

SKRIPSI

**SIMULASI PANEL *SANDWICH* DENGAN *CORE* ALUMINIUM
HOLLOW BERBENTUK KOMBINASI SILINDER DAN
PERSEGI**



KIAGUS AHMAD MIFTAH FIKRI

03051281924044

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

SKRIPSI

**SIMULASI PANEL *SANDWICH* DENGAN *CORE* ALUMINIUM
HOLLOW BERBENTUK KOMBINASI SILINDER DAN
PERSEGI**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



OLEH

KIAGUS AHMAD MIFTAH FIKRI

03051281924044

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**SIMULASI PANEL SANDWICH DENGAN CORE ALUMINIUM
HOLLOW BERBENTUK KOMBINASI SILINDER DAN
PERSEGI**

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

KIAGUS AHMAD MIFTAH FIKRI

03051281924044

Palembang, 23 Juni 2023

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin




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

Pembimbing



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

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. : 0291TH/AK/2023
Diterima Tanggal : 25-07-2023
Paraf : 

SKRIPSI

NAMA : KIAGUS AHMAD MIFTAH FIKRI
NIM : 03051281924044
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : SIMULASI PANEL *SANDWICH* DENGAN
CORE ALUMINIUM *HOLLOW* BERBENTUK
KOMBINASI SILINDER DAN PERSEGI
DIBUAT TANGGAL : 30 NOVEMBER 2022
SELESAI TANGGAL : 13 JULI 2023

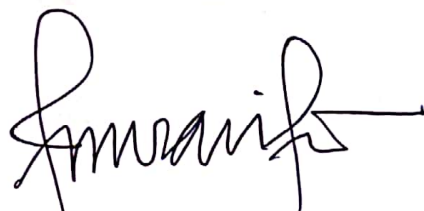
Palembang, 13 Juli 2023

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Pembimbing



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “ SIMULASI PANEL SANDWICH DENGAN CORE ALUMINIUM HOLLOW BERBENTUK KOMBINASI SILINDER DAN PERSEGI” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 27 Juni 2023.

Palembang, 4 Juli 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

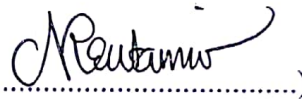
Ketua :

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


(.....)

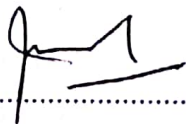
Sekretaris :

2. Nur Iabibah 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

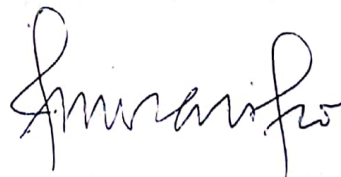


Irsyad Yanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
NIP. 197112251997021001

Palembang, Juli 2023

Diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



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

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Sidang Sarjana pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Simulasi Panel *Sandwich* dengan *Core Aluminium Hollow* Berbentuk Kombinasi Silinder dan Persegi”.

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan dalam proses penyelesaian Skripsi ini. Terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Kiagus Abu Sofyan, S.Pd. dan Ibu Chaironisah, S.H. selaku kedua orang tua penulis yang selalu memberi dukungan baik moral maupun moril kepada penulis serta doa yang tulus untuk penulis.
2. Bapak Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP. selaku Dosen Pembimbing sekaligus Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah membimbing, mendidik, memotivasi, serta banyak memberikan saran kepada penulis dari awal hingga skripsi ini selesai.
3. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya sekaligus Dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Gunawan, S.T., M.T., Ph.D. selaku Pembina Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah membimbing dan mendidik serta memberikan banyak masukan kepada penulis selama pembuatan skripsi ini
5. Seluruh Dosen di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Abdullah Faqih dan Ahmad Sobri sebagai teman seperjuangan skripsi ini dan bersama-sama belajar serta menulis hingga skripsi ini selesai.
7. Keluarga Besar (Alm) Kgs. Azhari Zam-Zam dan Keluarga Besar

(Alm) Kgs. H. Ahmad Rozali Zaini yang telah memberikan dukungan yang luar biasa besarnya hingga penulis termotivasi untuk menyelesaikan skripsi.

