

**SKRIPSI**

**ANALISIS KEKUATAN BENDING STRUKTUR  
SANDWICH DENGAN *CORE* ALUMINIUM - *FOAM*  
*POLYURETHANE* DAN *SKIN FIBERGLASS***



**FATHURRAHMAN UTAMA**

**03051381924114**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2023**



# **SKRIPSI**

## **ANALISIS KEKUATAN BENDING STRUKTUR SANDWICH DENGAN CORE ALUMINIUM - FOAM POLYURETHANE DAN SKIN FIBERGLASS**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH:  
FATHURRAHMAN UTAMA  
03051381924114**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2023**



**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS KEKUATAN BENDING STRUKTUR  
SANDWICH DENGAN CORE ALUMINIUM - FOAM  
POLYURETHANE DAN SKIN FIBERGLASS**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar sarjana Teknik Mesin  
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**FATHURRAHMAN UTAMA**  
**03051381924114**

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Teknik Mesin**



**Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
**NIP. 197112251997021001**

Palembang, 20 Juli 2023  
**Pembimbing Skripsi**

A blue ink handwritten signature, appearing to be 'Gunawan', written over a horizontal line.

**Gunawan, S. T., M. T., Ph. D.**  
**NIP. 197909272003121004**



JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.  
Diterima Tanggal  
Paraf

: 029/TU/AK/2023  
: 15 September 2023



SKRIPSI

NAMA : FATHURRAHMAN UTAMA  
NIM : 03051381924114  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
JUDUL SKRIPSI : ANALISIS KEKUATAN BENDING STRUKTUR SANDWICH DENGAN CORE ALUMINIUM – FOAM POLYURETHANE DAN SKIN FIBERGLASS  
DIBUAT TANGGAL : 28 OKTOBER 2022  
SELESAI TANGGAL : 20 JULI 2023

Mengetahui,

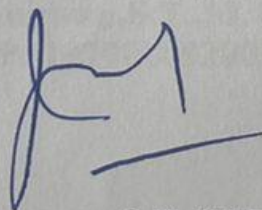
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 197112251997021001

Palembang, Juli 2023

Diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing Skripsi



Gunawan, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 197901052003121002









## HALAMAN PERSETUJUAN

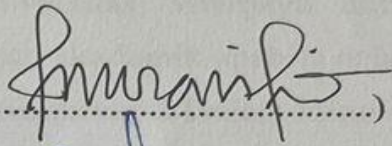
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “ Analisis Kekuatan Bending Struktur *Sandwich* Dengan *Core* Alumunium – *Foam Polyurethane* dan *Skin Fiberglass*” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 20 Juli 2023.

Palembang, Juli 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

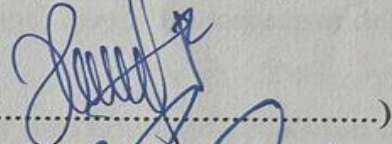
Ketua :

1. Amir Arifin S.T., M.Eng., Ph.D  
NIP. 197909272003121004

()

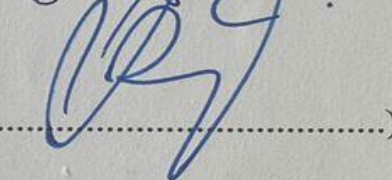
Sekretaris :

2. Akbar Teguh Prakoso, S.T., M.T  
NIP. 199204122022031009

()


Anggota :

3. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 197112251997021001

()

Mengetahui,

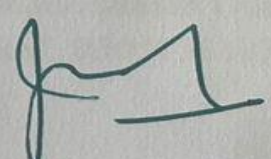
Ketua Jurusan Teknik Mesin

()  
Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 197112251997021001

Palembang, Juli 2023

Diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing

()  
Gunawan, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 197901052003121002



