

SKRIPSI
PERANCANGAN DAN PENGUJIAN *CRASHWORTHINESS*
DENGAN VARIASI TABUNG *HONEYCOMB* MENGGUNAKAN
MATERIAL *POLYLACTIC ACID* (PLA)



Intelligentia - Dignitas

Disusun Oleh:

Daffa Tsakif Aunil Haq

1520620024

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2026

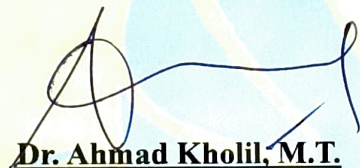
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Perancangan Dan Pengujian *Crashworthiness*
Dengan Variasi Tabung *Honeycomb*
Menggunakan Material *Polylactic Acid* (PLA)
Penyusun : Daffa Tsakif Aunil Haq
NIM : 1520620024
Dosen Pembimbing I : Dr. Ahmad Kholil, M.T.
Dosen Pembimbing II : Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T.
Tanggal Ujian : 20 Januari 2026

Disetujui Oleh:

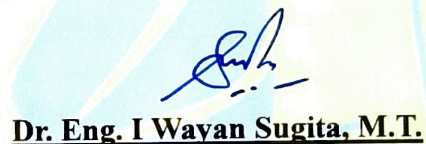
Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ahmad Kholil, M.T.

NIP. 197908312005011001



Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T.

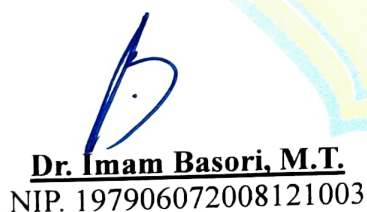
NIP. 197911142012121001

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi:

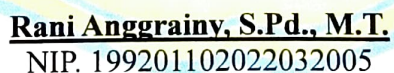
Ketua Penguji

Sekretaris Penguji

Penguji Ahli



Dr. Imam Basori, M.T.
NIP. 197906072008121003



Rani Anggrainy, S.Pd., M.T.
NIP. 199201102022032005

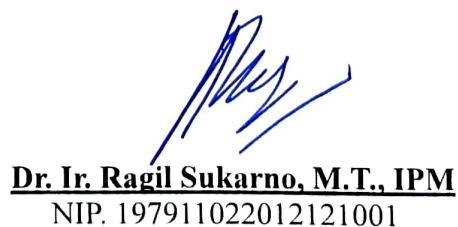


Dr. Darwin Rio Budi Svaka, M.T.
NIP. 197604222006041001

Intelligentia - Dignitas

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., IPM
NIP. 197911022012121001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Daffa Tsakif Aunil Haq
No. Registrasi : 1520620024
Tempat, tanggal lahir : Bekasi, 15 Agustus 2002
Alamat : Dukuh Zamrud Blok U16 no.19, Cimuning,
Mustikajaya, Kota Bekasi

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah dipeloreh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta

Jakarta, 22 Januari 2026

Yang membuat pernyataan



Daffa Tsakif Aunil Haq

No. Reg. 1520620024



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Daffa Tsakif Aunil Haq
NIM : 1520620024
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik/Teknik Mesin
Alamat email : dtsakifah8@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Perancangan dan Pengujian *Crashworthiness* Dengan Variasi Tabung *Honeycomb*
Menggunakan Material *Polylactic Acid* (PLA)

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 23 Januari 2026

Penulis

Daffa Tsakif Aunil Haq

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan seminar proposal ini yang berjudul “Perancangan Dan Pengujian *Crashworthiness* Dengan Variasi Tabung *Honeycomb* Menggunakan Material *Polylactic Acid* (Pla)”. Seminar proposal ini disusun untuk memenuhi syarat meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Seminar proposal ini dapat diselesaikan karena adanya bantuan dari banyak pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ahmad Kholil, M.T., selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan dan dorongan semangat kepada penulis dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T., selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan dan dorongan semangat kepada penulis dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ragil Sukarno, M.T., IPM., selaku koordinator program studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen pengampu mata kuliah di program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta, yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan sehingga penulis memiliki bekal untuk menyelesaikan laporan ini.
5. Seluruh Staff/Pegawai Administrasi di Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta, yang telah membantu dalam perihal administrasi sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini.
6. Orang tua penulis yang telah memberikan motivasi dan dukungannya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini.
7. Eldi Saputra dan Abizal Ravi Islami atas dukungan, diskusi dan bantuan selama penulis melakukan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
8. Seluruh teman-teman mahasiswa program studi S1 Teknik Mesin yang telah menjadi sarana diskusi, dukungan dan teman dalam proses penyusunan laporan ini.

Penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan dan kekurangan dalam laporan ini, karena penulis menyadari laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat sebagai bahan belajar mahasiswa program studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta kedepannya, dan juga penulis berharap kedepannya kekurangan laporan ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengembangan untuk mahasiswa program S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.



PERANCANGAN DAN PENGUJIAN *CRASHWORTHINESS* DENGAN VARIASI TABUNG *HONEYCOMB* MENGGUNAKAN MATERIAL *POLYLACTIC ACID* (PLA)

Daffa Tsakif Aunil Haq

Dosen Pembimbing: Dr. Ahmad Kholil, M.T. dan Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T.

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang, menguji, dan menganalisis peforma dari struktur *crashworthiness* menggunakan material *polylactic acid* (PLA) dengan variasi *honeycomb* sebagai komponen penyerapan energi untuk aplikasi keselamatan dalam kendaraan. Hal ini dilatar belakangi tingginya tingkat kematian akibat kecelakaan mobil serta pemanfaatan teknologi *3D printing* yang marak digunakan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui ketahanan struktur terhadap pengujian tekan serta menganalisis karakteristik penyerapan energi setiap variasi desain. Penelitian mencakup desain lima varian tabung *honeycomb* yang dicetak menggunakan teknologi cetak 3D berbahan PLA+. Pengujian menggunakan mesin uji tekan dengan kecepatan tekan 10 mm/min dan batas deformasi 70% dari tinggi awal spesimen. Perhitungan *Specific Energy Absorption* (SEA), *Mean Crushing Load* (MCL), dan *Crushing Force Efficiency* (CFE) dianalisis untuk data hasil pengujian pada setiap desain. Data diolah menggunakan tabel hasil perhitungan untuk setiap desain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembuatan spesimen sudah hampir sesuai dengan harapan dan nilai EA, SEA, MCL dan CFE dipengaruhi oleh variasi struktur yang berupa volume, massa, dan luas penampang dari spesimen. Variabel lain yang dapat mempengaruhi hasil nilai penyerapan energi adalah *design* dari struktur spesimen.

Kata kunci: *3D print, crashworthiness, polylactic acid, uji tekan*

PERANCANGAN DAN PENGUJIAN *CRASHWORTHINESS* DENGAN VARIASI TABUNG *HONEYCOMB* MENGGUNAKAN MATERIAL *POLYLACTIC ACID* (PLA)

Daffa Tsakif Aunil Haq

Supervisor: Dr. Ahmad Kholil, M.T. and Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T.

ABSTRACT

The primary objective of this study is to design, evaluate, and characterize the crashworthiness performance of honeycomb-based structural components fabricated from Polylactic Acid (PLA) using additive manufacturing. The motivation for this research stems from the increasing fatality rates associated with automotive collisions and the widespread adoption of 3D printing technology in engineering applications. The investigation focuses on assessing the compressive resistance of the structures and quantifying their energy absorption capabilities across different geometric configurations. Five honeycomb tubular variants were designed and manufactured using PLA+ filaments through fused filament fabrication. Quasi-static compression tests were conducted using a universal testing machine at a cross-head speed of 10 mm/min with a deformation limit equivalent to 70% of the initial specimen height. The crashworthiness metrics, including Specific Energy Absorption (SEA), Mean Crushing Load (MCL), and Crushing Force Efficiency (CFE), were computed and analyzed for each configuration. The experimental results were processed and presented in tabulated form for comparison. The results demonstrate that the fabrication process produced specimens with geometry sufficiently close to the intended design, enabling reliable evaluation of crashworthiness behavior. The values of EA, SEA, MCL, and CFE exhibited sensitivity to geometric variations, specifically in terms of specimen volume, mass, and cross-sectional area. Furthermore, the findings indicate that structural topology plays a significant role in influencing energy absorption performance.

Keywords: 3D print, compression test, crashworthiness, polylactic acid

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Dasar Teori	4
2.1.1 Manufaktur	4
2.1.2 <i>Crashworthiness</i>	4
2.1.3 <i>Polylactic Acid</i>	5
2.1.4 Uji Tekan	6
2.1.5 <i>3D Printing</i>	6
2.1.6 Penyerapan Energi (<i>Energy Absorption</i>).....	7
2.1.7 <i>Specific Energy Absorption</i> (SEA).....	7
2.1.8 <i>Mean Crushing Load</i> (MCL)	8
2.1.9 <i>Crushing Force Efficiency</i> (CFE).....	8
2.2 Konsep Penelitian.....	8
2.3 Kerangka Berfikir.....	9
2.4 Penelitian Terkait.....	9
BAB III METODE PENELITIAN.....	15