8. Astri Ridha Zahrani yang selalu meluangkan waktunya untuk membantu, menyemangati, memotivasi, dan memberikan dukungan penuh terhadap penulis serta selalu sabar menemani penulis dari awal hingga selesainya skripsi ini.

9. Seluruh teman satu angkatan Teknik Mesin 2019 yang telah memberi dukungan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan ilmu yang dimiliki.

Oleh karena itu, kritik dan saran 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, Juni 2023



Kiagus Ahmad Miftah Fikri
NIM. 03051281924044

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kiagus Ahmad Miftah Fikri

NIM : 03051281924044

Judul : Simulasi Panel *Sandwich* dengan *Core Aluminium Hollow* Berbentuk Kombinasi Silinder dan Persegi

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.

Indralaya, 12 Juli 2023



Kiagus Ahmad Miftah Fikri
NIM. 03051281924044

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kiagus Ahmad Miftah Fikri

NIM : 03051281924044

Judul : Simulasi Panel *Sandwich* dengan *Core Aluminium Hollow* Berbentuk Kombinasi Silinder dan Persegi

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.



Indralaya, 12 Juli 2023



Kiagus Ahmad Miftah Fikri

NIM. 03051281924044

RINGKASAN

SIMULASI PANEL *SANDWICH* DENGAN *CORE* ALUMINIUM *HOLLOW* BERBENTUK KOMBINASI SILINDER DAN PERSEGI

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, Juli 2023

Kiagus Ahmad Miftah Fikri, dibimbing oleh Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP.
xxvii + 72 halaman, 9 tabel, 37 gambar, 6 lampiran

RINGKASAN

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. Dengan itu, penulis menggunakan *hollow* berbentuk kombinasi silinder dan persegi sebagai bentuk *core*. Pemilihan material dan bentuk pada struktur panel *sandwich* memiliki pengaruh yang relevan. Penelitian ini dilakukan untuk menemukan bentuk dan material *core* yang baik dalam meredam gaya. Maka dari itu, pengujian simulasi menjadi alternatif untuk meminimalisir waktu dan biaya yang dibutuhkan. Adapun terdapat tiga pengujian yang akan dilakukan, yakni pengujian tekan, pengujian *bending*, dan pengujian ledak. Pengujian tekan dilakukan untuk mencari *core* yang memiliki *yield strength* yang artinya memiliki kekuatan paling tinggi. *Core* yang memiliki ketahanan yang tinggi terhadap beban tekan akan digunakan untuk pengujian *bending* dan ledak. Penulis membuat sampel pengujian tekan dengan dua konfigurasi yang berbeda yaitu, *core* dengan material Al 6061-T6 dan *core* dengan material Al 6061-T6 dengan ditambahkan material AISI 1010 di *hollow* bagian tengah. Adapun variasi ketinggian yang diberikan dalam pengujian tekan yaitu 75 mm, 100 mm, dan 125 mm. Pengujian tekan menghasilkan nilai tegangan *yield*, tegangan *ultimate*, tegangan *platu*, modulus tekan, dan *displacement*. Setelah dilakukan enam pengujian tekan, didapati *core* dengan kekuatan tertinggi adalah *core* dengan material Al 6061-T6 – AISI 1010 dengan tinggi 75 mm dimana nilai tegangan *yield* yang didapat sebesar 276,49 MPa.

Adapun dari hasil visual simulasi pengujian tekan diketahui bahwa semakin tinggi *core* maka akan mengalami *buckling* ke arah sisi luar, seperti yang terjadi pada *core* dengan ketinggian 125 mm. Lalu, pada pengujian *bending* memperlihatkan fenomena lengkungan yang berpusat di tengah panel *sandwich*, dengan nilai *von-mises* tertinggi yang didapat yaitu 500,6 MPa. Pada tahap akhir, penulis melakukan simulasi pengujian ledak yang menghasilkan data berupa akselerasi dan perpindahan terhadap waktu, dimana puncak akselerasi terjadi pada waktu 0.3 ms dengan nilai sebesar 21.732 G.