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah Subhanahuwata'ala atas rahmat-Nya yang diberikan sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini. Skripsi ini berjudul “ANALISIS KEKUATAN BENDING STRUKTUR SANDWICH DENGAN CORE ALUMINIUM - FOAM POLYURETHANE DAN SKIN FIBERGLASS”. Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu kurikulum di Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya. Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan proposal ini, oleh karena itu, sudah sepantasnya kami haturkan terima kasih kepada :

1. Eko Soeprianto, S.E. dan Sri Mulyanti, S.Pd. orang tua penulis yang selalu mendoakan, memberi semangat dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
3. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya .
4. Gunawan, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, mendidik, memotivasi, serta banyak memberikan sarana kepada penulis mengenai tulisan ini.
5. Seluruh Dosen di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Seluruh Kerabat karib penulis baik dari internal kampus maupun eksternal kampus yang telah memberi dukungan kepada penulis.
7. Seluruh pihak yang telah mendukung penulis dalam pembuatan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini kedepannya akan sangat

membantu. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang di kemudian hari.

Palembang, 20 Juli 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to be the initials 'Fu' or a stylized 'F' and 'U'.

Fathurrahman Utama

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fathurrahman Utama

NIM : 03051381924114

Judul : Analisis Kekuatan Bending Struktur *Sandwich* Dengan Core Alumunium – *Foam Polyurethane* dan *Skin Fiberglass*

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juli 2023



Fathurrahman Utama  
NIM. 03051381924097





## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fathurrahman Utama

NIM : 03051381924114

Judul : Analisis Kekuatan Bending Struktur *Sandwich* Dengan *Core* Alumunium – *Foam Polyurethane* dan *Skin* Fiberglass

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



Palembang, Juli 2023



Fathurrahman Utama

NIM. 03051381924114



## RINGKASAN

### ANALISIS KEKUATAN BENDING *STRUKTUR SANDWICH* DENGAN *CORE* ALUMINIUM DAN *SKIN FIBERGLASS*

Karya ilmiah berupa skripsi, 20 Juli 2023

Fathurrahman Utama, dibimbing oleh Gunawan, S.T, M.T.

xxvii + 65 Halaman, 11 Tabel, 38 Gambar, 20 Lampiran

#### RINGKASAN

Struktur *sandwich* akan dibuat dengan menggunakan *core* aluminium dan *skin fiberglass*. Fokus penelitian juga akan difokuskan pada pengaruh penggunaan tipe *adhesive* pada *core* aluminium terhadap kekuatan tekan, serta pengaruh ketebalan *skin* struktur *sandwich* dengan *core* aluminium terhadap kekuatan bending. penggunaan tipe *adhesive* pada *core* aluminium memiliki potensi untuk mempengaruhi kekuatan tekan dari struktur *sandwich*. *Adhesive* yang tepat dapat memberikan ikatan yang kuat antara *core* aluminium dan *skin* sehingga meningkatkan kekuatan tekan keseluruhan struktur. Dalam penelitian ini, akan dilakukan analisis untuk mengevaluasi pengaruh tipe *adhesive* tertentu terhadap kekuatan tekan struktur *sandwich* selain itu, ketebalan *skin* struktur *sandwich* dengan *core* aluminium juga akan diteliti terkait pengaruh terhadap kekuatan bending. variasi ketebalan *skin* dapat mempengaruhi karakteristik mekanik struktur termasuk kekuatan bending. Penelitian ini akan menganalisis perubahan kekuatan bending seiring dengan variasi ketebalan *skin* dengan tujuan untuk memahami hubungan antara ketebalan *skin* dan kekuatan bending, diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih baik dalam pengembangan struktur *sandwich* yang optimal. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk perancangan struktur *sandwich* yang efisien dan kuat dalam berbagai aplikasi, baik di bidang transportasi, maupun industri lainnya, yaitu proses pembuatan *core* dimulai dengan menggunakan bahan aluminium hollow yang diisi dengan beberapa aluminium persegi Panjang. Terdapat perbedaan tipe perekat *adhesive* yang digunakan, yaitu tanpa *adhesive*, tali dan *adhesive*, serta *adhesive* selanjutnya dilakukan pembuatan