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2 Metode Penelitian.....	15
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	15
3.3.1 Peralatan Penelitian	15
3.3.2 Bahan Penelitian.....	15
3.3.3 Peralatan Pengujian	15
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	16
3.5 Teknik Pengumpulan Data	16
3.5.1 Studi Literatur	16
3.5.2 Persiapan Pembuatan <i>Crashworthiness</i>	17
3.5.3 Pembuatan <i>Crashworthiness</i>	20
3.5.5 Pengujian Tekan	21
3.6 Teknik Analisa Data	23
3.6.1 Rekapitulasi Hasil Data.....	24
3.6.2 Analisis Data Hasil Pengujian dan Kesimpulan.....	24
BAB IV HASIL PENELITIAN	24
4.1 Hasil Pembuatan Spesimen	24
4.2 Hasil Pengujian Tekan.....	26
4.2.1 Hasil Uji Tekan <i>Design 1</i>	27
4.2.2 Hasil Uji Tekan <i>Design 2</i>	29
4.2.3 Hasil Uji Tekan <i>Design 3</i>	32
4.2.4 Hasil Uji Tekan <i>Design 4</i>	34
4.2.5 Hasil Uji Tekan <i>Design 5</i>	37
4.2.6 Perbandingan Hasil Uji Tekan Dari 5 <i>Design</i>	39
4.3 Hasil Perhitungan Nilai <i>Energy Absorption</i> (EA)	40
4.4 Perhitungan Nilai <i>Spesific Energy Absorption</i> (SEA).....	41
4.4.1 Nilai SEA <i>Design 1</i>	41
4.4.2 Nilai SEA <i>Design 2</i>	41
4.4.3 Nilai SEA <i>Design 3</i>	42
4.4.4 Nilai SEA <i>Design 4</i>	42
4.4.5 Nilai SEA <i>Design 5</i>	42
4.4.6 Perbandingan Nilai Rata-Rata SEA	43

4.5 Hasil Perhitungan Nilai <i>Mean Crush Load</i> (MCL).....	44
4.5.1 Nilai MCL <i>Design</i> 1	44
4.5.2 Nilai MCL <i>Design</i> 2	44
4.5.3 Nilai MCL <i>Design</i> 3	44
4.5.4 Nilai MCL <i>Design</i> 4	45
4.5.5 Nilai MCL <i>Design</i> 5	45
4.5.6 Perbandingan Nilai Rata-Rata MCL	45
4.6 Hasil Perhitungan Nilai <i>Crush Force Efficiency</i> (CFE).....	46
4.6.1 Nilai CFE <i>Design</i> 1	47
4.6.2 Nilai CFE <i>Design</i> 2	47
4.6.3 Nilai CFE <i>Design</i> 3	47
4.6.4 Nilai CFE <i>Design</i> 4	48
4.6.5 Nilai CFE <i>Design</i> 5	48
4.6.6 Perbandingan Nilai Rata-Rata CFE.....	48
BAB V PENUTUP.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	53
Lampiran 1: Pembuatan Spesimen.....	53
Lampiran 2: Pengujian Spesimen.....	55
Lampiran 3: Data Hasil Pengujian	56

Intelligentia - Dignitas

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan nilai <i>max force</i>	40
Tabel 2. Hasil perhitungan nilai EA	40
Tabel 3. SEA untuk <i>design 1</i>	41
Tabel 4. SEA untuk <i>design 2</i>	41
Tabel 5. SEA untuk <i>design 3</i>	42
Tabel 6. Nilai SEA untuk <i>design 4</i>	42
Tabel 7. Nilai SEA untuk <i>design 5</i>	42
Tabel 8. Rekapitulasi data nilai SEA dari 5 <i>design</i>	43
Tabel 9. Nilai MCL <i>design 1</i>	44
Tabel 10. Nilai MCL untuk <i>design 2</i>	44
Tabel 11. Nilai MCL untuk <i>design 3</i>	44
Tabel 12. Nilai MCL untuk <i>design 4</i>	45
Tabel 13. Nilai MCL untuk <i>design 5</i>	45
Tabel 14. Rekapitulasi data nilai MCL dari 5 <i>design</i>	46
Tabel 15. Nilai CFE untuk <i>design 1</i>	47
Tabel 16. Nilai CFE untuk <i>design 2</i>	47
Tabel 17. Nilai CFE untuk <i>design 3</i>	47
Tabel 18. Nilai CFE untuk <i>design 4</i>	48
Tabel 19. Nilai CFE untuk <i>design 5</i>	48
Tabel 20. Rekapitulasi data nilai CFE dari 5 <i>design</i>	48