Kata Kunci : *sandwich core*, pengujian tekan, *bending*, dan ledak

Kepustakaan : 33 (1993-2022)

SUMMARY

SANDWICH PANEL SIMULATION WITH ALUMINUM HOLLOW CORE IN BERBENTUK KOMBINASI SILINDER DAN PERSEGI

Scientific Writing in the form of a Thesis, Juli 2023

Kiagus Ahmad Miftah Fikri, dibimbing oleh Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP.

xxvii + 72 pages, 9 tables, 37 figures, 6 attachment

SUMMARY

Sandwich panels are made with the aim of optimal weight efficiency, yet high rigidity and strength. The main factor of sandwich panel material is the lightweight core that minimizes the specific gravity of the material. With that, the author uses a hollow cylindrical and square combination as the core shape. The choice of material and shape in the sandwich panel structure has a relevant influence. This research is conducted to find the best shape and core material to reduce the force. Therefore, simulation testing is an alternative to minimize the time and cost required. There are three tests that will be conducted, namely compressive testing, bending testing, and explosive testing. Compressive testing is carried out to find cores that have yield strength, which means they have the highest strength. Cores that have high resistance to compressive loads will be used for bending and explosive testing. The author made compressive testing samples with two different configurations, namely, cores with Al 6061-T6 material and cores with Al 6061-T6 material with added AISI 1010 material in the middle hollow. The height variations given in the compressive test are 75 mm, 100 mm, and 125 mm. Compressive testing produces values of yield stress, ultimate stress, plateau stress, compressive modulus, and displacement. After six compressive tests, it was found that the core with the highest strength was the core with Al 6061-T6 - AISI 1010 material with a height of 75 mm where the yield stress value obtained was 276.49 MPa. As for the visual results of the compressive test simulation, it is known that the higher the core, the higher the buckling towards the outer side, as happened in the core with a

height of 125 mm. Then, the bending test shows a bending phenomenon centered in the middle of the sandwich panel, with the highest von-mises value obtained being 500.6 MPa. In the final stage, the author simulates the explosion test which produces data in the form of acceleration and displacement against time, where the peak acceleration occurs at time 0.3 ms with a value of 21,732 G.

Keywords : sandwich core, compression, bending, and blast testing

Literatures : 33 (1993-2022)

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	iii
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	xxv
DAFTAR TABEL.....	xxvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Panel <i>Sandwich</i>	5
2.1.1 <i>Core</i>	5
2.1.2 <i>Adhesive</i>	6
2.1.3 <i>Skin</i>	7
2.1.4 Panel <i>Sandwich</i>	7
2.1.5 Aplikasi Panel <i>Sandwich</i>	10
2.1.6 Keuntungan dan Kerugian Panel <i>Sandwich</i>	12
2.2 Aluminium.....	13
2.2.1 Sifat Aluminium.....	13
2.2.2 Karakteristik Paduan Aluminium.....	14

2.2.3	Aluminium pada Panel <i>Sandwich</i>	15
2.3	Aplikasi LS-Prepost dan LS-Dyna.....	16
2.3.1	<i>Finite Element Analysis</i> (FEA).....	17
2.3.2	<i>Preprocessing</i>	17
2.3.3	<i>General Post Processing</i>	18
2.4	Penelitian pada Panel <i>Sandwich</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Diagram Alir Penelitian	21
3.2	Persiapan Alat dan Bahan	22
3.3	Prosedur Penelitian.....	22
3.3.1	Studi Literatur.....	22
3.3.2	Pembuatan 3D Model Uji Tekan.....	24
3.3.3	<i>Meshing</i> dan Pemberian Kondisi Uji Tekan.....	25
3.3.4	Pendefinisian Kontak dan Material Uji Tekan	27
3.3.5	Pengambilan Data.....	29
3.3.6	Persiapan Simulasi Pengujian <i>Bending</i>	29
3.3.7	<i>Meshing</i> dan Pemberian Kondisi Batas Uji <i>Bending</i>	30
3.3.8	Pendefinisian Material dan Kontak Uji <i>Bending</i>	31
3.3.9	Pengambilan data Hasil Uji <i>Bending</i>	31
3.3.10	Persiapan Simulasi Uji Ledak	32
3.3.11	<i>Meshing</i> dan Pemberian Kondisi Batas Uji Ledak.....	32
3.3.12	Pendefinisian Kontak dan Material Uji Ledak	34
3.3.13	Pengambilan Data Uji Ledak.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		35
4.1	Hasil Simulasi Uji Tekan	35
4.1.1	Hasil Visual Simulasi Uji Tekan	35
4.1.2	Hasil Diagram Tegangan-Regangan Uji Tekan.....	39
4.2	Hasil Simulasi Uji <i>Bending</i>	43
4.2.1	Hasil Visual Simulasi Uji <i>Bending</i>	44
4.2.2	Hasil Diagram Tegangan-Regangan Uji <i>Bending</i>	44
4.3	Hasil Simulasi Uji Ledak	45
4.3.1	Hasil Visual Simulasi Uji Ledak	46
4.3.2	Data Hasil Pengujian Ledak	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		49