*core* menggunakan jenis tipe perekat tali dan *adhesive* yang diisi dengan *foam*. Hasil pengujian tekan *core* dengan penggunaan tipe perekat tali dan *adhesive* menunjukkan bahwa jenis *core* ini memiliki nilai tegangan rata-rata sebesar 238,1874 Mpa yang menunjukkan tingkat konsistensi yang tinggi selanjutnya Pengujian bending mengacu pada standar ASTM C939 standar ini memberikan pedoman struktur *sandwich* dengan ketebalan *skin* 3 mm, rata-rata tegangan bending yang terukur adalah sebesar 0.110 Mpa. Ketika ketebalan *skin* 5 mm, rata-rata tegangan bending menjadi menurun 0.156 Mpa. Selanjutnya. Pada struktur *sandwich* dengan ketebalan *skin* 7 mm, rata – rata tegangan bending lebih lanjut menjadi 0.174 Mpa dan penggunaan *clamp* juga memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan tekan struktur *sandwich*.

**Kata Kunci** :struktur sandwich, core, tebal skin, fiberglass, ASTM C393

## SUMMARY

### STRENGTH ANALYSIS OF BENDING SANDWICH STRUCTURE WITH ALUMINIUM CORE AND FIBERGLASS SKIN

Scientific paper in the form of thesis, July 20, 2023

Fathurrahman Utama, supervised by Gunawan, S.T, M.T.

xxvii + 65 pages, 11 table, 38 figures, 20 appendix

### SUMMARY

The sandwich structure was constructed using an aluminum core and fiberglass skin. The research focused on investigating the influence of adhesive types on the compressive strength of the aluminum core, as well as the effect of skin thickness on the bending strength of the aluminum core sandwich structure. The use of adhesive types on the aluminum core had the potential to impact the compressive strength of the sandwich structure. The appropriate adhesive could provide a strong bond between the aluminum core and skin, thus enhancing the compressive strength and structural integrity. This research aimed to analyze the effects of specific adhesive types on the compressive strength of the sandwich structure. Additionally, the investigation explored the relationship between skin thickness and bending strength in the aluminum core sandwich structure. Varying skin thicknesses could affect the mechanical characteristics of the structure, including bending strength. This study analyzed changes in bending strength with varying skin thickness to understand the relationship between skin thickness and bending strength, aiming to provide better insights for the development of optimal sandwich structures. The research results could serve as a basis for designing efficient and robust sandwich structures for various applications in the transportation and other industries. The process of core fabrication began by using hollow aluminum material filled with rectangular aluminum pieces. Different types of adhesive were used, including no adhesive, string and adhesive, and adhesive with foam filling. The compressive testing of the core with the use of string and adhesive showed an average stress value of 238.1874 MPa, indicating a high level of consistency. Furthermore,

bending tests were conducted according to the ASTM C939 standard, which provides guidelines for sandwich structures with a skin thickness of 3 mm. The measured average bending stress for this thickness was 0.110 MPa. As the skin thickness increased to 5 mm, the average bending stress decreased to 0.156 MPa. Further reduction in bending stress was observed in the sandwich structure with a skin thickness of 7 mm, with an average bending stress of 0.174 MPa. It was also noted that the use of clamps had a significant influence on the compressive strength of the sandwich structure.

Keywords: sandwich structure, core, skin thickness, fiberglass, ASTM C393

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	v
SKRIPSI.....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xv
RINGKASAN .....	xvii
SUMMARY .....	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR .....	xxiii
DAFTAR TABEL.....	xxv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4    Tujuan Penelitian.....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Struktur Panel Sandwich .....	5
2.1.1  Skin.....	5
2.1.2  Core.....	6
2.1.3  Adhesive.....	7
2.1.4  Keuntungan dan Kerugian Panel Sandwich.....	7
2.1.5  Jenis Panel Sandwich .....	8
2.1.6  Aplikasi Panel Sanwich.....	10
2.2    Aluminium .....	11
2.2.1  Sejarah Aluminium .....	12
2.2.2  Sifat aluminium.....	12
2.2.3  Aluminium Hollow .....	13
2.3    Fiberglass .....	14
2.4    Resin Poliester.....	15

