisau *Cutter*

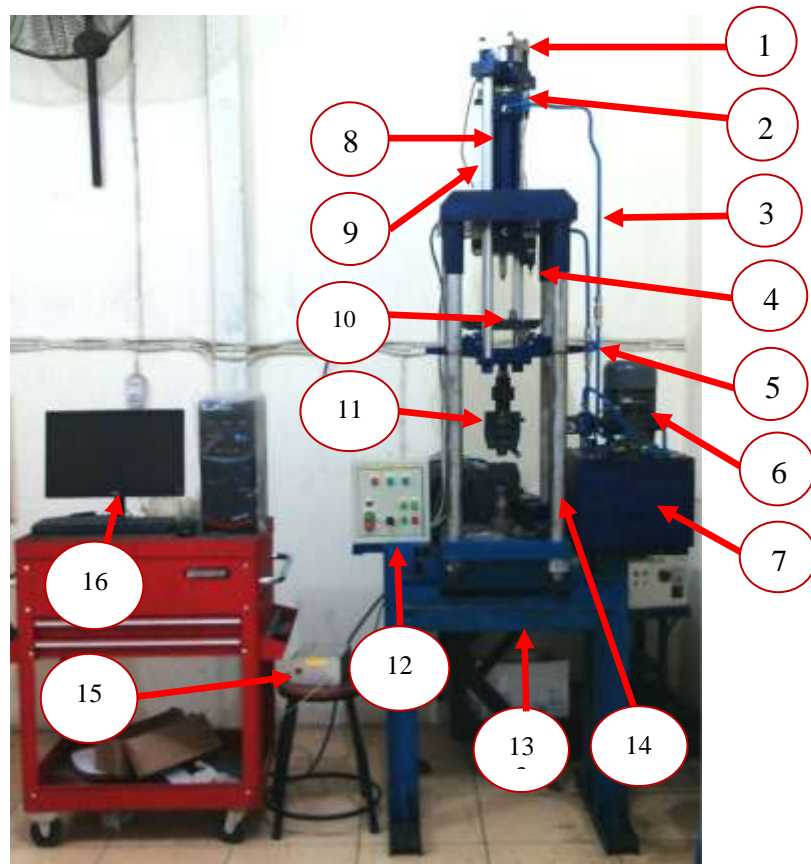
3.2.2 Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

a. Alat Uji Tekan

Alat uji tekan digunakan untuk menguji spesimen hingga melendut sampai batas normalnya, dengan demikian lendutan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan yang ada seperti gambar 3.6.

Pengujian tekan dilakukan untuk mencari kekuatan lendutan (*defleksi*). Dari pengujian ini dapat kita ketahui beberapa sifat mekanik material yang sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa.



Gambar 3.6: Alat Uji Tekan

Keterangan gambar :

1. Pemberi beban tekan
2. Sensor atas
3. Selang *hidraulic*
4. Sensor bawah
5. Alat ukur tekanan
6. Motor
7. Tanki oli *hidraulic*
8. Tabung *hidraulic*
9. Rangka atas
10. Cekam atas
11. Cekam bawah
12. Control panel
13. Meja
14. Rangka bawah
15. Lab *jack*
16. PC (Personal computer)

3.3 Proses Pembuatan Struktur Sarang Lebah (*Honeycomb*)

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 3.7 alat cetakan bisa dilihat dibawah ini.



Gambar 3.7: Cetakan pembuat spesimen *honeycomb* ukuran 2 mm



Gambar 3.8: Cetakan pembuat spesimen *honeycomb* ukuran 6 mm

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



Gambar 3.9: Mencetak Spesimen

- c. Menyusun *core* yang telah dicetak, lalu menyatukan satu per satu *core*, lalu direkatkan dengan menggunakan lem setan dengan campuran bubuk ajinomoto.



Gambar 3.10: Pengeleman *Core*

- d. Memotong plat aluminium dengan ukuran 215 mm x 55 mm untuk *skin* sarang lebah.



Gambar 3.11: Memotong Plat untuk *Skin*

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



Gambar 3.12: Mengelem Permukaan *Skin*

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



Gambar 3.13: Pemasangan *Skin*

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



Gambar 3.14: Pengepresan Spesimen

- h. Spesimen yang sudah jadi 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 utuk mengetahui kekuatan bahan tersebut. Spesimen ini menggunakan plat aluminium dengan *ticknes core* 0,4 mm dan *skin* 0,4 mm yang berbentuk komposit *sandwich* dengan struktur sarang lebah.

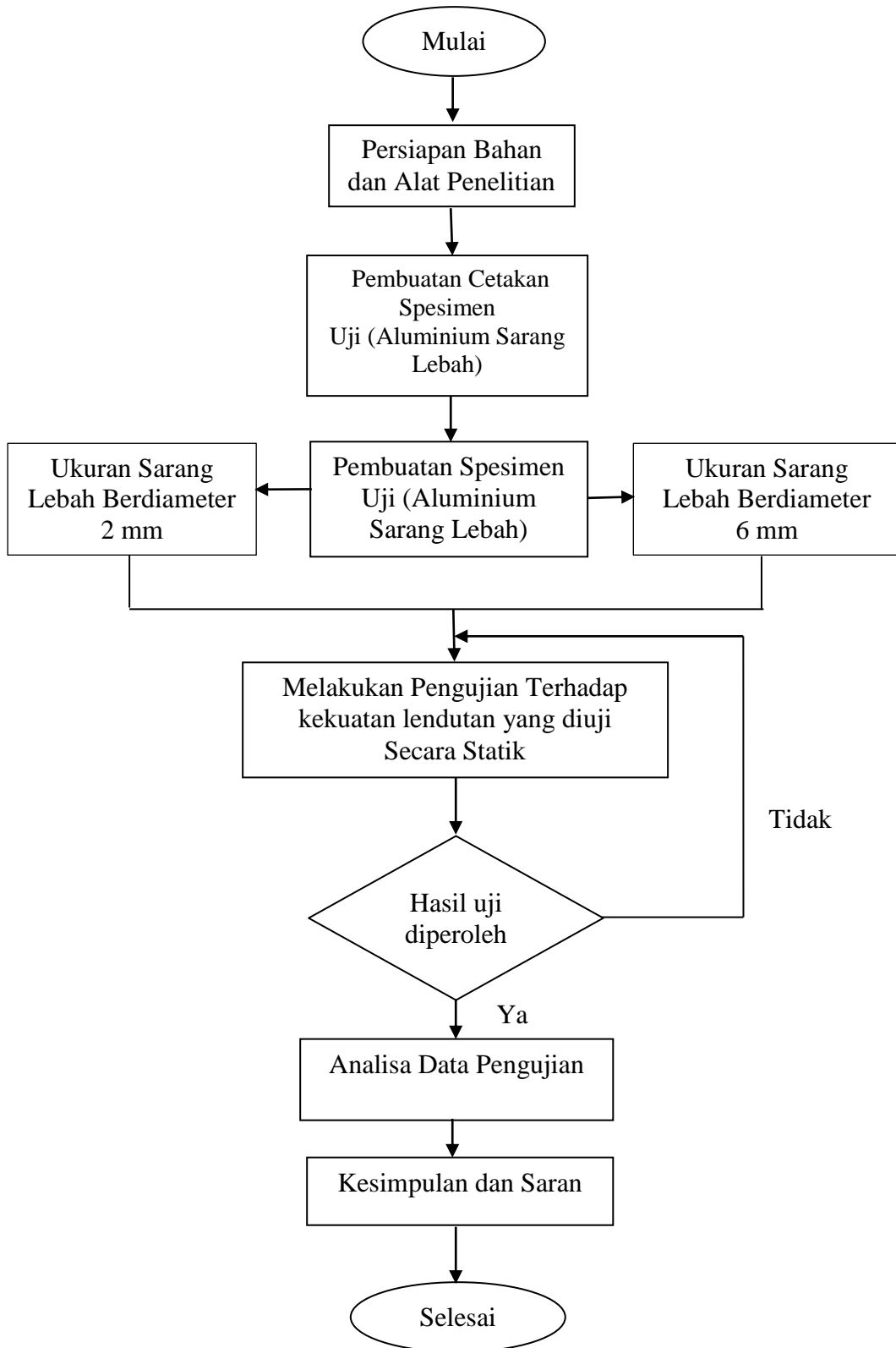


Gambar 3.15: Spesimen siap uji

Tabel 3.3: Tabel Ukuran Spesimen diameter 2 mm dan 6 mm setelah *skin* dan *core* disatukan

Lengt (L) (mm)	Width (b) (mm)	Depth (t) (mm)	Core thickness (tc) (mm)	Skin thickness (tskins) (mm)
210	55	20	0,4	0,4

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.16: Diagram Alir Penelitian

Dilihat dari gambar 3.16 diagram alir percobaan penelitian adalah:

- a. Mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan untuk penelitian.
- b. Membuat cetakan untuk spesimen uji dengan ukuran 2 mm dan 6 mm.
- c. Melakukan pengujian kekuatan lendutan pada spesimen uji ukuran 2 mm dan 6 mm.
- d. Hasil uji yang diperoleh pada spesimen.
- e. Analisa data pengujian.
- f. Kesimpulan dan saran.
- g. Selesai.