5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN.....		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Panel <i>Sandwich</i> (B. A. Khan dkk., 2020).....	5
Gambar 2.2 Tipe-tipe bentuk <i>Core</i> (Khan dkk., 2020).....	6
Gambar 2.3 Elastomer Polyurethane (Harris dkk., 2008).....	8
Gambar 2.4 <i>Honeycomb Core Sandwich</i> (Lubis dkk., 2020)	9
Gambar 2.5 Fiber Reinforced Polymer (Hassan dkk., 2003).....	9
Gambar 2.6 Material <i>Sandwich</i> pada <i>deck</i> (Zubaydi dan Budipriyanto, 2020)....	10
Gambar 2.7 <i>Panel Sandwich</i> pada bidang konstruksi (Qun dkk., 2018)	11
Gambar 2.8 <i>Chassis Monoqcoque</i> (Chang dan Cheng, 2007)	11
Gambar 2.9 Peran LS-PrePost (Pratomo, 2021)	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3.2 Model 3D Aluminium <i>Hollow</i>	24
Gambar 3.3 Variasi Ketinggian <i>Core</i>	25
Gambar 3.4 Hasil <i>Mesh Core</i> dan <i>Impactor</i>	25
Gambar 3.5 Skema Kondisi Batas Uji Tekan Kecepatan <i>Impactor</i>	26
Gambar 3.6 (a) Konfigurasi <i>Core</i> Al 6061-T6, dan (b) Konfigurasi <i>Core</i> Al 6061-T6 - AISI 1010 dibagian tengah.....	28
Gambar 3.7 Model 3D Spesimen Uji <i>Bending</i>	30
Gambar 3.8 Hasil <i>Mesh</i> Spesimen Uji <i>Bending</i>	30
Gambar 3.9 Model Simulasi Uji <i>Bending</i>	31
Gambar 3.10 Model 3D Panel <i>Sandwich</i>	32
Gambar 3.11 Skema Uji Keselamatan Penumpang Suatu Kendaraan Tempur (Pratomo dkk., 2018)	33
Gambar 3.12 Hasil <i>Meshing</i> Panel <i>Sandwich</i>	33
Gambar 3.13 Model Simulasi Uji Ledak	33
Gambar 4.1 Hasil Visual <i>Core</i> Al 6061-T6 dengan $h = 75\text{mm}$ (a) <i>Isometric</i> , (b) Potongan, dan (c) Atas	35
Gambar 4.2 Hasil Visual <i>Core</i> Al 6061-T6 dengan $h = 100\text{ mm}$ (a) <i>Isometric</i> , (b) Potongan, dan (c) Atas	36
Gambar 4.3 Hasil Visual <i>Core</i> Al 6061-T6 dengan $h = 125\text{mm}$ (a) <i>Isometric</i> , (b)	