2.5	Polyurethane Foam .....	16
2.6	Pengujian Tekan .....	17
2.7	Pengujian bending .....	19
2.8	Model Kegagalan Struktur <i>Sandwich Core</i> .....	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....		23
3.1	Diagram Alir Penelitian .....	23
3.2	Studi Literatur .....	24
3.3	Peralatan dan Bahan .....	24
3.4	Persiapan Bahan Pembuatan Struktur Sandwich .....	25
3.5	Prosedur Penelitian .....	25
3.5.1	Proses Pembuatan Core .....	25
3.5.2	Proses Pengisian Filler .....	28
3.5.3	Proses Pembuatan <i>Skin fiberglass</i> .....	29
3.5.4	Proses Pembuatan Struktur Sandwich .....	29
3.6	Metode Pengujian .....	30
3.6.1	Pengujian Tekan .....	30
3.6.2	Pengujian Bending .....	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		33
4.1	Hasil Pengujian Tekan .....	33
4.2	Pengujian bending .....	40
4.3	Pengaruh penggunaan tipe <i>adhesive core</i> alumunium terhadap kekuatan tekan 50	
4.4	Pengaruh ketebalan <i>skin</i> struktur <i>sandwich core</i> alumunium terhadap kekuatan bending .....	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		53
5.1	Kesimpulan .....	53
5.2	Saran .....	53
DAFTAR PUSTAKA .....		55
LAMPIRAN .....		59



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Panel Sandwich (Khan dkk., 2020) .....	5
Gambar 2.2 Tipe-tipe bentuk core (Khan dkk., 2020) .....	6
Gambar 2.3 elastomer polyurethane (Harris dkk., 2008).....	8
Gambar 2.4 Honeycomb core sandwich (Lubis dkk., 2020).....	9
Gambar 2.5 Fiber reinforced polymer (Hassan dkk., 2003) .....	10
Gambar 2.6 Material sandwich pada deck (Zubaydi dan Budipriyanto, 2020) ....	10
Gambar 2.7 Chassis monoqcoque (Chang & Cheng, 2007) .....	11
Gambar 2.8 Aluminium Hollow .....	13
Gambar 2.9 Fiberglass Woven.....	14
Gambar 2.10 Poliester & katalis .....	16
Gambar 2.11 Polyurethane.....	17
Gambar 2.12 Perubahan benda yang disebabkan oleh tegangan tekan aksial (Gunawan dkk., 2021).....	19
Gambar 2.13 Three bending.....	20
Gambar 2.14 Model Kegagalan Struktur Sandwich Akibat Beban Bending (Steeves dan Fleck, 2004).....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	23
Gambar 3.2 Bahan yang telah disiapkan.....	25
Gambar 3.3 Contoh dimensi alumunium hollow .....	26
Gambar 3.4 Contoh dimensi alumunium (a) alumunium pipa 8mm, (b) alumunium pipa 10.....	26
Gambar 3.5 Contoh susunan core yang telah dililit .....	27
Gambar 3.6 Contoh susunan core yang akan dimasukan ke hollow.....	27
Gambar 3.7 Contoh core yang diaplikasikan lem super ke tiap sisi .....	28
Gambar 3.8 Contoh core yang telah selesai .....	28
Gambar 3.9 Contoh proses penuangan foam polyurethane ke dalam core alumunium .....	28
Gambar 3.10 Contoh hasil core alumunium yang telah diberi foam polyurethane .....	29
Gambar 4.1 Core Struktur Sandwich sebelum diuji.....	33
Gambar 4.2 Core Struktur Sandwich a. Proses yaitu pengujian tekan b. core yaitu	