3.5 Prosedur Penelitian

- a. Pemberian tanda pada setiap spesimen untuk menghindari kesalahan dalam pembacaan data.
- b. Mensetting mesin uji tekan.
- c. Memasang spesimen uji tekan pada kedua dudukan mesin uji tekan.
- d. Menjalankan mesin uji tekan.
- e. Setelah melentur sampai batas kekuatan maksimal spesimen uji, hentikan proses penekanan secepatnya.
- f. Mencatat gaya tekan maksimum dan pertambahan panjang pada monitor.
- g. Melepas spesimen uji tekan dari dudukan.
- h. Setelah selesai matikan mesin uji tekan.

Mesin uji tekan ini berjalan secara manual, sehingga meskipun spesimen uji tekan mencapai batas optimal hingga melentur, alat ini akan terus berjalan. Karena itu diperlukan operator yang selalu berada disisi mesin untuk mengontrol proses pengujian tekan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Spesimen Struktur Sarang Lebah

Hasil pembuatan spesimen struktur sarang lebah yang terbuat dari bahan aluminium. Struktur sarang lebah ini tersusun dari *skin* dan *core*, kemudian *skin* dan *core* disatukan dengan menggunakan *adhesive*. Dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1: Spesimen Struktur Sarang Lebah Siap Uji

Berdasarkan gambar 4.1, struktur sarang lebah ini berbentuk hexagonal dengan ukuran diameter yang bervariasi. Dalam pengujian ini struktur sarang lebah hexagonal yang dipakai berukuran diameter 6 mm dan 2 mm, panjang (L) 210 mm, lebar (b) 55 mm, tebal (h) 20 mm, dan aluminium yang dipakai untuk *skin* dan *core* mempunyai ketebalan 0,4 mm. Pada pengaruh ukuran hexagonal terhadap kekuatan lendutan pada struktur sarang lebah diuji secara statik ini, peneliti melakukan pengujian kekuatan lendutan yang dihasilkan dari pengujian struktur ini. Dalam pengujian ini mesin yang dipakai mesin uji tekan (Universal Testing Machine) dan dengan tekanan *Loading Rate* yang berbeda. Tekanan loading rate dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1: Tekanan loading rate pada spesimen struktur sarang lebah (*Honeycomb*)

Tekanan Loading Rate	Spesimen Ukuran 6 mm	Spesimen Ukuran 2 mm
0,5	Spesimen 1	Spesimen 1
1	Spesimen 2	Spesimen 2
1,5	Spesimen 3	Spesimen 3
2	Spesimen 4	Spesimen 4
2,5	Spesimen 5	Spesimen 5
3	Spesimen 6	Spesimen 6

4.2 Hasil Pengujian Kekuatan Lendutan Pada Struktur Sarang Lebah Ukuran 6 mm

Karena ketidaksesuaian dalam pencapaian untuk pengaturan tekanan *Loading Rate*, maka penulis hanya melakukan pengaturan tekanan bukaan katub hidrolik pada spesimen uji, dengan tekanan bukaan katub seperti tabel 4.2. lalu didapat data berdasarkan lendutan yang terjadi akibat beban tekanan bukaan katub pada spesimen uji. (dapat dilihat pada Table 4.2 dan Gambar 4.2).

Tabel 4.2: Tekanan bukaan katub pada spesimen uji struktur sarang lebah

Tekanan Bukaan Katub Hidraulik	Spesimen
0,5	Spesimen 1
1	Spesimen 2
1,5	Spesimen 3
2	Spesimen 4
2,5	Spesimen 5
3	Spesimen 6



a.



b.

Gambar 4.2: a. Spesimen sebelum diuji

b. Spesimen setelah diuji

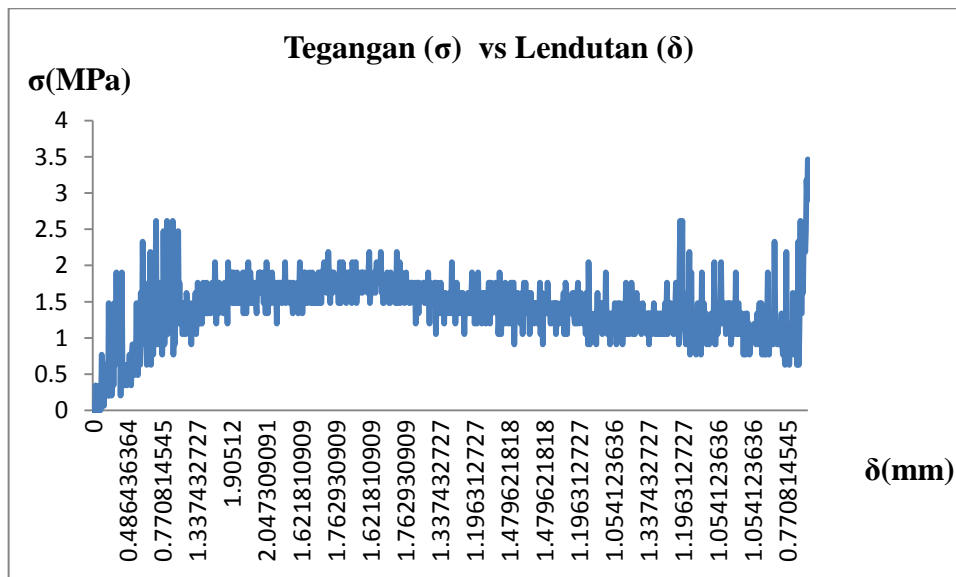
4.2.1 Spesimen 1

Berdasarkan pengujian tekan yang dilakukan, spesimen didudukkan ditumpuan mesin uji tekan, dengan panjang dudukan (L) 160 mm, dan tekanan bukaan katub hidraulik 0,5. Setelah dilakukan pengujian statik dengan beban terpusat pada spesimen 1 dengan tekanan bukaan katub hidraulik 0,5, maka didapatkan hasil data pengujian dari mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*), dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3: Data hasil pengujian

Bukaan katub	Time (menit)	Force (Kgf)	Stroke (mm)	Max. Moment (Kgf · m)	Max. Stress (Kgf/mm ²)
0,5	5.366	32,413	39,169	0,130	0,04

Sehingga didapat grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ) yang terjadi pada spesimen, seperti gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3: Grafik Perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)

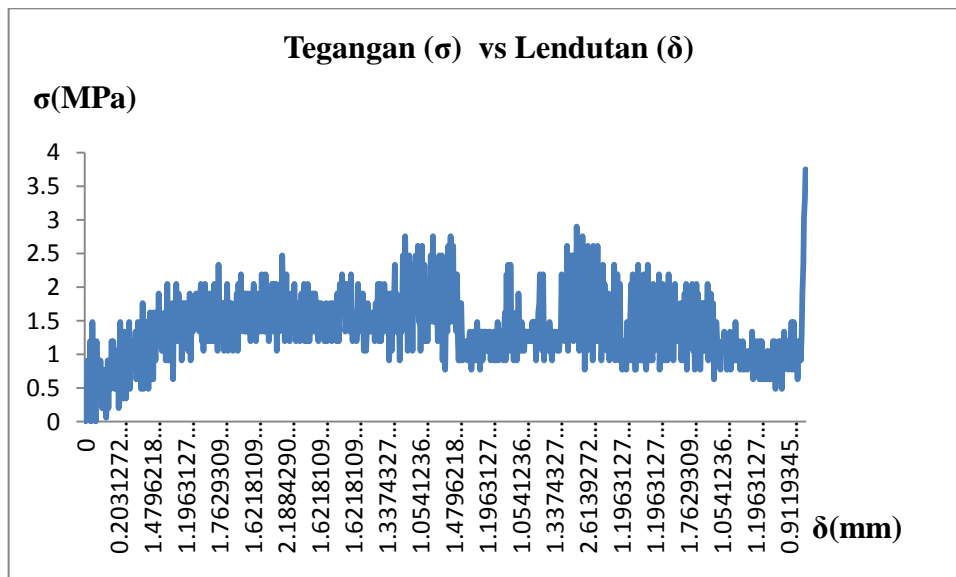
4.2.2 Spesimen 2

Berdasarkan pengujian tekan yang dilakukan, spesimen didudukkan ditumpuan mesin uji tekan, dengan panjang dudukan (L) 160 mm, dan tekanan bukaan katub hidraulik 1. Setelah dilakukan pengujian statik dengan beban terpusat pada spesimen 1 dengan tekanan bukaan katub hidraulik 1, maka didapatkan hasil data pengujian dari mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*), dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4: Data hasil pengujian