Potongan, dan (c) Atas	36
Gambar 4.4 Hasil Visual <i>Core</i> Al 6061-T6 – AISI 1010 dengan $h = 75\text{mm}$ (a) <i>Isometric</i> , (b) Potongan, dan (c) Atas.....	37
Gambar 4.5 Hasil Visual <i>Core</i> Al 6061-T6 – AISI 1010 dengan $h = 100\text{ mm}$ (a) <i>Isometric</i> , (b) Potongan, dan (c) Atas.....	37
Gambar 4.6 Hasil Visual <i>Core</i> Al 6061-T6 – AISI 1010 dengan $h = 125\text{mm}$ (a) <i>Isometric</i> , (b) Potongan, dan (c) Atas.....	38
Gambar 4.7 Hasil Visual <i>Core</i> Al 6061-T6 dan Al 6061-T6 – AISI 1010 dengan $h = 75\text{ mm}$	38
Gambar 4.8 Hasil Simulasi Pengujian Tekan <i>Core</i> 6061-T6.....	39
Gambar 4.9 Hasil Simulasi Pengujian Tekan Al 6061-T6 – AISI 1010	41
Gambar 4.10 Hasil Visual Simulasi Uji <i>Bending</i>	44
Gambar 4.11 Grafik Tegangan-Regangan Uji <i>Bending</i>	45
Gambar 4.12 Hasil Visual Pengujian Ledak	46
Gambar 4.13 Grafik Akselerasi terhadap Waktu.....	47
Gambar 4.14 Grafik Perpindahan terhadap Waktu	47
Gambar 4.15 Tampak Visual <i>Core Closed Foam</i> (Pratomo dkk., 2020).....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Sifat Material Aluminium 6061-T6	23
Tabel 3.2 Sifat Material Baja Karbon AISI 1010	23
Tabel 3.3 Sifat Material <i>Stainless Steel</i> 420.....	24
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Tekan <i>Core</i> Al 6061-T6.....	40
Tabel 4.2 Nilai <i>Length to Width Ratio</i> pada Ketinggian <i>Core</i>	40
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Tekan <i>Core</i> Al 6061-T6 – AISI 1010	41
Tabel 4.4 Nilai-Nilai Densitas Relatif dan Tegangan <i>Pletau</i>	42
Tabel 4.5 Data Hasil Uji Tekan Al 6061-T6 – AISI 1010 dengan Tinggi 75 mm	43
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Uji Ledak	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Langkah-langkah Pengujian Tekan	55
Lampiran 2. Persiapan <i>Running</i> Pengujian Tekan	62
Lampiran 3. Hasil <i>Running</i> Pengujian Tekan	64
Lampiran 4. Proses Pengambilan Data Pengujian Tekan	65
Lampiran 5. Langkah-langkah Pengujian <i>Sandwich</i>	67
Lampiran 6. Langkah-langkah Pengujian Ledak	69

BAB I 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 leleh 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 dan 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. Hal tersebut akan memakan banyak waktu serta biaya dalam melakukan penelitian. Salah satu alternatif yang telah dilakukan para peneliti yaitu dengan cara melakukan pengujian simulasi pada aplikasi. Aplikasi simulasi sendiri telah banyak teruji dan dijadikan gagasan dalam melakukan banyak penelitian di berbagai bidang salah satunya dalam simulasi pengujian bahan material dengan metode FEA. Oleh karena itu, penelitian kali ini membahas tentang “Simulasi Panel *Sandwich* dengan *Core* Aluminium *Hollow* Berbentuk Kombinasi Silinder dan Persegi”.

1.2 Rumusan Masalah

Panel *sandwich* merupakan susunan material yang memiliki kelebihan yaitu kuat dan ringan. Inti (*core*) dari panel *Sandwich* adalah faktor penting dalam menentukan sifat mekaniknya, sehingga pemilihan material dan bentuk pada struktur *Sandwich* memiliki pengaruh yang relevan. Panel *sandwich* juga memiliki kelebihan meredam gaya. Hal ini terlihat pada hasil diagram tegangan panel *sandwich* terdapat area *plateu*. Area *plateu* merupakan nilai absorpsi energi panel saat menahan beban tekan. Besarnya nilai area *plateu* ini tentunya dipengaruhi pemilihan dan bentuk dari *core* pada panel. Sehingga diperlukan penelitian terkait komparasi bentuk dan material panel, agar ditemukan bentuk dan material *core* yang baik dalam meredam gaya. Pengujian simulasi dapat menjadi alternatif untuk meminimalisir waktu dan biaya yang dibutuhkan dalam melakukan pengujian 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 “Simulasi Panel *Sandwich* dengan *Core* Aluminium *Hollow* Berbentuk Kombinasi Silinder dan Persegi”. Adapun batasan masalah yang lebih terperinci dalam penelitian ini antara lain :