pengujian tekan.....	34
Gambar 4.3 Core yang diberi foam PU (kiri) dan core tanpa foam PU (kanan) ..	36
Gambar 4.4 Core filler setelah diuji dan core non-filler setelah diuji .....	36
Gambar 4.5 Grafik tegangan-regangan pada pengujian tekan (a) <i>core filler</i> dan (b) <i>core non filler</i> .....	37
Gambar 4.6 Struktur Sandwich Saat ditimbang .....	41
Gambar 4.7 Struktur Sandwich setelah diuji bending (a) Spesimen 3a, .....	42
Gambar 4.8 Grafik tegangan-regangan uji bending struktur sandwich tebal skin 3 mm, 5 mm, dan 7 mm a. spesimen 3C b. spesimen 5A c. spesimen 7B .....	46
Gambar 4.9 Struktur sandwich dengan clamp yang telah dibuat .....	48
Gambar 4.10 Struktur sandwich dengan clamp yang telah diuji bending .....	48
Gambar 4.11 Tegangan-regangan hasil uji bending struktur <i>sandwich</i> dengan <i>clamp</i> .....	49
Gambar 4.12 Grafik Tegangan Tekan .....	50
Gambar 4.13 Grafik Tegangan Bending .....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat- sifat serat gelas (Kurniawan, 2012).....	15
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan.....	24
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Tekan .....	35
Tabel 4. 2 Hasil dari Pengujian Tekan Core Filler dan Core non-filler .....	37
Tabel 4. 3 Pengujian densitas core filler dan core non-filler .....	38
Tabel 4. 4 Tegangan plateau .....	39
Tabel 4. 5 Hasil Dari Perhitungan Densitas .....	41
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Bending Struktur Sandwich.....	43
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Tegangan geser .....	44
Tabel 4. 8 Hasil pengujian bending sampel 7a dan 7b.....	44
Tabel 4. 9 hasil pengujian geser sampel 7a dan 7b .....	45



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Universal testing machine .....	59
Lampiran 2 sampel core .....	59
Lampiran 3 Sampel Core sebelum di assembly .....	60
Lampiran 4 sampel core filler .....	60
Lampiran 5 Struktur Sandwich Variasi Tebal Skin 3 mm .....	60
Lampiran 6 Struktur sandwich variasi tebal skin 5 mm.....	61
Lampiran 7 Struktur sandwich variasi tebal skin 7 mm.....	61
Lampiran 8 Tegangan-Regangan Pengujian Tekan Core Filler.....	61
Lampiran 9 Grafik Tegangan-Regangan Pengujian Tekan Core Non-Filler .....	62
Lampiran 10 Grafik Tegangan-Regangan Pengujian Bending Struktur Sandwich 3A.....	62
Lampiran 11 Grafik Tegangan-Regangan Pengujian Bending Struktur sandwich 3b .....	62
Lampiran 12 Grafik Tegangan-Regangan Pengujian Bending Struktur sandwich 3c .....	63
Lampiran 13 Grafik Tegangan-Regangan Pengujian Bending Struktur sandwich 5a .....	63
Lampiran 14 Grafik Tegangan-Regangan Pengujian Bending Struktur sandwich 5B .....	63
Lampiran 15 Grafik Tegangan-Regangan Pengujian Bending Struktur sandwich 5c .....	64
Lampiran 16 Grafik Tegangan-Regangan Pengujian Bending Struktur sandwich 64 .....	64
Lampiran 17 Grafik Tegangan-Regangan Pengujian Bending Struktur sandwich 7b .....	64
Lampiran 18 Grafik Tegangan-Regangan Pengujian Bending Struktur sandwich 65 .....	65
Lampiran 19 Struktur Sandwich di Meja Kerja Universal Testing Machine.....	65
Lampiran 20 Core di Meja Kerja Universal Testing Machine.....	65



