

SKRIPSI

**ANALISIS KEKUATAN BENDING STRUKTUR SANDWICH
DENGAN CORE ALUMINIUM - FOAM POLYURETHANE
DAN SKIN PLAT ASTM A36**



MUHAMMAD ALFATH PIERO

03051381924097

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* PLAT ASTM A36**

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



**OLEH
MUHAMMAD ALFATH PIERO
03051381924097**

**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* PLAT ASTM A36**

SKRIPSI

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

Oleh:
MUHAMMAD ALFATH PIERO
03051381924097

Mengetahui,
& Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Palembang, Juli 2023
Pembimbing Skripsi

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

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.
Diterima Tanggal
Paraf

: 013/1M/Ak/2023
: 24/07/2023



SKRIPSI

NAMA : MUHAMMAD ALFATH PIERO
NIM : 03051381924097
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : ANALISIS KEKUATAN BENDING STRUKTUR SANDWICH DENGAN CORE ALUMINIUM – FOAM POLYURETHANE DAN SKIN PLAT ASTM A36
DIBUAT TANGGAL : 28 OKTOBER 2022
SELESAI TANGGAL : 27 JUNI 2023

Mengetahui,

& Ketua Jurusan Teknik Mesin

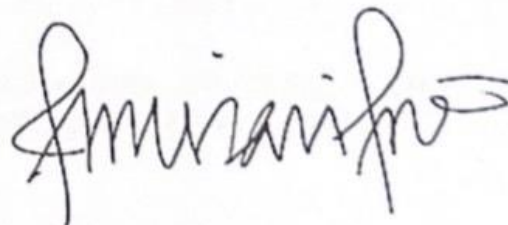


Irsyadi Yanti, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112251997021001

Palembang, Juli 2023

Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Skripsi



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

HALAMAN PERSETUJUAN

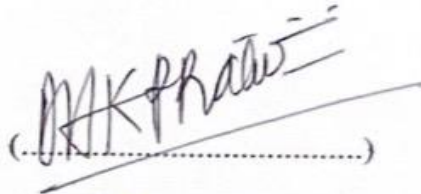
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “ Analisis Kekuatan Bending Struktur *Sandwich* Dengan *Core* Alumunium – *Foam Polyurethane* dan *Skin* Plat ASTM A36” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 27 Juni 2023.

Palembang, Juli 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

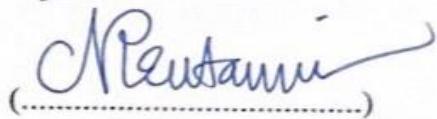
Ketua :

1. Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T.
NIP. 196307191990032001

()

Sekretaris :

2. Nurhabibah Paramitha E U, S.T., M.T.
NIP. 198911172015042003

()

Anggota :

3. Gunawan, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197705072001121001

()

Mengetahui,

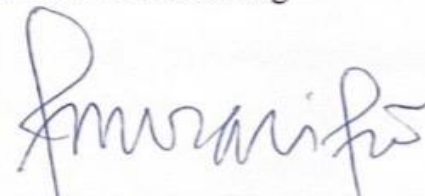
 Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadyani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197112251997021001

Palembang, Juli 2023

Diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing

()

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

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 DIBERI FOAM POLYURETHANE DAN SKIN PLAT ASTM A36”.

Skripsi ini dibuat bertujuan sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada proses penyusunan skripsi, penulis banyak mendapatkan bantuan, saran, dukungan serta do'a dari orang tua. Oleh sebab itu saya mengucapkan terima kasih kepada orang tua atas dukungan moril, bantuan, nasihat, dan materi yang telah diberikan pada penulis.

Penulis juga mengucapkan terima kasih banyak kepada pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini baik secara langsung ataupun tak langsung kepada:

1. Kepada Dadang Sutami, S.T dan Ummi Salamah, S.T, M.T. selaku orang tua saya yang menjadi motivasi penulis agar dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu, ilmu yang bermanfaat, dan motivasi untuk terus berkembang dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
4. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D. selaku dosen yang telah membantu menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya atas ilmu, nasihat, dan bimbingan selama proses perkuliahan.
6. Seluruh karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
7. Rekan-rekan dari Jurusan Teknik Mesin Angkatan 2019 yang telah berjuang bersama-sama.