Bukaan katub	Time (menit)	Force (Kgf)	Stroke (mm)	Max. Moment (Kgf · m)	Max. Stress (Kgf/mm ²)
1	4.701	35,07	39,465	0,140	0,04

Sehingga didapat grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ) yang terjadi pada spesimen, seperti gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4: Grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)

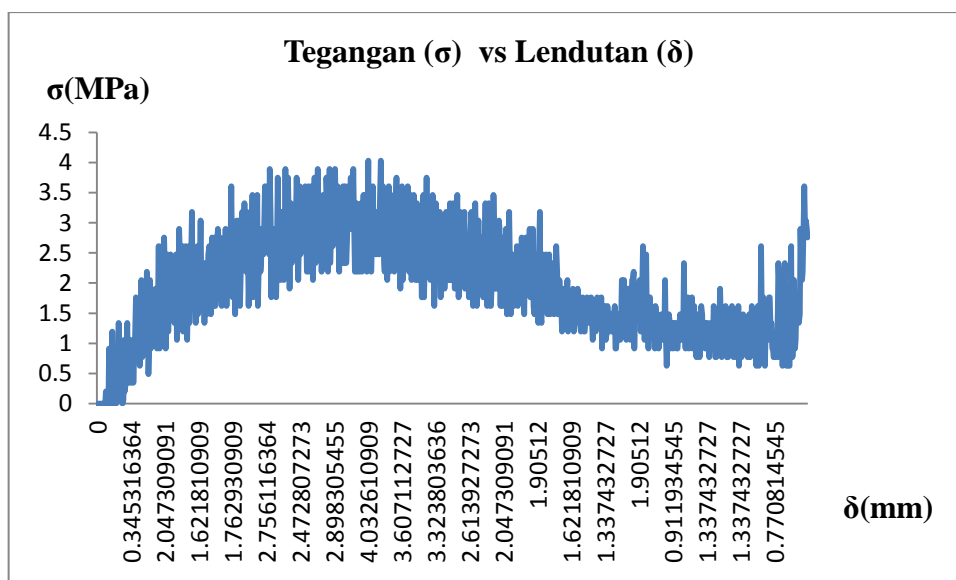
4.2.3 Spesimen 3

Berdasarkan pengujian tekan yang dilakukan, spesimen didudukkan ditumpuan mesin uji tekan, dengan panjang dudukan (L) 160 mm, dan tekanan bukaan katub hidraulik 1,5. Setelah dilakukan pengujian statik dengan beban terpusat pada spesimen 3 dengan tekanan bukaan katub hidraulik 1,5, maka didapatkan hasil data pengujian dari mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*), dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5: Data hasil pengujian

Bukaan katub	Time (menit)	Force (Kgf)	Stroke (mm)	Max. Moment (Kgf · m)	Max. Stress (Kgf/mm ²)
1,5	4.722	25,780	39,881	0,151	0,04

Sehingga didapat grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ) yang terjadi pada spesimen, seperti gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5: Grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)

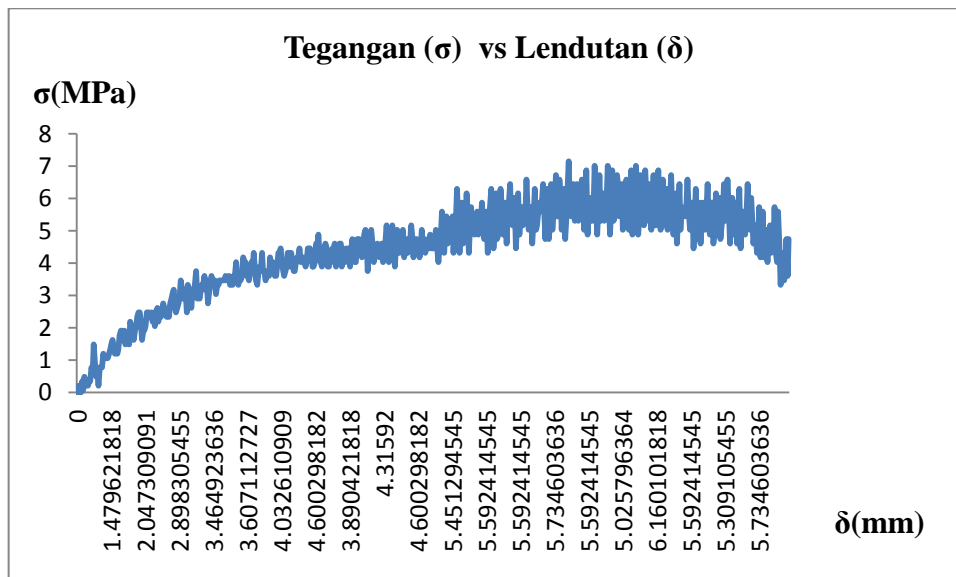
4.2.4 Spesimen 4

Berdasarkan pengujian tekan yang dilakukan, spesimen didudukkan ditumpuan mesin uji tekan, dengan panjang dudukan (L) 160 mm, dan tekanan bukaan katub hidraulik 2. Setelah dilakukan pengujian statik dengan beban terpusat pada spesimen 4 dengan tekanan bukaan katub hidraulik 2, maka didapatkan hasil data pengujian dari mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*), dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6: Data hasil pengujian

Bukaan katub	Time (menit)	Force (Kgf)	Stroke (mm)	Max. Moment (Kgf · m)	Max. Stress (Kgf/mm ²)
2	3.176	44,35	40,355	0,363	0,10

Sehingga didapat grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ) yang terjadi pada spesimen, seperti gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)

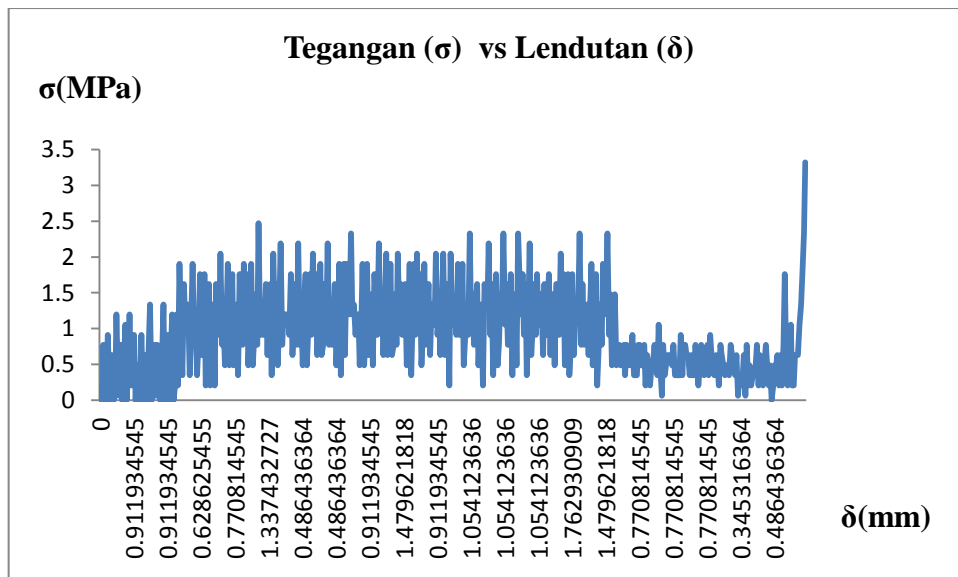
4.2.5 Spesimen 5

Berdasarkan pengujian tekan yang dilakukan, spesimen didudukkan ditumpuan mesin uji tekan, dengan panjang dudukan (L) 160 mm, dan tekanan bukaan katub hidraulik 2,5. Setelah dilakukan pengujian statik dengan beban terpusat pada spesimen 5 dengan tekanan bukaan katub hidraulik 2,5, maka didapatkan hasil data pengujian dari mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*), dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7: Data hasil pengujian