1. Pembuatan model panel *Sandwich* menggunakan perangkat lunak *CAD 2022* dan diimpor ke perangkat lunak untuk analisis *FEM* dalam format *IGES*.
2. Terdapat dua konfigurasi material *core* yaitu Al 6061-T6 dan Al 6061-T6 – AISI 1010, sedangkan untuk *skin* menggunakan *stainless steel* CR 420
3. Proses pengujian menggunakan permodelan *Core* panel *Sandwich* berbentuk kombinasi silinder dan persegi.
4. Pengujian yang disimulasikan adalah uji tekan, uji *sandwich* dan uji ledakan.

5. Pengujian *sandwich* dan ledak menggunakan *core* terkuat yang telah diuji tekan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh dari konfigurasi material berbeda dan ketinggian *Core* pada panel *sandwich* akibat beban tekan.
2. Menganalisis pengaruh beban lengkungan terhadap panel *sandwich* pada pengujian *bending*.
3. Menganalisis pengaruh beban ledakan termasuk nilai akselerasi dan perpindahan terhadap *core*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian yaitu:

1. Dapat mengetahui jenis material dan bentuk yang baik dalam menahan beban tekan, *bending*, dan beban ledak.
2. Dapat mengetahui fenomena tekan pada *core* akibat beban tekan.
3. Dapat mengetahui fenomena *bending* pada panel *Sandwich* dengan *Core* aluminium *hollow* akibat beban tekan
4. Dapat mengetahui fenomena ledakan pada panel *Sandwich* dengan *Core* aluminium *hollow* akibat beban ledak.

DAFTAR PUSTAKA

- Bauccio, M. (1993) ASM metals reference book. ASM international.
- 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), hal. 301–305.
- Catur, A.D. dan Musakar, K. (2015) “Pengaruh Penguatan Polyurethane Rigid Foam dengan Square Cells terhadap Tegangan Bending dan Tekan Panel Sandwich sebagai Bahan Lambung Haluan Perahu.”
- Chang, C.-K. dan Cheng, J.-H. (2007) “Optimization of sandwich monocoque car body with equivalent shell element,” *Journal of Mechanics*, 23(4), hal. 381–388.
- Cheng, Y. dkk. (2018) “Compressive properties and energy absorption of aluminum foams with a wide range of relative densities,” *Journal of Materials Engineering and Performance*, 27, hal. 4016–4024.
- Dedecker, K., Deschaght, J. dan Kumar, R. (2008) “Sandwich Panels Supporting Growth with an Established and Proven Technology,” *PU Tech, Huntsman Polyurethanes, Belgium* [Preprint].
- Dharmasena, K.P., Wadley, H.N.G., Xue, Z. dan Hutchinson, J.W. (2008) “Mechanical response of metallic honeycomb sandwich panel structures to high-intensity dynamic loading,” *International Journal of Impact Engineering*, 35(9), hal. 1063–1074.
- 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), hal. 305–315.
- Hassan, T., Reis, E.M. dan Rizkalla, S.H. (2003) “Innovative 3-D FRP sandwich panels for bridge decks,” in *Proceedings of the fifth alexandria international conference on structural and geotechnical engineering*, hal. 1–12.
- Heriana, H. (2019) “Pengujian Ledakan Blast Explosion TNT dengan Pemodelan Menggunakan LS DYNA,” *Prosiding SENIATI*, hal. 1–6.
- Khan, B.A. dkk. (2020) “Fabrication, physical characterizations, and in vitro, in vivo evaluation of ginger extract-loaded gelatin/poly (vinyl alcohol) hydrogel films against burn wound healing in animal model,” *AAPS PharmSciTech*, 21, hal. 1–10.
- Khan, T. dkk. (2020) “A review on recent advances in sandwich structures based on polyurethane foam cores,” *Polymer Composites*, 41(6), hal. 2355–2400. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1002/pc.25543>.
- Lubis, S. dkk. (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), hal. 1–10. Tersedia pada: <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i1.4522>.