8. Sahabat-sahabat seperjuangan pada penulisan skripsi ini yang telah memberikan motivasi, bantuan, dan dukungan dari awal hingga akhir, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Oktaviana Putri Amala yang telah membantu dan selalu memberikan semangat, motivasi, nasihat, dan dukungan kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat SMA (Nata, Farah, dll) yang telah membantu dan memberi dukungan kepada penulis agar dapat menyelesaikan skripsi ini.

Hanya terima kasih yang dapat penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu, semoga Allah Subhanahuwata'ala membantu semua kebaikan yang sudah diberikan kepada saya dengan rahmat dan karunia-Nya. Akhir kata penulis mengharapkan agar skripsi ini dapat bermnanafaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang datang.

Palembang, Juli 2023



Muhammad Alfath Piero
NIM. 03051381924097

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Alfath Piero

NIM : 03051381924097

Judul : Analisis Kekuatan Bending Struktur *Sandwich* Dengan *Core*
Alumunium – *Foam Polyurethane* dan *Skin* Plat ASTM A36

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



Muhammad Alfath Piero
NIM. 03051381924097

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Alfath Piero

NIM : 03051381924097

Judul : Analisis Kekuatan Bending Struktur *Sandwich* Dengan *Core* Alumunium – *Foam Polyurethane* dan *Skin* Plat ASTM A36

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



Muhammad Alfath Piero
NIM. 03051381924097

RINGKASAN

ANALISIS KEKUATAN BENDING STRUKTUR SANDWICH DENGAN CORE ALUMINIUM – FOAM POLYURETHANE DAN SKIN PLAT ASTM A36

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 20 Juni 2023

Muhammad Alfath Piero, dibimbing oleh Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D

xxvii + 71 Halaman, 16 Tabel, 34 Gambar, 20 Lampiran

RINGKASAN

Struktur sandwich adalah jenis struktur komposit yang terdiri dari dua lapisan material, yaitu bagian kulit (skin) dan inti (core). Core biasanya memiliki ketebalan yang lebih besar dibandingkan dengan skin dan bertindak sebagai inti antara kedua lapisan kulit (skin). Struktur sandwich memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan struktur konvensional lainnya. Beberapa keuntungannya adalah struktur sandwich yang sederhana memudahkan dalam proses konstruksi, biaya konstruksi dan operasional struktur sandwich lebih rendah dari pada struktur konvensional, ketahanan terhadap korosi yang lebih baik, proses fabrikasi yang mudah dibandingkan dengan konstruksi konvensional karena detail konstruksi sandwich lebih sederhana, dan penggunaan struktur sandwich dapat mengurangi berat konstruksi keseluruhan sampai lebih dari 15%. Penelitian ini bertujuan untuk membuat struktur sandwich dengan core aluminium dan skin plat ASTM A36, menganalisis pengaruh penggunaan tipe adhesive pada core aluminium terhadap kekuatan tekan, dan menganalisis pengaruh ketebalan skin struktur sandwich core aluminium terhadap kekuatan bending. Penelitian ini dimulai dengan proses pembuatan core menggunakan bahan aluminium hollow yang diisi beberapa aluminium profil dengan beda tipe perekat (adhesive), tipe perekat yang digunakan ada tiga yaitu tanpa adhesive, tali dan adhesive, dan adhesive. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan core kembali dengan menggunakan

jenis tipe perekat tali dan adhesive yang diisi dengan foam polyurethane. Setelah itu, membuat struktur sandwich dengan core alumunium – foam polyurethane dan skin plat ASTM A36 yang dilanjutkan ke pengujian bending. Membuat kembali struktur sandwich dengan menambahkan clamp pada spesimen uji, skin yang digunakan adalah tebal 6 mm. Hasil pengujian tekan core dengan tipe perekat tali dan adhesive merupakan jenis core yang memiliki nilai tegangan tekan rata-rata sebesar 130,23 MPa dan merupakan nilai yang paling konsisten. Standar pengujian bending mengacu pada standar ASTM C393. Hasil pengujian bending menunjukkan bahwa ketebalan skin dapat meningkatkan kekuatan pada struktur sandwich. Hal ini dibuktikan dengan tegangan bending yang dapat diterima struktur sandwich dengan tebal skin 2 mm dengan rata-rata sebesar 14,065 MPa, struktur sandwich tebal skin 4 mm dengan rata-rata sebesar 12,809 MPa, sedangkan struktur sandwich tebal skin 6 mm dengan rata-rata sebesar 17,748 MPa dan penggunaan clamp memiliki pengaruh yang cukup signifikan dalam hal meningkatkan kekuatan struktur sandwich.