Intelligentia - Dignitas

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Penempatan <i>Crashworthiness</i>	4
Gambar 2. Filament PLA	5
Gambar 3. Perbandingan material PLA dan PLA+ Sumber: (Polytechnic and Info 2022)	5
Gambar 4. Mesin Uji Tekan	6
Gambar 5. Mesin 3D <i>Printing</i>	7
Gambar 6. Diagram berfikir.....	9
Gambar 7. Diagram alir penelitian.....	16
Gambar 8. Gulungan filamen PLA+	17
Gambar 9. Spesifikasi filamen PLA+ yang digunakan Sumber: (Farnell.com/multicomp-pro).....	17
Gambar 10. <i>Design 1</i>	18
Gambar 11. <i>Design 2</i>	19
Gambar 12. <i>Design 3</i>	19
Gambar 13. <i>Design 4</i>	19
Gambar 14. <i>Design 5</i>	20
Gambar 15. Mesin 3D <i>printing Anycubic Kobra S1</i>	20
Gambar 16. Parameter mesin 3D <i>printing</i>	21
Gambar 17. Mesin UTM	21
Gambar 18. Parameter dasar mesin uji tekan.....	22
Gambar 19. Plat tambahan untuk uji tekan.....	23
Gambar 20. Pengujian tekan pada spesimen.....	23
Gambar 21. Hasil pembuatan <i>design 1</i>	24
Gambar 22. Hasil pembuatan <i>design 2</i>	25
Gambar 23. Hasil pembuatan <i>design 3</i>	25
Gambar 24. Hasil pembuatan <i>design 4</i>	26
Gambar 25. Hasil pembuatan <i>design 5</i>	26
Gambar 26. Hasil uji tekan <i>design 1</i> , sebelum (kiri) dan sesudah (kanan).....	27
Gambar 27. Hasil grafik uji tekan S1 <i>design 1</i>	27
Gambar 28. Hasil grafik uji tekan S2 <i>design 1</i>	28
Gambar 29. Hasil grafik uji tekan S3 <i>design 1</i>	28

Gambar 30. Grafik perbandingan hasil uji tekan <i>design</i> 1	29
Gambar 31. Hasil uji tekan <i>design</i> 2, sebelum (kiri) dan sesudah (kanan).....	29
Gambar 32. Hasil grafik uji tekan S1 <i>design</i> 2	30
Gambar 33. Hasil grafik uji tekan S2 <i>design</i> 2	30
Gambar 34. Hasil grafik uji tekan S3 <i>design</i> 2	31
Gambar 35. Grafik hasil uji tekan <i>design</i> 2.....	31
Gambar 36. Hasil uji tekan <i>design</i> 3, sebelum (kiri) dan sesudah (kanan).....	32
Gambar 37. Hasil grafik uji tekan S1 <i>design</i> 3	32
Gambar 38. Hasil grafik uji tekan S2 <i>design</i> 3	33
Gambar 39. Hasil grafik uji tekan S 3 <i>design</i> 3	33
Gambar 40. Grafik hasil uji tekan <i>design</i> 3.....	34
Gambar 41. Hasil uji tekan <i>design</i> 4, sebelum (kiri) dan sesudah (kanan).....	34
Gambar 42. Hasil grafik uji tekan S1 <i>design</i> 4	35
Gambar 43. Hasil grafik uji tekan S2 <i>design</i> 4	35
Gambar 44. Hasil grafik uji tekan S3 <i>design</i> 4	36
Gambar 45. Grafik hasil uji tekan <i>design</i> 4.....	36
Gambar 46. Hasil uji tekan <i>design</i> 5, sebelum (kiri) dan sesudah (kanan).....	37
Gambar 47. Hasil grafik uji tekan S1 <i>design</i> 5	37
Gambar 48. Hasil grafik uji tekan S2 <i>design</i> 5	38
Gambar 49. Hasil grafik uji tekan S3 <i>design</i> 5	38
Gambar 50. Grafik hasil uji tekan <i>design</i> 5.....	39
Gambar 51. Grafik perbandingan hasil uji tekan dari 5 <i>design</i>	39
Gambar 52. Grafik perbandingan nilai rata-rata EA pada 5 <i>design</i>	40
Gambar 53. Grafik perbandingan nilai rata-rata SEA pada 5 <i>design</i>	43
Gambar 54. Grafik perbandingan nilai rata-rata MCL pada 5 <i>design</i>	46
Gambar 55. Grafik perbandingan nilai rata-rata CFE pada 5 <i>design</i>	49