Bukaan katub	Time (menit)	Force (Kgf)	Stroke (mm)	Max. Moment (Kgf · m)	Max. Stress (Kgf / mm ²)
2,5	2.518	31,087	39,821	0,124	0,03

Sehingga didapat grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ) yang terjadi pada spesimen, seperti gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar 4.7: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)

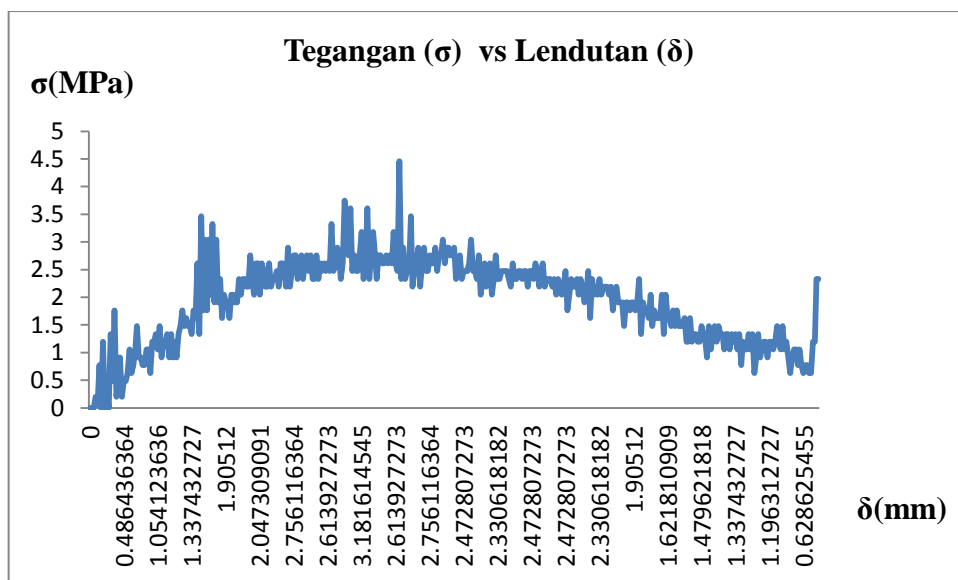
4.2.6 Spesimen 6

Berdasarkan pengujian tekan yang dilakukan, spesimen didudukkan ditumpuan mesin uji tekan, dengan panjang dudukan (L) 160 mm, dan tekanan bukaan katub hidraulik 3. Setelah dilakukan pengujian statik dengan beban terpusat pada spesimen 6 dengan tekanan bukaan katub hidraulik 3, maka didapatkan hasil data pengujian dari mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*), dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8: Data hasil pengujian

Bukaan katub	Time (menit)	Force (Kgf)	Stroke (mm)	Max. Moment (Kgf · m)	Max. Stress (Kgf / mm ²)
3	2.012	21,800	38,575	0,167	0,05

Sehingga didapat grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ) yang terjadi pada spesimen, seperti gambar 4.8 dibawah ini.



Gambar 4.8: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)

4.3 Hasil Pengukuran Lendutan Pada Spesimen Uji Ukuran 6 mm

4.3.1 Spesimen 1

Pada pengujian tekan ini, spesimen uji diberi tekanan bukaan katub 0,5 dengan beban yang terpusat, sehingga lendutan yang terjadi pada spesimen uji sebesar 39,16 mm.



Gambar 4.9: Pengukuran lendutan

4.3.2 Spesimen 2

Pada pengujian tekan ini, spesimen uji diberi tekanan bukaan katub 1 dengan beban yang terpusat, sehingga lendutan yang terjadi pada spesimen uji sebesar 39,46 mm.



Gambar 4.10: Pengukuran lendutan

4.3.3 Spesimen 3

Pada pengujian tekan ini, spesimen uji diberi tekanan bukaan katub 1,5 dengan beban yang terpusat, sehingga lendutan yang terjadi pada spesimen uji sebesar 39,88 mm.



Gambar 4.11: Pengukuran lendutan

4.3.4 Spesimen 4

Pada pengujian tekan ini, spesimen uji diberi tekanan bukaan katub 2 dengan beban yang terpusat, sehingga lendutan yang terjadi pada spesimen uji sebesar 40,35 mm.



Gambar 4.12: Pengukuran lendutan

4.3.5 Spesimen 5

Pada pengujian tekan ini, spesimen uji diberi tekanan bukaan katub 2,5 dengan beban yang terpusat, sehingga lendutan yang terjadi pada spesimen uji sebesar 39,82 mm.



Gambar 4.13: Pengukuran lendutan

4.3.6 Spesimen 6

Pada pengujian tekan ini, spesimen uji diberi tekanan bukaan katub 3 dengan beban yang terpusat, sehingga lendutan yang terjadi pada spesimen uji sebesar 38,57 mm.

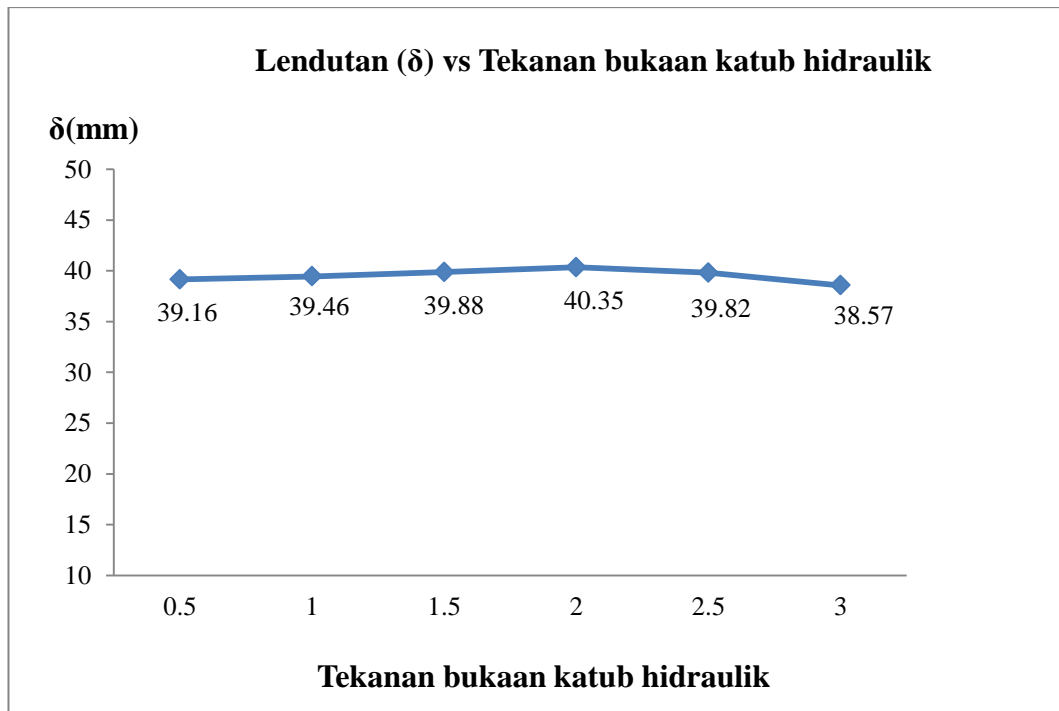


Gambar 4.14: Pengukuran lendutan

Dari hasil pengujian diatas dengan tekanan bukaan katub hidraulik yang berbeda pada struktur sarang lebah ukuran 6 mm maka didapatkan grafik lendutan, pada gambar 4.15 dibawah.

Tabel 4.9: hasil lendutan pada spesimen

Lendutan (mm)	Spesimen
39,16	0,5 (Spesimen 1)
39,46	1 (Spesimen 2)
39,88	1,5 (Spesimen 3)
40,35	2 (Spesimen 4)
39,82	2,5 (Spesimen 5)
38,57	3 (Spesimen 6)



Gambar 4.15: Grafik lendutan (δ) vs tekanan bukaan katub hidraulik

4.4 Hasil Pengujian Kekuatan Lendutan Pada Struktur Sarang Lebah Ukuran 2 mm

Karena ketidaksesuaian dalam pencapaian untuk pengaturan tekanan *Loading Rate*, maka penulis hanya melakukan pengaturan tekanan bukaan katub hidrolik pada spesimen uji, dengan tekanan bukaan katub seperti tabel 4.10. lalu didapat data berdasarkan lendutan yang terjadi akibat beban tekanan bukaan katub pada spesimen uji. (dapat dilihat pada Table 4.9 dan Gambar 4.15).