Kata Kunci: struktur sandwich, core, tebal skin, ASTM A36, ASTM C393

Kepustakaan: 19

SUMMARY

STRENGTH ANALYSIS OF BENDING SANDWICH STRUCTURE WITH ALUMINIUM CORE – POLYURETHANE FOAM AND ASTM A36 PLATE SKIN

Scientific paper in the form of a thesis, June 20, 2023

Muhammad Alfath Piero, supervised by Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D

xxvii + 71 Pages, 16 Tables, 34 Figures, 20 Appendix

SUMMARY

Sandwich structure is a type of composite structure consisting of two layers of materials, namely the skin and the core. The core is usually thicker than the skin and acts as the core between the two skin layers. Sandwich structures have several advantages compared to other conventional structures. Some of the benefits include the simplicity of sandwich structure in the construction process, lower construction and operational costs compared to conventional structures, better corrosion resistance, easier fabrication process compared to conventional construction due to simpler sandwich construction details, and the use of sandwich structures can reduce the overall construction weight by more than 15%. This study aims to create a sandwich structure with an aluminium core and ASTM A36 plate skin, analyze the effect of skin thickness on the bending strength of the aluminium core sandwich structure. This research begins with the process of making the core using hollow aluminium material filled with several aluminium profiles with different adhesive types. There are three types of adhesive used, namely without adhesive, string and adhesive, and adhesive. It is then followed by creating the core again using the string and adhesive type of adhesive filled with polyurethane foam. After that, a sandwich structure is made with an aluminium core – polyurethane foam and ASTM A36 plate skin, which is then subjected to bending testing. The sandwich structure is recreated by adding clamp to the test specimen, and a 6 mm thick skin is used. The core

compression testing results with string and adhesive type of adhesive showed that it had an average compressive stress value of 130,23 MPa and was the most consistent value. The bending testing was conducted according to ASTM C393 standard. The bending testing results showed that the skin thickness can increase the strength of the sandwich structure. This is evidenced by the bending stress that the sandwich structure can withstand, with an average of 14,065 MPa for a 2 mm thickness, 12,809 MPa for a 4 mm skin thickness, and 17,748 MPa for a 6 mm thickness. The use of a clamp has a significant influence in increasing the strength of the sandwich structure.

Keywords: sandwich structure, core, skin thickness, ASTM A36, ASTM C393

Literature: 19

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..... | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Struktur <i>Sandwich</i> | 5 |
| 2.1.1 Jenis Struktur <i>Sandwich</i> | 7 |
| 2.1.2 Keuntungan dan Kerugian Material <i>Sandwich</i> | 8 |
| 2.2 Aluminium | 9 |
| 2.2.1 Sejarah Aluminium | 10 |
| 2.2.2 Pengaruh Unsur Paduan Terhadap Aluminium | 10 |
| 2.2.3 Aluminium <i>Hollow</i> | 13 |
| 2.2.4 Aluminium 6063-T5 | 13 |
| 2.3 Pengertian Baja | 15 |
| 2.3.1 Jenis-Jenis Baja | 16 |