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), hal. 64–72.

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), hal. 1–16.

Marsono, M., Ali, A. dan Luwis, N. (2019) “Karakteristik Mekanik Panel Honeycomb Sandwich Berbahan Komposit Fibreglass dengan Dimensi Cell-Pitch 40mm dan Cell-Height 30mm,” *Jurnal Rekayasa Hijau*, 3(2), hal. 107–116. Tersedia pada: <https://doi.org/10.26760/jrh.v3i2.3144>.

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), hal. 165–177. Tersedia pada: <https://doi.org/10.26760/jrh.v5i2.165-177>.

Naubnome, V. dan Silatama, A.F. (2022) “Pengaruh Variasi Bentuk Core pada Aluminium Komposit Sandwich Panel Structure Terhadap Kekuatan Mekanik,” *Majalah Ilmiah MOMENTUM*, 18(1), hal. 1–4.

Nayiroh, N. dan Nurun, N. (2013) “Teknologi Material Komposit,” *Teknol. Mater. KOMPOSIT* [Preprint].

Prasetyo, A.J. (2010) “Aplikasi Metode Elemen Hingga (Meh) Pada Struktur Rib Bodi Angkutan Publik.”

Pratomo, A.N. dkk. (2018) “Numerical Study of Experiment Setup for Aluminum Foam Sandwich Construction Subjected to Blast Load,” *MESIN*, 27(1), hal. 19–31.

Pratomo, A.N. dkk. (2020) “Numerical study and experimental validation of blastworthy structure using aluminum foam sandwich subjected to fragmented 8 kg TNT blast loading,” *International Journal of Impact Engineering*, 146, hal. 103699. Tersedia pada: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2020.103699>.

Pratomo, A.N. (2021) *Perangkat Lunak LS-DYNA dan LS-PrePost untuk Analisis Daya Gempur*. Dr. Arief Nur Pratomo. Tersedia pada: <https://books.google.co.id/books?id=N2o9EAAAQBAJ>.

Putra, R.G. (2010) “ANALISIS BEBAN TEKUK KRITIS STRUKTUR SANDWICH BAHAN KOMPOSIT PADA SIRIP ROKET RX LAPAN,” *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 3(2).

Qun, X., Shuai, W. dan Chun, L. (2018) “Axial compression behavior of a new type of prefabricated concrete sandwich wall panel,” in *IOP Conference Series*:

Materials Science and Engineering. IOP Publishing, hal. 12063.

Rabiei, A. dan Vendra, L.J. (2009) "A comparison of composite metal foam's properties and other comparable metal foams," *Materials Letters*, 63(5), hal. 533–536.

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), hal. 1338–1345.

Rejab, M.R.M. dan Cantwell, W.J. (2013) "The mechanical behaviour of corrugated-core sandwich panels," *Composites Part B: Engineering*, 47, hal. 267–277.

Wang, X. dan Zhou, G. (2013) "The static compressive behavior of aluminum foam," *Rev. Adv. Mater. Sci*, 33, hal. 316–321.

Wang, Y. dkk. (2020) "On the out-of-plane ballistic performances of hexagonal, reentrant, square, triangular and circular honeycomb panels," *International Journal of Mechanical Sciences*, 173, hal. 105402.

Wibawa, L.A.N. (2019) "Desain dan analisis kekuatan rangka meja kerja (workbench) balai lapan garut menggunakan metode elemen hingga," *Jurnal Teknik Mesin-ITI*, 3(1), hal. 13–17.

Zubaydi, A. dan Budipriyanto, A. (2020) *MATERIAL SANDWICH: Teori, Desain, dan Aplikasi*. Airlangga University Press.