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi modern yang berkembang pesat memberikan dampak pada kebutuhan penelitian dalam segala bidang meningkat, terutama dalam bidang material. Terdapat beberapa jenis material telah diteliti dan digunakan dalam keperluan industri diantaranya jenis logam seperti aluminium dan jenis material non logam seperti komposit. Industri terus berkembang membutuhkan penemuan-penemuan material baru sebagai material alternatif yang digunakan dalam industri. Salah satu contohnya terdapat pada industri manufaktur kendaraan militer yang disarankan untuk memakai material yang kuat dan ringan dengan konstruksi sedemikian rupa. Salah satu inovasi yang dapat memberi solusi terhadap permasalahan tersebut adalah panel *sandwich*.

Panel *sandwich* memiliki keunggulan tersendiri seperti beratnya yang ringan, kekakuan yang tinggi, serta sifat Lelah yang baik (Putra, 2010). Material dengan struktur *sandwich* secara umum terbagi dari tiga bagian utama, yaitu satu bagian inti (*core*) dan dua bagian kulit (*face/skin*). Bagian kulit yang terletak dibagian terluar diproduksi dengan material yang relative tipis, kuat dan kaku. Kedua kulit dipisahkan oleh material inti (*core*) yang tebal (Marsono dkk., 2021). Panel *sandwich* dibuat dengan tujuan untuk efisiensi berat yang optimal, namun mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Faktor utama dari material panel *sandwich* adalah *core* yang ringan sehingga memperkecil berat jenis dari material tersebut serta kekuatan lapisan *skin* yang memberikan kekuatan pada panel *sandwich* (Prasetyo, 2010). Beberapa faktor tersebut yang membuat panel *sandwich* banyak digunakan di berbagai bidang.

Inti pada panel *sandwich* atau *core* umumnya memiliki berbagai bentuk berongga yang berbentuk sarang lebah (*honeycomb*), bentuk sel (*cellular*), busa (*foam*), *corrugated*, *back-to-back corrugated*, dan bentuk lain yang disesuaikan

berdasarkan kebutuhan. *Core* harus memiliki tingkat kekakuan yang tinggi dalam geser untuk memastikan bahwa ketika struktur bengkok, *skin* tidak saling bergeser (Rejab & Cantwell, 2013). Material *core* yang sering digunakan dalam penelitian antara lain kayu (sengon laut, balsa), *foam (PVC,PU)*, struktur *honeycomb*, dan lain-lain(literatur) (Lubis dkk ., 2020).

Prinsip panel *sandwich* adalah menggabungkan kulit dengan modulus elastisitas tinggi dengan *core* yang ringan sehingga diperoleh kombinasi bahan yang kaku, kuat, tetapi ringan. Sehingga, *core* pada panel *sandwich* harus dibuat dari material dengan berat yang ringan, harga yang murah, mempunyai modulus geser yang tinggi dan harus dapat menjamin permukaan yang didukung serta dapat bekerja sebagai satu kesatuan. Oleh karena itu, material aluminium merupakan pilihan yang tepat untuk menjadi *core* pada komposit struktur *sandwich* dengan sifatnya yang ringan. Diluar dari sifatnya yang ringan, aluminium juga cenderung mudah dibentuk sesuai keinginan. Hal tersebut yang menjadi ketertarikan untuk meneliti pengaruh variasi bentuk *core* pada struktur *sandwich* yang terbuat dari aluminium terhadap sifat mekaniknya.

Jenis aluminium siap pakai seperti busa aluminium (*aluminium foam*) biasanya digunakan menjadi *core* pada struktur *sandwich*. Akan tetapi, bahan tersebut masih sulit ditemui di Indonesia. Sehingga kebanyakan peneliti dituntut untuk membuat sendiri material tersebut agar siap pakai. Oleh karena itu, penelitian kali ini membahas tentang “Analisis Kekuatan Bending Struktur Sandwich Dengan *core* Aluminium – Foam Polyurethane Dan *skin fiberglass* ”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Inti (*core*) dari panel *sandwich* adalah faktor penting dalam menentukan sifat mekaniknya, sehingga pemilihan material dan bentuk pada struktur *sandwich* memiliki pengaruh yang relevan. Akan tetapi, material dengan bentuk yang siap dipakai sulit ditemui di Indonesia, sehingga dibutuhkan alternatif yaitu penggunaan



aluminium hollow dan aluminium pipa. menganalisa pengaruh material dengan pengujian tekan dan pengujian bending pada panel *sandwich*..