| | | |
|-----------------------------------|---|----|
| 2.3.2 | Baja ASTM A36..... | 16 |
| 2.4 | <i>Polyurethane</i> | 18 |
| 2.5 | Pengujian Tekan..... | 18 |
| 2.6 | Pengujian Bending | 21 |
| 2.6.1 | Model Kegagalan Struktur <i>Sandwich</i> | 22 |
| 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 <i>Sandwich</i> | 25 |
| 3.5 | Prosedur Penelitian..... | 25 |
| 3.5.1 | Proses Pembuatan <i>Core</i> | 26 |
| 3.5.2 | Proses Pengisian <i>Filler</i> | 29 |
| 3.5.3 | Proses Pembuatan Struktur <i>Sandwich</i> | 30 |
| 3.6 | Metode Pengujian..... | 31 |
| 3.6.1 | Pengujian Tekan | 32 |
| 3.6.2 | Pengujian Bending | 32 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | | 35 |
| 4.1 | Hasil Pengujian Tekan | 35 |
| 4.2 | Hasil Pengujian Bending..... | 43 |
| 4.3 | Pengaruh penggunaan tipe <i>adhesive core</i> alumunium terhadap kekuatan tekan..... | 55 |
| 4.4 | Pengaruh ketebalan <i>skin</i> struktur <i>sandwich core</i> alumunium terhadap kekuatan bending..... | 56 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | | 59 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 59 |
| 5.2 | Saran..... | 60 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 61 |
| LAMPIRAN | | 63 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|--|----|
| Gambar 2. 1 | <i>Classical Sandwich Structure</i> | 6 |
| Gambar 2. 2 | <i>Alumunium Hollow</i> | 13 |
| Gambar 2. 3 | Perubahan benda yang disebabkan oleh tegangan tekan aksial (Gunawan, dkk., 2021) | 20 |
| Gambar 2. 4 | Pengujian Bending..... | 21 |
| Gambar 2. 5 | Model Kegagalan Struktur Sandwich Akibat Beban Bending (Steeves dan Fleck, 2004)..... | 22 |
| Gambar 3. 1 | Diagram Alir Penelitian..... | 23 |
| Gambar 3. 2 | Bahan yang telah dikumpulkan | 25 |
| Gambar 3. 3 | Contoh dimensi alumunium <i>hollow</i> | 26 |
| Gambar 3. 4 | Contoh dimensi alumunium (a) alumunium profil ambang atas, (b) alumunium rel gorden, (c) alumunium persegi, (d) alumunium pipa 8mm, dan (e) alumunium persegi panjang. ... | 27 |
| Gambar 3. 5 | Contoh susunan <i>core</i> yang telah dililit | 27 |
| Gambar 3. 6 | Contoh susunan <i>core</i> yang akan dimasukkan ke <i>hollow</i> | 28 |
| Gambar 3. 7 | Contoh <i>core</i> yang diaplikasikan lem super. | 28 |
| Gambar 3. 8 | Contoh <i>core</i> yang telah selesai. | 28 |
| Gambar 3. 9 | Contoh proses penuangan <i>foam polyurethane</i> ke dalam <i>core</i> alumunium | 29 |
| Gambar 3. 10 | Contoh hasil <i>core alumunium</i> yang telah diberi <i>foam</i> <i>polyurethane</i> | 29 |
| Gambar 3. 11 | Susunan <i>core</i> yang telah diberi lem super sebelum direkatkan ke <i>skin</i> | 30 |
| Gambar 3. 12 | (a) <i>Skin</i> plat ASTM A36 setelah diberi <i>plastic steel</i> dan (b) Proses perekatan <i>skin</i> ke <i>core</i> | 30 |
| Gambar 3. 13 | Proses memberi tekanan pada <i>skin</i> dan <i>core</i> menggunakan ragum | 31 |
| Gambar 3. 14 | Sampel <i>core</i> setelah dibuat dan siap di uji tekan..... | 32 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3. 15 Spesimen uji bending yang sudah dibuat dan siap di uji bending | 33 |
| Gambar 3. 16 Spesimen uji bending yang telah di letakkan pada meja kerja alat uji bending | 33 |
| Gambar 4. 1 <i>Core</i> Struktur <i>Sandwich</i> sebelum diuji | 35 |
| Gambar 4. 2 <i>Core</i> Struktur <i>Sandwich</i> (a) Proses pengujian tekan dan (b) <i>Core</i> setelah diuji tekan | 36 |
| Gambar 4. 3 <i>Core</i> yang diberi <i>foam PU</i> (kiri) dan <i>core</i> tanpa <i>foam PU</i> (kanan) | 38 |
| Gambar 4. 4 <i>Core filler</i> setelah diuji dan <i>core non-filler</i> setelah diuji | 38 |
| Gambar 4. 5 Tegangan-regangan hasil pengujian tekan (a) <i>Core filler</i> dan (b) <i>Core non-filler</i> | 39 |
| Gambar 4. 6 Struktur <i>Sandwich</i> Saat ditimbang | 44 |