Tabel 4.10: Tekanan bukaan katub pada spesimen uji struktur sarang lebah

Tekanan Bukaan Katub Hidraulik	Spesimen
0,5	Spesimen 1
1	Spesimen 2
1,5	Spesimen 3
2	Spesimen 4
2,5	Spesimen 5
3	Spesimen 6



(a)



(b)

Gambar 4.16: (a) Spesimen sebelum diuji

(b) Spesimen setelah diuji

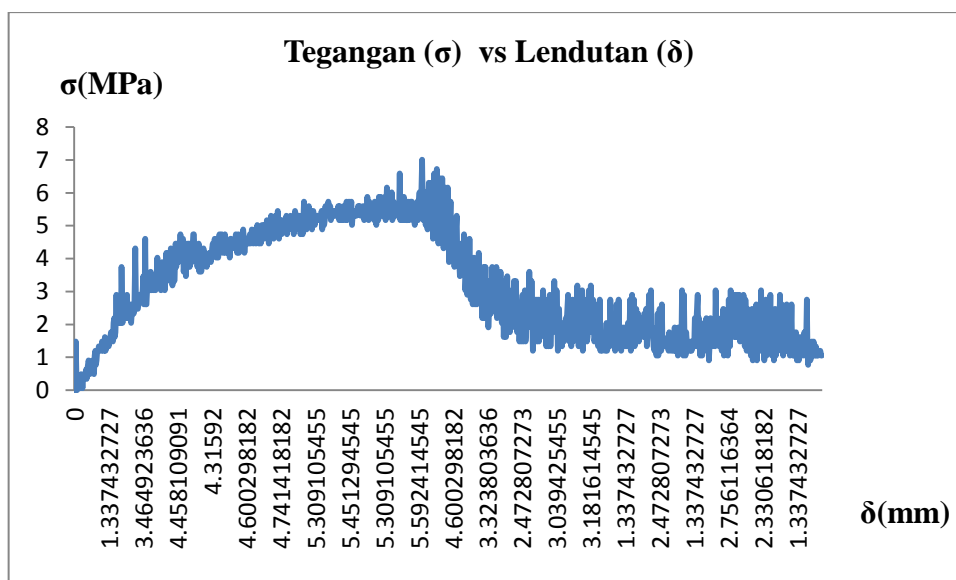
4.4.1 Spesimen 1

Berdasarkan pengujian tekan yang dilakukan, spesimen didudukkan ditumpuan mesin uji tekan, dengan panjang dudukan (L) 160 mm, dan tekanan bukaan katub hidraulik 0,5. Setelah dilakukan pengujian statik dengan beban terpusat pada spesimen 1 dengan tekanan bukaan katub hidraulik 0,5, maka didapatkan hasil data pengujian dari mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*), dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini.

Tabel 4.11: Data hasil pengujian

Bukaan katub	Time (menit)	Force (Kgf)	Stroke (mm)	Max. Moment (Kgf · m)	Max. Stress (Kgf/mm ²)
0,5	5.763	50,99	36,320	0,262	0,07

Sehingga didapat grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ) yang terjadi pada spesimen, seperti gambar 4.17 dibawah ini.



Gambar 4.17: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)

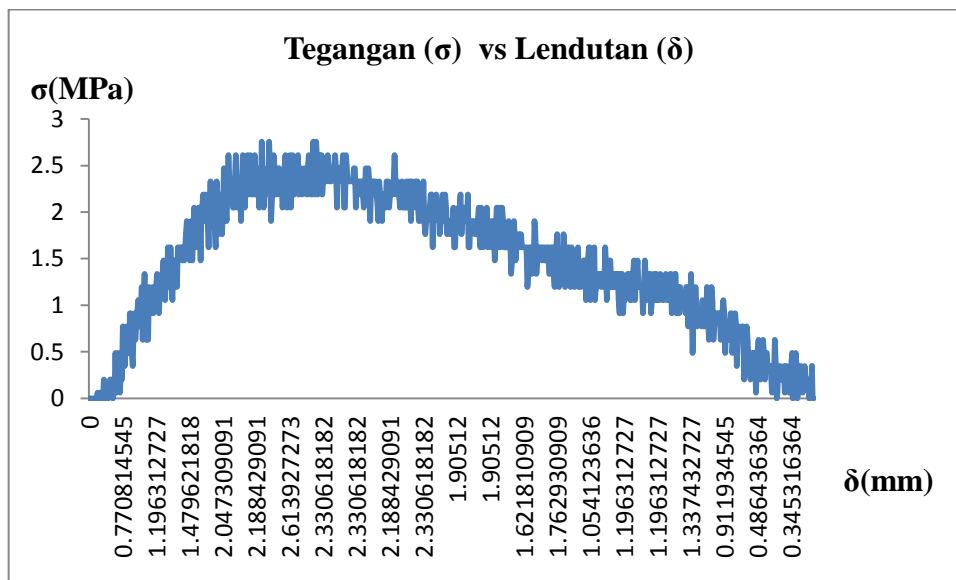
4.4.2 Spesimen 2

Berdasarkan pengujian tekan yang dilakukan, spesimen didudukan ditumpuan mesin uji tekan, dengan panjang dudukan (L) 160 mm, dan tekanan bukaan katub hidraulik 1. Setelah dilakukan pengujian statik dengan beban terpusat pada spesimen 1 dengan tekanan bukaan katub hidraulik 1, maka didapatkan hasil data pengujian dari mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*), dapat dilihat pada tabel 4.12 dibawah ini.

Tabel 4.12: Data hasil pengujian

Bukaan katub	Time (menit)	Force (Kgf)	Stroke (mm)	Max. Moment (Kgf · m)	Max. Stress (Kgf/mm ²)
1	4.203	20,47	27,774	0,103	0,03

Sehingga didapat grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ) yang terjadi pada spesimen, seperti gambar 4.18 dibawah ini.



Gambar 4.18: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)

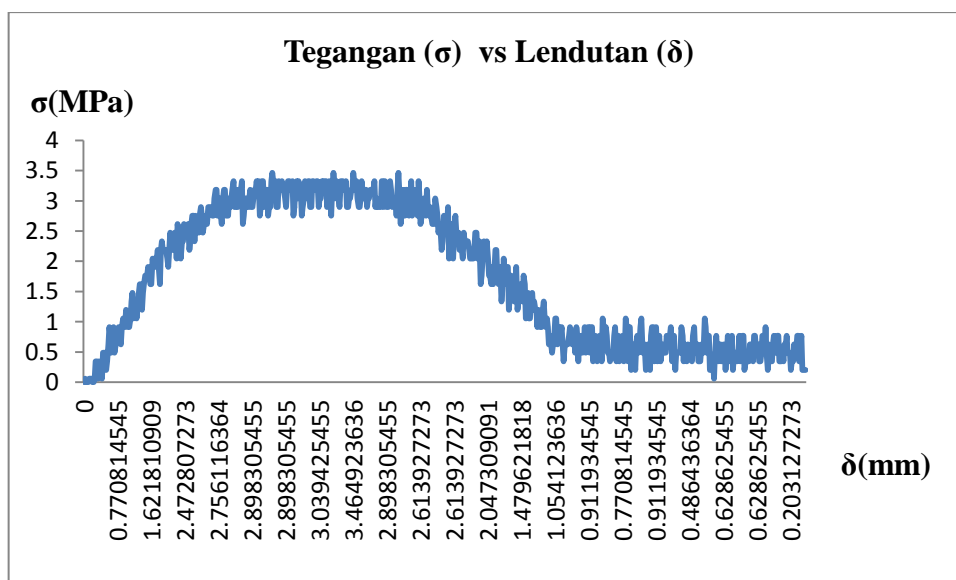
4.4.3 Spesimen 3

Berdasarkan pengujian tekan yang dilakukan, spesimen didudukkan ditumpuan mesin uji tekan, dengan panjang dudukan (L) 160 mm, dan tekanan bukaan katub hidraulik 1,5. Setelah dilakukan pengujian statik dengan beban terpusat pada spesimen 3 dengan tekanan bukaan katub hidraulik 1,5, maka didapatkan hasil data pengujian dari mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*), dapat dilihat pada tabel 4.13 dibawah ini.

Tabel 4.13: Data hasil pengujian

Bukaan katub	Time (menit)	Force (Kgf)	Stroke (mm)	Max. Moment (Kgf · m)	Max. Stress (Kgf/mm ²)
1,5	3.571	24,45	32,640	0,130	0,04

Sehingga didapat grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ) yang terjadi pada spesimen, seperti gambar 4.19 dibawah ini.