### 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari beberapa batasan-batasan agar lebih terperinci dan tidak melebar dari inti permasalahan yang akan diselesaikan sesuai dengan tema judul penelitian ini yaitu “Analisis Kekuatan Bending Struktur *Sandwich* Dengan *Core* Aluminium-Foam Polyurethane Dan *Skin* Fiberglass”. Adapun batasan masalah yang lebih terperinci dalam penelitian ini antara lain :

1. Struktur Sandwich Menggunakan bahan *core* aluminium dengan *skin fiberglass*.
2. *Core* menggunakan material aluminium hollow dan aluminium 10 mm dan aluminium 8 mm.
3. *Skin* menggunakan *fiberglass woven*.
4. Pengujian yang digunakan adalah pengujian tekan dan pengujian bending.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan :

1. Membuat struktur *sandwich* dengan *core* aluminium dan *skin fiberglass*.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan *foam polyurethane* terhadap kekuatan tekan.
3. Mengetahui pengaruh ketebalan *skin* struktur *sandwich core* aluminium.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Terdapat manfaat yang dihasilkan dalam penelitian tersebut:

1. Memberikan kontribusi positif dan memperkaya inovasi bagi ilmu pengetahuan dan teknologi terhadap pemanfaatan aluminium profil dengan berbagai jenis *core*.
2. Menambah pengetahuan tentang pembuatan struktur *sandwich* dengan bahan aluminium pipa 10 mm dan aluminium pipa 8mm.

## DAFTAR PUSTAKA

- ardiyanto, P. (2017). Analisa Pengaruh Ketebalan Inti ( Core ) Polyurethane Terhadap Karakteristik Bending Komposit Sandwich. Skripsi Teknik Mesin Its, 1–82.
- Callister Jr, W. D., Dan Rethwisch, D. G. (2020). Callister's Materials Science And Engineering. John Wiley & Sons.
- Canyurt, O. E., Meran, C., Dan Uslu, M. (2008). The Effect Of Design On Adhesive Joints Of Thick Composite Sandwich Structures. Journal Of Achievements In Materials And Manufacturing Engineering, 31(2), 301–305.
- Gunawan, S., Lubis, H. H., & Wanty, R. D. (2021). Kajian Eksperimen Kemampuan Penyerapan Energi Pada Struktur Sarang Lebah Yang Diuji Secara Statis. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi, 4(1), 64–72. <https://doi.org/10.30596/Rmme.V4i1.6697> Issn
- Harris, D. K., Cousins, T., Murray, T. M., dan Sotelino, E. D. (2008). Field Investigation Of A Sandwich Plate System Bridge Deck. Journal Of Performance Of Constructed Facilities, 22(5), 305–315.
- Hassan, T., Reis, E. M., dan Rizkalla, S. H. (2003). Innovative 3-D Frp Sandwich Panels For Bridge Decks. Proceedings Of The Fifth Alexandria International Conference On Structural And Geotechnical Engineering, 1–12.
- Khan, T., Acar, V., Aydin, M. R., Hülägü, B., Akbulut, H., dan Seydibeyoğlu, M. Ö. (2020). A Review On Recent Advances In Sandwich Structures Based On Polyurethane Foam Cores. Polymer Composites, 41(6), 2355–2400. <https://doi.org/10.1002/Pc.25543>
- Kurniawan, I. (2012). Peningkatan Kualitas Kekakuan Material Komposit Dengan Mengaplikasikan Temperatur Curing Yag Tepat: Kasus Rangka Sepeda.
- Lubis, S., Siregar, A. M., Siregar, C. A., dan Siregar, I. (2021). Kajian Eksperimen Kemampuan Penyerapan Energi Pada Struktur Sarang Lebah Yang Diuji Secara Statis. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi, 4(1), 64–72.
- Lubis, S., Siregar, C. A., Siregar, I., Hasibuan, E. S., López Jiménez, F., dan Triantafyllidis, N. (2020). Kajian Eksperimen Deffoormasi Tekanan Pada Struktur Sarang Lebah Dengan Variasi Ukuran Hexagonal Yang Diuji Secara Statis. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.30596/Rmme.V3i1.4522>
- Majanasastra, R. (2016). Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming Pada Material Tembaga (Cu) C84800 Dan Aluminium Al 6063. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma "45" Bekasi, 4(2), 1–16.