| Gambar 4. 7 Struktur <i>Sandwich</i> setelah diuji bending (a) Spesimen 2C, (b) Spesimen 4A, dan (c) Spesimen 6C..... | 46 |
| Gambar 4. 8 Tegangan-regangan hasil uji bending struktur <i>sandwich</i> tebal <i>skin</i> 2 mm, 4 mm, dan 6 mm (a) spesimen 2C, (b) spesimen 4A, dan (c) spesimen 6C..... | 50 |
| Gambar 4. 9 Struktur <i>sandwich</i> dengan <i>clamp</i> yang telah dibuat | 52 |
| Gambar 4. 10 Struktur <i>sandwich</i> dengan <i>clamp</i> yang telah diuji bending | 52 |
| Gambar 4. 11 Tegangan-regangan hasil uji bending struktur <i>sandwich</i> dengan <i>clamp</i> (a) Spesimen 6A dan (b) Spesimen 6B | 54 |
| Gambar 4. 12 Perbandingan nilai kekuatan tekan maksimum <i>core</i> struktur <i>sandwich</i> | 55 |
| Gambar 4. 13 Perbandingan nilai tegangan bending struktur <i>sandwich</i> terhadap tebal <i>skin</i> | 56 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabel 2. 1 | Komposisi Alumunium 6063-T5 | 14 |
| Tabel 2. 2 | Kekuatan Alumunium 6063-T5 | 14 |
| Tabel 2. 3 | Komposisi baja A36 | 17 |
| Tabel 2. 4 | Kekuatan Baja A36 | 17 |
| Tabel 3. 1 | Alat dan Bahan | 24 |
| Tabel 4. 1 | Hasil Pengujian Tekan | 37 |
| Tabel 4. 2 | Hasil Pengujian Tekan <i>Core Filler</i> dan <i>Core non-filler</i> | 39 |
| Tabel 4. 3 | Pengujian densitas <i>core filler</i> dan <i>core non-filler</i> | 40 |
| Tabel 4. 4 | Tegangan plateau..... | 41 |
| Tabel 4. 5 | Studi Literatur | 42 |
| Tabel 4. 6 | Hasil Perhitungan Densitas | 45 |
| Tabel 4. 7 | Tegangan Bending Struktur <i>Sandwich</i> | 47 |
| Tabel 4. 8 | Tegangan Geser Struktur <i>Sandwich</i> | 48 |
| Tabel 4. 9 | Perhitungan <i>length to width ratio</i> | 49 |
| Tabel 4. 10 | Tegangan Bending Struktur <i>Sandwich</i> Dengan <i>Clamp</i> | 53 |
| Tabel 4. 11 | Tegangan Geser Struktur <i>Sandwich</i> Dengan <i>Clamp</i> | 53 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1. <i>Universal Testing Machine</i> | 63 |
| Lampiran 2. Sampel <i>Core</i> | 63 |
| Lampiran 3. Sampel <i>Core</i> sebelum di <i>assembly</i> | 64 |
| Lampiran 4. Sampel <i>Core Filler</i> | 64 |
| Lampiran 5. Struktur <i>Sandwich</i> Variasi Tebal <i>Skin</i> 2 mm | 65 |
| Lampiran 6. Struktur <i>Sandwich</i> Variasi Tebal <i>Skin</i> 4 mm | 65 |
| Lampiran 7. Struktur <i>Sandwich</i> Variasi Tebal <i>Skin</i> 6 mm | 66 |
| Lampiran 8. Tegangan-Regangan Hasil Pengujian Tekan <i>Core Filler</i> | 66 |
| Lampiran 9. Tegangan-Regangan Hasil Pengujian Tekan <i>Core Non-Filler</i> .. | 66 |
| Lampiran 10. Tegangan-Regangan Hasil Pengujian Bending Struktur <i>Sandwich</i> 2A | 67 |
| Lampiran 11. Tegangan-Regangan Hasil Pengujian Bending Struktur <i>Sandwich</i> 2B..... | 67 |
| Lampiran 12. Tegangan-Regangan Hasil Pengujian Bending Struktur <i>Sandwich</i> 2C..... | 67 |
| Lampiran 13. Tegangan-Regangan Hasil Pengujian Bending Struktur <i>Sandwich</i> 4A | 68 |
| Lampiran 14. Tegangan-Regangan Hasil Pengujian Bending Struktur <i>Sandwich</i> 4B..... | 68 |
| Lampiran 15. Tegangan-Regangan Hasil Pengujian Bending Struktur <i>Sandwich</i> 4C..... | 68 |
| Lampiran 16. Tegangan-Regangan Hasil Pengujian Bending Struktur <i>Sandwich</i> 6A | 69 |
| Lampiran 17. Tegangan-Regangan Hasil Pengujian Bending Struktur <i>Sandwich</i> 6B..... | 69 |
| Lampiran 18. Tegangan-Regangan Hasil Pengujian Bending Struktur <i>Sandwich</i> 6C..... | 70 |
| Lampiran 19. Struktur <i>Sandwich</i> di Meja Kerja <i>Universal Testing Machine</i> .. | 70 |
| Lampiran 20. <i>Core</i> di Meja Kerja <i>Universal Testing Machine</i> | 71 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi sekarang perkembangan teknologi pada saat ini berkembang sangat pesat seiring dengan berkembangnya waktu dan pola pikir manusia. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan manusia yang terus meningkat akan kemudahan teknologi yang ada, khususnya di bidang *manufacturing* dan perindustrian.