Gambar 4.19: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)

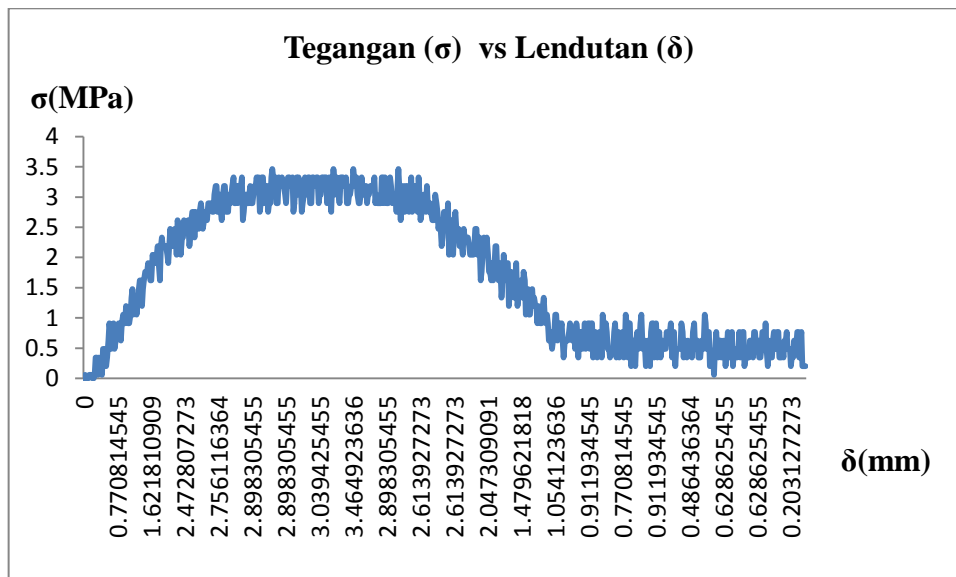
4.4.4 Spesimen 4

Berdasarkan pengujian tekan yang dilakukan, spesimen didudukkan ditumpuan mesin uji tekan, dengan panjang dudukan (L) 160 mm, dan tekanan bukaan katub hidraulik 2. Setelah dilakukan pengujian statik dengan beban terpusat pada spesimen 4 dengan tekanan bukaan katub hidraulik 2, maka didapatkan hasil data pengujian dari mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*), dapat dilihat pada tabel 4.14 dibawah ini.

Tabel 4.14: Data hasil pengujian

Bukaan katub	Time (menit)	Force (Kgf)	Stroke (mm)	Max. Moment (Kgf · m)	Max. Stress (Kgf/mm ²)
2	2.833	19,147	35,311	0,193	0,05

Sehingga didapat grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ) yang terjadi pada spesimen, seperti gambar 4.20 dibawah ini.



Gambar 4.20: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)

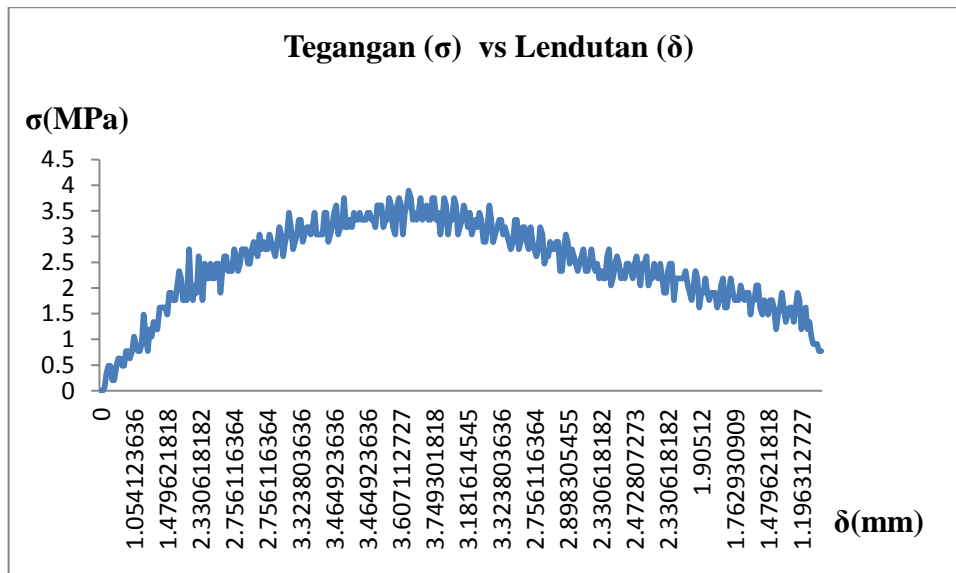
4.4.5 Spesimen 5

Berdasarkan pengujian tekan yang dilakukan, spesimen didudukkan ditumpuan mesin uji tekan, dengan panjang dudukan (L) 160 mm, dan tekanan bukaan katub hidraulik 2,5. Setelah dilakukan pengujian statik dengan beban terpusat pada spesimen 5 dengan tekanan bukaan katub hidraulik 2,5, maka didapatkan hasil data pengujian dari mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*), dapat dilihat pada tabel 4.15 dibawah ini.

Tabel 4.15: Data hasil pengujian

Bukaan katub	Time (menit)	Force (Kgf)	Stroke (mm)	Max. Moment (Kgf · m)	Max. Stress (Kgf / mm ²)
2,5	1.913	24,90	30,682	0,146	0,04

Sehingga didapat grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ) yang terjadi pada spesimen, seperti gambar 4.21 dibawah ini.



Gambar 4.21: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)

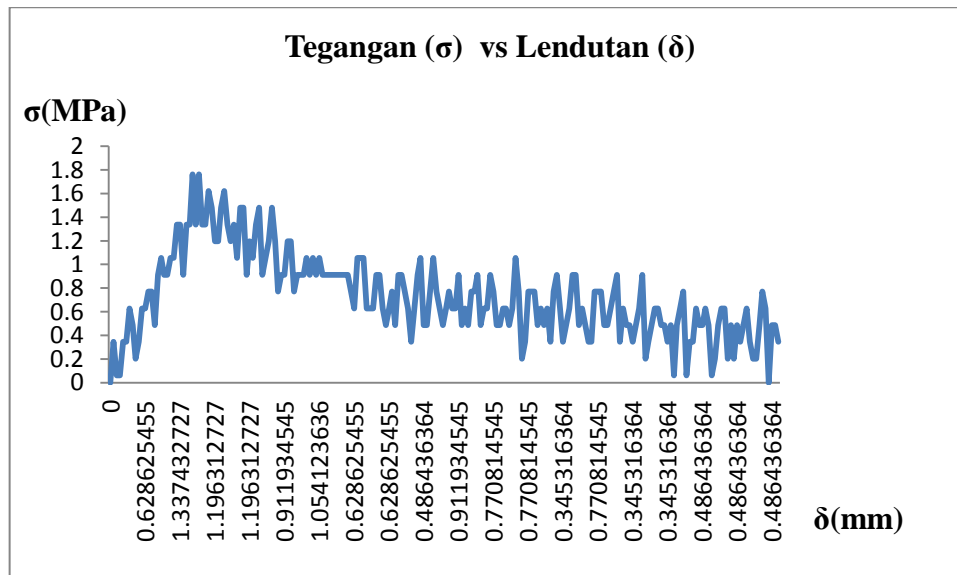
4.4.6 Spesimen 6

Berdasarkan pengujian tekan yang dilakukan, spesimen didudukan ditumpuan mesin uji tekan, dengan panjang dudukan (L) 160 mm, dan tekanan bukaan katub hidraulik 3. Setelah dilakukan pengujian statik dengan beban terpusat pada spesimen 6 dengan tekanan bukaan katub hidraulik 3, maka didapatkan hasil data pengujian dari mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*), dapat dilihat pada tabel 4.16 dibawah ini.

Tabel 4.16: Data hasil pengujian

Bukaan katub	Time (menit)	Force (Kgf)	Stroke (mm)	Max. Moment (Kgf · m)	Max. Stress (Kgf/mm ²)
3	1.101	13,84	21,186	0,006	0,02

Sehingga didapat grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ) yang terjadi pada spesimen, seperti gambar 4.22 dibawah ini.



Gambar 4.22: grafik perbandingan Tegangan (σ) vs Lendutan (δ)

4.5 Hasil Pengukuran Lendutan Pada Spesimen Uji

4.5.1 Spesimen 1

Pada pengujian tekan ini, spesimen uji diberi tekanan bukaan katub 0,5 dengan beban yang terpusat, sehingga lendutan yang terjadi pada spesimen uji sebesar 36,32 mm.