- Marsono, M., Hanifa, S. F., dan Akbar, F. (2021). Pembuatan Dan Pengujian Panel Honeycomb Sandwich Dengan Inti Berbentuk Gelombang Berbahan Komposit Serat Bambu. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 5(2), 165–177. <https://doi.org/10.26760/Jrh.V5i2.165-177>
- Mukaddim, A., Wirawan, M., dan Alit, I. B. (2013). *Dinamika Teknik Mesin*. *Dinamika Teknik Mesin*, 3(2), 127–135.
- Nayiroh, N., dan Nurun, N. (2013). *Teknologi Material Komposit*. *Teknol. Mater. Komposit*.
- Nopriantina, N., dan Astuti. (2013). Pengaruh Ketebalan Serat Kepok (Musa Paradisiaca) Terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Poliester-Serat Alam. *Jurnal Fisika Unand*, 2(3), 195–203.
- Nurhajati, D. W., Sholeh, M., Indrajati, I. N., dan Setyorini, I. (2017). Pengaruh Bahan Pengisi Serat Kaca Terhadap Sifat Fisik Dan Kristalinitas Polipaduan Pc / Abs Pengaruh Serat Kaca Terhadap Sifat Fisik Dan Kristalinitas. 33(1), 43–48.
- Prasetyo, A. J. (2010). *Aplikasi Metode Elemen Hingga (Meh) Pada Struktur Rib Bodi Angkutan Publik*.
- Putra, R. G. (2010). Analisis Beban Tekuk Kritis Struktur Sandwich Bahan Komposit Pada Sirip Roket Rx Lapan. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 3(2).
- Ramadhan, S., Syam, B., Sabri, M., Abda, S., dan Ariani, F. (2015). Pembuatan Pelat Paduan Aluminium-Magnesium Dan Analisis Variasi Kampuh Las Pada Paduan Aluminium-Magnesium Akibat Beban Statik Dengan Menggunakan Software Ansys Workbench V 14.0. *Jurnal Dinamis*, 3(4), 44–51.
- Rejab, M. R. M., dan Cantwell, W. J. (2013). The Mechanical Behaviour Of Corrugated-Core Sandwich Panels. *Composites Part B: Engineering*, 47, 267–277.
- Steeves, C. A., dan Fleck, N. A. (2004). Collapse Mechanisms Of Sandwich Beams With Composite Faces And A Foam Core, Loaded In Three-Point Bending. Part Ii: Experimental Investigation And Numerical Modelling. *International Journal Of Mechanical Sciences*, 46(4), 585–608. <https://doi.org/10.1016/J.Ijmecsci.2004.04.004>
- Suparyanto Dan Rosad (2015). (2020). 濟無no Title No Title No Title. *Suparyanto Dan Rosad* (2015, 5(3), 248–253).
- Surdia, T., dan Saito, S. (1992). *Pengetahuan Bahan Teknik*. (Edisi Kedua). Jakarta: Pradnya Paramita.
- Zubaydi, A., dan Budipriyanto, A. (2020). *Material Sandwich: Teori, Desain, Dan*

Aplikasi. Airlangga University Press.