Dalam perkembangan dunia perindustrian, terutama yang berhubungan dengan manufaktur dan penelitian bahan, maka dalam proses produksinya banyak menggunakan alat-alat atau mesin untuk menguji kualitas suatu material, salah satunya kekuatan material dan bahan tersebut.

Struktur *panel sandwich* semakin banyak digunakan dalam berbagai industri. Struktur ini telah digunakan dalam beberapa industri yang membutuhkan konstruksi yang kuat, ringan, dan kaku. Struktur ini telah memberikan manfaat pada sektor-sektor seperti pesawat terbang, perkapalan, otomotif, dan konstruksi. Keunggulan struktur ini berasal dari adanya inti yang ringan yang terletak di antara kedua *skin* (Gunawan, dkk., 2021). Prinsip dari *panel sandwich* adalah menggabungkan kulit komposit dengan modulus elastisitas tinggi dengan *core* komposit yang ringan sehingga diperoleh kombinasi bahan yang kaku, kuat tetapi ringan (Catur, dkk., 2021).

Alumunium merupakan salah satu material yang banyak digunakan pada *sandwich* struktur. Sifat alumunium yang ringan dan mudah didapat serta mudah untuk dibentuk. Inovasi pengembangan material *sandwich* di Indonesia masih sedikit karena terbatasnya bahan baku untuk lapisan *core*.

Dengan latar belakang di atas, maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian spesimen sebagai skripsi untuk memperoleh gelar sarjana dengan

judul: “Analisis Kekuatan Bending Struktur *Sandwich* Dengan *Core Aluminium* - *Foam Polyurethane* dan *Skin* Plat ASTM A36”.

1.2 Rumusan Masalah

Dari beberapa kajian literatur, sudah banyak penelitian struktur *sandwich* yang menggunakan *core* berbahan kayu, aluminium berbentuk honeycomb, *foam*, dan lain-lain. Namun, penggunaan *core* berbasis aluminium profil ambang atas, aluminium rel gorden, aluminium persegi panjang, aluminium persegi, dan aluminium pipa dengan *core filler PU* masih jarang ditemukan. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dianalisis penggunaan *core* tersebut terhadap kekuatan bending.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian dilakukan tidak terlepas dari 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* plat ASTM A36”. Adapun batasan masalah yang ada pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Struktur *sandwich* menggunakan *core* aluminium dan *skin* plat ASTM A36
2. *Skin* yang digunakan adalah plat ASTM A36
3. *Core* didapatkan dari hasil rangkaian aluminium hollow, aluminium profil ambang atas, aluminium rel gorden, aluminium persegi panjang, aluminium persegi, aluminium pipa yang diberi foam polyurethane
4. Pengujian yang digunakan adalah pengujian tekan dan pengujian bending

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain, merancang dan merekayasa struktur *sandwich* dengan *core* alumunium dan *skin* plat ASTM A36, menganalisis pengaruh penggunaan tipe *adhesive* pada *core* alumunium terhadap kekuatan tekan, dapat dianalisis pengaruh ketebalan *skin* struktur *sandwich core* alumunium terhadap kekuatan *bending*, dan tujuan tambahan untuk menganalisis pengaruh kekuatan *core* terhadap kekuatan tekan setelah diberi *foam polyurethane* dan mengetahui kekuatan maksimal struktur *sandwich* dengan menambahkan *clamp*.