Gambar 4.23: Pengukuran lendutan

4.5.2 Spesimen 2

Pada pengujian tekan ini, spesimen uji diberi tekanan bukaan katub 1 dengan beban yang terpusat, sehingga lendutan yang terjadi pada spesimen uji sebesar 27,77 mm.



Gambar 4.24: Pengukuran lendutan

4.5.3 Spesimen 3

Pada pengujian tekan ini, spesimen uji diberi tekanan bukaan katub 1,5 dengan beban yang terpusat, sehingga lendutan yang terjadi pada spesimen uji sebesar 32,64 mm.



Gambar 4.25: Pengukuran lendutan

4.5.4 Spesimen 4

Pada pengujian tekan ini, spesimen uji diberi tekanan bukaan katub 2 dengan beban yang terpusat, sehingga lendutan yang terjadi pada spesimen uji sebesar 35,31 mm.



Gambar 4.26: Pengukuran lendutan

4.5.5 Spesimen 5

Pada pengujian tekan ini, spesimen uji diberi tekanan bukaan katub 2,5 dengan beban yang terpusat, sehingga lendutan yang terjadi pada spesimen uji sebesar 30,68 mm.



Gambar 4.27: Pengukuran lendutan

4.5.6 Spesimen 6

Pada pengujian tekan ini, spesimen uji diberi tekanan bukaan katub 3 dengan beban yang terpusat, sehingga lendutan yang terjadi pada spesimen uji sebesar 21,18 mm.

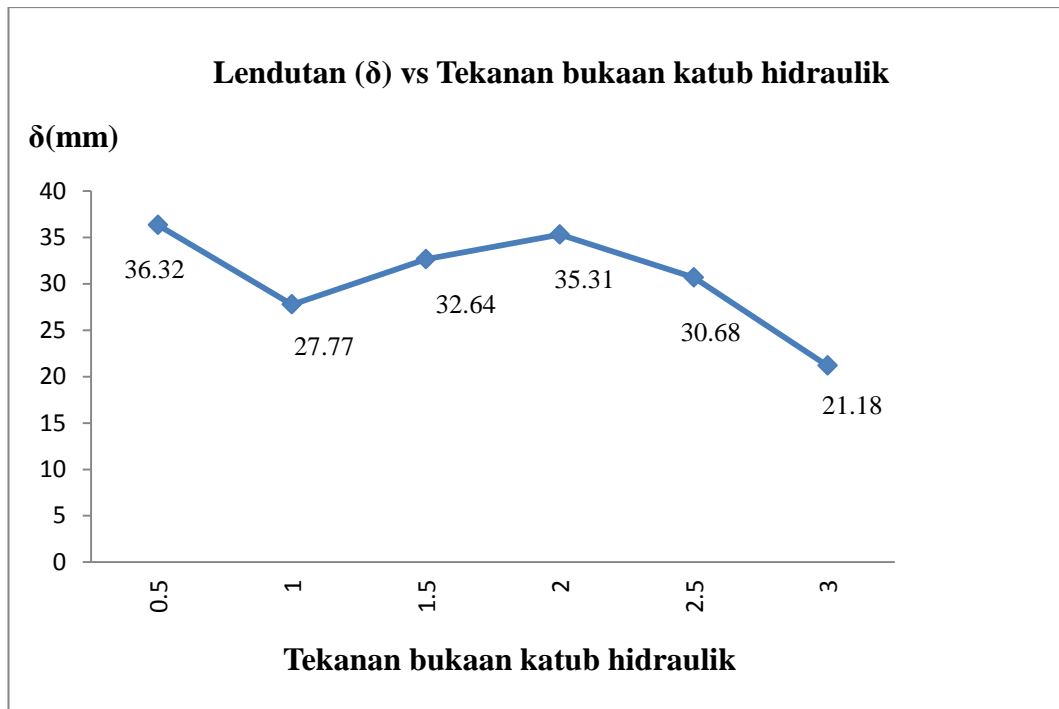


Gambar 4.28: Pengukuran lendutan

Dari hasil pengujian diatas dengan pembebanan yang berbeda pada struktur sarang lebah ukuran 2 mm maka didapatkan grafik lendutan, pada gambar 4.29: dibawah ini.

Tabel 4.17: hasil lendutan pada spesimen

Lendutan (mm)	Spesimen
36,32	0,5 (Spesimen 1)
27,77	1 (Spesimen 2)
32,64	1,5 (Spesimen 3)
35,31	2 (Spesimen 4)
30,68	2,5 (Spesimen 5)
21,18	3 (Spesimen 6)

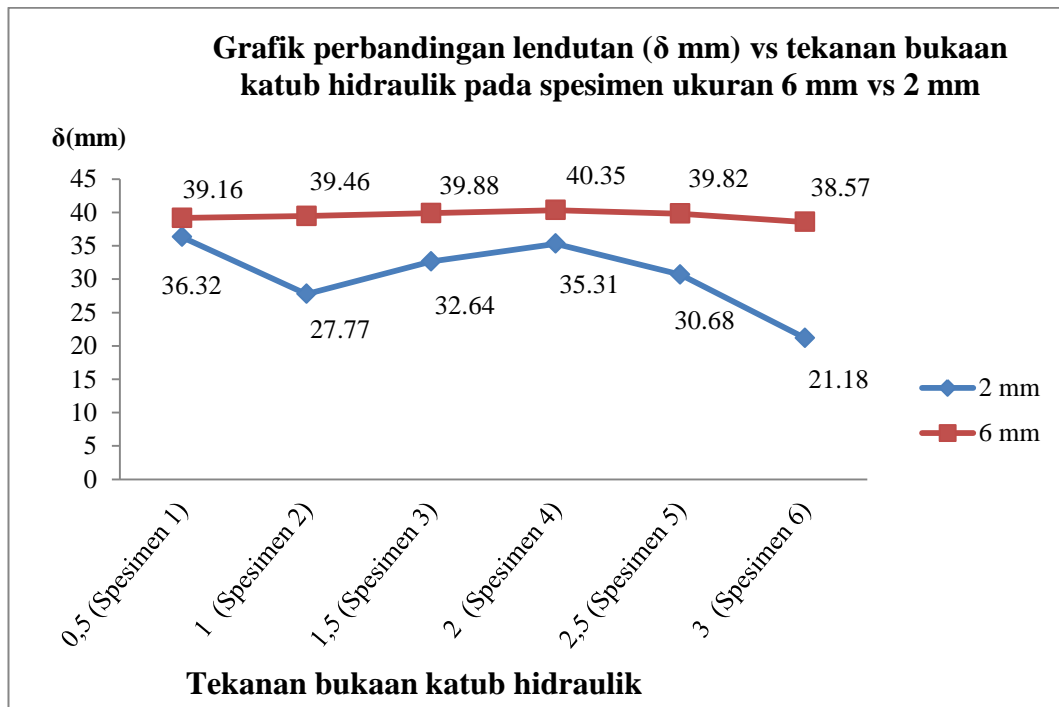


Gambar 4.29: Grafik lendutan (δ) vs tekanan bukaan katub hidraulik

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada spesimen uji, maka didapat hasil perbandingan lendutan vs tekanan bukaan katub hidraulik pada spesimen dengan ukuran 6 mm dan 2 mm. Seperti gambar 4.30 dibawah ini.

Tabel 4.18: Lendutan pada spesimen ukuran 6 mm dan 2 mm

Lendutan (mm) pada spesimen 6 mm	Lendutan (mm) pada spesimen 2 mm	Tekanan bukaan katub hidraulik pada spesimen
39,16	36,32	0,5 (Spesimen 1)
39,46	27,77	1 (Spesimen 2)
39,88	32,64	1,5 (Spesimen 3)
40,35	35,31	2 (Spesimen 4)
39,82	30,68	2,5 (Spesimen 5)
38,57	21,18	3 (Spesimen 6)



Gambar 4.30: Grafik perbandingan lendutan (δ mm) vs tekanan bukaan katub hidraulik pada spesimen ukuran 6 mm vs 2 mm

4.6 Pembahasan Kekuatan Lendutan Pada Struktur Sarang Lebah

Dari hasil data pengujian kekuatan lendutan pada spesimen yang telah dilakukan, maka dilakukan pembahasan menggunakan persamaan rumus. Pada saat pengujian menggunakan tipe pengujian *3 point bending* adapun pembahasan tersebut sebagai berikut:

4.6.1 Pembahasan Pada Spesimen Struktur Sarang Lebah Ukuran 6 mm

Persamaan rumus yang digunakan dalam pembahasan ini, menggunakan rumus *3 Point Bending*, yaitu sebagai berikut:

a. Spesimen 1

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} = \frac{3 \cdot (32,41 \text{Kgf} \cdot 9,81 \text{N/mm}) \cdot 160 \text{mm}}{2 \cdot 55 \text{mm} \cdot 20 \text{mm}^2} = 3,46 \text{Mpa}$$

b. Spesimen 2

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} = \frac{3 \cdot (35,05 \text{Kgf} \cdot 9,81 \text{N/mm}) \cdot 160 \text{mm}}{2 \cdot 55 \text{mm} \cdot 20 \text{mm}^2} = 3,74 \text{Mpa}$$

c. Spesimen 3

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} = \frac{3 \cdot (25,78 \text{Kgf} \cdot 9,81 \text{N/mm}) \cdot 160 \text{mm}}{2 \cdot 55 \text{mm} \cdot 20 \text{mm}^2} = 2,75 \text{Mpa}$$

d. Spesimen 4

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} = \frac{3 \cdot (44,35 \text{Kgf} \cdot 9,81 \text{N/mm}) \cdot 160 \text{mm}}{2 \cdot 55 \text{mm} \cdot 20 \text{mm}^2} = 4,74 \text{Mpa}$$

e. Spesimen 5

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} = \frac{3 \cdot (31,08 \text{Kgf} \cdot 9,81 \text{N/mm}) \cdot 160 \text{mm}}{2 \cdot 55 \text{mm} \cdot 20 \text{mm}^2} = 3,32 \text{Mpa}$$

f. Spesimen 6

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} = \frac{3 \cdot (21,80 \text{Kgf} \cdot 9,81 \text{N/mm}) \cdot 160 \text{mm}}{2 \cdot 55 \text{mm} \cdot 20 \text{mm}^2} = 2,33 \text{Mpa}$$

4.6.2 Pembahasan Pada Spesimen Struktur Sarang Lebah Ukuran 2 mm

Persamaan rumus yang digunakan dalam pembahasan ini, menggunakan rumus *3 Point Bending*, yaitu sebagai berikut:

a. Spesimen 1

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} = \frac{3 \cdot (50,99 \text{Kgf} \cdot 9,81 \text{N/mm}) \cdot 160 \text{mm}}{2 \cdot 55 \text{mm} \cdot 20 \text{mm}^2} = 5,45 \text{Mpa}$$

b. Spesimen 2

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} = \frac{3 \cdot (20,47 \text{Kgf} \cdot 9,81 \text{N/mm}) \cdot 160 \text{mm}}{2 \cdot 55 \text{mm} \cdot 20 \text{mm}^2} = 2,18 \text{Mpa}$$

c. Spesimen 3

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} = \frac{3 \cdot (24,45 \text{Kgf} \cdot 9,81 \text{N/mm}) \cdot 160 \text{mm}}{2 \cdot 55 \text{mm} \cdot 20 \text{mm}^2} = 2,61 \text{Mpa}$$

d. Spesimen 4

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} = \frac{3 \cdot (23,46 \text{Kgf} \cdot 9,81 \text{N/mm}) \cdot 160 \text{mm}}{2 \cdot 55 \text{mm} \cdot 20 \text{mm}^2} = 2,51 \text{Mpa}$$

e. Spesimen 5

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} = \frac{3 \cdot (24,90 \text{Kgf} \cdot 9,81 \text{N/mm}) \cdot 160 \text{mm}}{2 \cdot 55 \text{mm} \cdot 20 \text{mm}^2} = 2,66 \text{Mpa}$$

f. Spesimen 6

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} = \frac{3 \cdot (13,84 \text{Kgf} \cdot 9,81 \text{N/mm}) \cdot 160 \text{mm}}{2 \cdot 55 \text{mm} \cdot 20 \text{mm}^2} = 1,47 \text{Mpa}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil data pengujian tekan pada spesimen struktur sarang lebah ukuran 6 mm dengan 6 buah spesimen uji maka diperoleh hasil lendutan tertinggi pada percobaan spesimen ke 4 dengan tekanan bukaan katub 2,5 dengan nilai lendutan 40,35 mm. Sedangkan pada spesimen struktur sarang lebah dengan ukuran 2 mm dengan 6 buah spesimen uji maka diperoleh hasil lendutan tertinggi pada percobaan spesimen ke 1 dengan tekanan bukaan katub 0,5 dengan nilai lendutan 36,32 mm.
2. Tidak hanya tekanan bukaan katub hidraulik yang dapat mempengaruhi besar kecilnya lendutan itu terjadi, tetapi pada saat pembuatan spesimen penggabungan core sangat berpengaruh pada struktur sarang lebah, dan juga berpengaruh pada kekuatan struktur sarang lebah itu sendiri.
3. Pada saat pengujian tekan statik pada struktur sarang lebah grafik yang dihasil kurang maksimal dikarenakan tekanan loading rate pada mesin uji tekan tidak diketahui.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam tentang material komposit *Sandwich Honeycomb* dengan membuat perbandingan simulasi.

2. pada saat pembuatan spesimen penggabungan core sangat berpengaruh pada struktur sarang lebah, dan juga berpengaruh pada kekuatan struktur sarang lebah itu sendiri.
3. Pada saat pengeringan adhesive (perekat) harus benar-benar kering, jika kurang kering sangat berpengaruh pada kekuatan struktur sarang lebah itu sendiri.
4. Pada mesin uji sebaiknya diperbarui agar dapat menghasilkan pengujian yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Balci Onur, Coban Onur, Akagundus Eyup, Yalcin Enver Bulent. (2016). Experimental Investigation of Single and Repeated Impact for Repaired Honeycomb Sandwich Structures. *Materials Science and Engineering A*. Vol.682 (2017), pp.23-30.
- Buitrago Brenda L., Santiuste Carlos, Saez Sonia Sanchez, Barbero Enrique, Navarro Carlos. (2009). Modelling of Composite Sandwich Structures with Honeycomb Core Subjected to High-Velocity Impact. *Composite Structures*. Vol.92 (2010), pp.2090-2096.
- Galehdari S.A., Kadkhodayan M., Hadidi-Moud S. (2015). Low Velocity Impact and Quasi-static In-plane Loading on a Graded Honeycomb Structure: Experimental, Analytical and Numerical Study. *Aerospace Science and Technology*. Vol.47 (2015), pp.425-433.
- Qi Chang, Remennikov Alex, Pei Lian-Zhang, Yang Shu, Yu Zhi-Hang, Ngo Tuah D. (2017). Impact and Close-in Blast Response of Auxetic Honeycomb-cored Sandwich Panel: Experimental Test and Numerical Simulations. *Composites Structure*. Vol.180 (2017), pp.161-178.
- Wang Zhonggang, Liu Jiefu, Lu Zhaijun, Hui David. (2016). Mechanical Behavior of Compositated Structure Filled with Tandem Honeycombs. *Composites Part B*. Vol.0 (2016), pp.1-25.
- Xu Ming-ming, Huang Guang-yan, Feng Shun-shan, Qin Xiang-yu, Mcshane G.J., Stronge W.J. (2015). Perforation Resistance of Aluminium Sandwich Structure. *Materials and Design*, Vol.0 (2016), pp.1-25.
- Zhang Kai, Deng Zichen, Meng Junmiao, Xu Xiaojion, Wong Yan. (2014). Symplectic Analysis of Dynamic Properties of Hexagonal Honeycomb Sandwich Tubes with Plateau Borders. *Journal of Sound and Vibration*. Vol.351 (2015), pp.177-188.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama Lengkap	: Bambang Syahputra
Tempat/Tanggal Lahir	: Blok VI baru, 04 September 1994
Jenis Kelamin	: Laki - Laki
Kewarganegaraan	: Indonesia
Agama	: Islam
Anak ke	: 5 dari 5 bersaudara
Status	: Belum Menikah
Alamat	: Jl.Karya Gg. Bidan No.5c Medan-Barat
No.Hp	: 081313111192
Email	: bambangsyahputra111@gmail.com

ORANG TUA

Nama Ayah	: Katino
Nama Ibu	: Ramsiah
Agama	: Islam
Alamat	: Jl. Blok VI baru No.107 Kec.Gunung Meriah, Kab. Aceh Singkil

PENDIDIKAN

1. Tahun 2000 – 2006 : SD Negeri 1 Blok VI Baru
2. Tahun 2006 – 2009 : SMP Negeri 1 Gunung Meriah
3. Tahun 2009 – 2012 : SMA Negeri 1 Gunung Meriah
4. Tahun 2012 – 2018 : Tercatat Sebagai Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)