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 alumunium profil dengan berbagai jenis *core*.
2. Menambah pengetahuan tentang pembuatan struktur *sandwich* dengan bahan alumunium profil ambang atas, alumunium rel gorden, alumunium persegi panjang, alumunium persegi dan alumunium pipa 8mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. S., Praktikno, H., dan Dhanistha, W. L. (2019). Analisis Pengaruh Variasi Sudut Blasting Dengan Coating Campuran Epoxy dan Aluminium Serbuk terhadap Kekuatan Adhesi, Prediksi Laju Korosi, dan Morfologi pada Plat Baja ASTM A36. *Jurnal Teknik ITS*, 8(1), G64–G70. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i1.39068>
- Andrews, E., Sanders, W., dan Gibson, L. J. (1999). Compressive and tensile behaviour of aluminum foams. *Materials Science and Engineering: A*, 270(2), 113–124. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0921-5093\(99\)00170-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0921-5093(99)00170-7)
- Ardiyanto, P. (2014). Analisa Pengaruh Ketebalan Inti (Core) Polyurethane Terhadap Karakteristik Thickness Effect of Polyurethane Foam Core on the Flexural Behaviour of Composite Sandwich Materials. In *Teknik Mesin ITS. Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Byakova, A., Gnyloskurenko, S., Vlasov, A., Semenov, N., Yevych, Y., Zatsarna, O., dan Danilyuk, V. (2019). Effect of Cell Wall Ductility and Toughness on Compressive Response and Strain Rate Sensitivity of Aluminium Foam. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/3474656>
- Byakova, O. V., Vlasov, A. O., Semenov, M. V., Zatsarna, O. V., dan Gnyloskurenko, S. V. (2017). Mechanical behaviour of the porous and foam aluminium in conditions of compression: Determination of key mechanical characteristics. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*, 39(10), 1363–1375. <https://doi.org/10.15407/mfint.39.10.1363>
- Catur, D. ., Pangestu, A. B., dan Okariawan, I. . (2021). Pengaruh Sudut dan Jarak Z-Pin Terhadap Kekuatan Tekan dan Tarik Komposit Sandwich Dengan Inti Polyurethane Foam yang Dibuat Dengan Metode VARI (Vacuum Assisted Resin Infusion). *Dinamika Teknik Mesin Universitas Mataram*, 1–7.
- Cheng, Y., Li, Y., Chen, X., Zhou, X., dan Wang, N. (2018). Compressive Properties and Energy Absorption of Aluminum Foams with a Wide Range of Relative Densities. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 27(8), 4016–4024. <https://doi.org/10.1007/s11665-018-3514-4>
- Dahai, Z., Fei.Qingguo, dan Zhang, P. (2017). Drop-weight impact behavior of honeycomb sandwich panels under a spherical impactor. *Composite Structures*, 168(1), 633–645. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2017.02.053>

- Diharjo, K. (2011). Kekuatan Bending Komposit Sandwich Serat Gelas Dengan Core Divinycell-Pvc H-60 (Pengaruh Orientasi Serat, Jumlah Laminat Dan Tebal Core Terhadap Kekuatan Bending). *Mekanika*, 9(2), 313–319.
- Gunawan, S., Lubis, H. H., dan 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/https://doi.org/10.30596/rmme.v4i1.6697> ISSN
- Hou, W., Zhu, F., Lu, G., dan Fang, D. N. (2010). Ballistic impact experiments of metallic sandwich panels with aluminium foam core. *International Journal of Impact Engineering*, 37(10), 1045–1055. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2010.03.006>
- 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.
- McCullough, K. Y. G., Fleck, N. A., dan Ashby, M. F. (1999). Uniaxial stress-strain behaviour of aluminum alloy foams. *Acta Materialia*, 47(8), 2323–2330. [https://doi.org/10.1016/S1359-6454\(99\)00128-7](https://doi.org/10.1016/S1359-6454(99)00128-7)
- Rabiei, A., dan Vendra, L. J. (2009). A comparison of composite metal foam’s properties and other comparable metal foams. *Materials Letters*, 63(5), 533–536. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2008.11.002>
- Rajak, D. K., Kumaraswamidhas, L. A., dan Das, S. (2016). Investigation and characterisation of aluminium alloy foams with TiH₂ as a foaming agent. *Materials Science and Technology*, 32(13), 1338–1345. <https://doi.org/10.1080/02670836.2015.1123846>
- 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>
- Sumiyanto, S., dan Abdunnaser, A. (2017). Pengaruh Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Plat Baja Karbon Astm a-36. *Bina Teknika*, 11(2), 155. <https://doi.org/10.54378/bt.v11i2.108>
- Suprayogi, A., dan Tjahjanti, P. H. (2017). Analisa Surface Preparation pada Plat Baja ASTM A36. *Seminar Nasional Dan Gelar Produk*, 188–197.
- Wang, X., dan Zhou, G. (2013). The static compressive behavior of aluminum foam. *Reviews on Advanced Materials Science*, 33(4), 316–321.