

OPTIMASI TOPOLOGI PADA CHASSIS KENDARAAN BIO-HYBRID (OBHI-MEC UNUD) DENGAN MENGGUNAKAN ANSYS WORKBENCH

William Halim Darmawan¹⁾, I Made Gatot Karohika²⁾, I Made Widiyarta³⁾
Program Studi Teknik mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Chassis atau rangka utama adalah struktur dasar kendaraan yang merupakan tempat bagi komponen-komponen lain dipasang. Pada penelitian ini chassis kendaraan Obhi-mec akan dioptimasi topologi dengan menggunakan variasi massa. Terdapat 3 variasi massa yang digunakan yaitu, 20%, 25% dan 29%. Simulasi pada chassis Obhi-mec sebelum dioptimasi dengan massa 155,37 Kg mendapatkan hasil von mises stress 22,988 Mpa dan safety factor 8,7004. Simulasi dengan hasil terbaik pada variasi pengurangan 29% dengan massa 110,68 Kg mendapatkan hasil total deformasi 0,18574, von mises stress 44,966 Mpa, strain 0,00021218 dan safety factor 4,4478.

Kata kunci: Optimasi Topologi, *Ansys Workbench*, Chassis, Obhi-mec.

Abstract

The chassis or main frame is the basic structure of the vehicle to which other components are attached. In this study, the Obhi-mec vehicle chassis will be topology optimized using mass variations. There are 3 mass variations used, namely, 20%, 25% and 29%. Simulations on the Obhi-mec chassis before optimization with a mass of 155.37 Kg get the results of von mises stress 22.988 Mpa and safety factor 8.7004. Simulations with the best results in the 29% reduction variation with a mass of 110.68 Kg get the results of total deformation 0.18574, von mises stress 44.966 Mpa, strain 0.00021218 and safety factor 4.4478.

Keywords: Topology Optimization, Ansys Workbench, Chassis, Obhi-mec.

1. Pendahuluan

^[1] Seiring perkembangan zaman dan peningkatan mobilitas dalam berkegiatan, manusia membutuhkan transportasi. Kendaraan bermotor semakin bervariasi dan berkembang setiap tahun. ^[2] Berdasarkan data yang diperoleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2022 jumlah kendaraan bermotor mencapai 148.212.865 unit di Indonesia dan pada tahun 2021 hanya terdapat 141.996.832 unit. Jumlah kendaraan bermotor yang meningkat setiap tahun akan berdampak pada banyak industri, salah satunya polusi udara. ^[3] Kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil semakin populer. Energi yang tidak terbarukan adalah sumber minyak bumi yang saat ini digunakan sebagai bahan bakar mobil. Mobil listrik adalah jenis transportasi yang ramah lingkungan dan mampu memenuhi kebutuhan mobilitas masyarakat.

^[4] Electric vehicle (EV) memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan ICE/ICEV (Internal Combustion Engine Vehicle), termasuk suara yang lebih rendah, efisiensi konversi energi yang tinggi, dan penggunaan bahan bakar yang lebih sedikit. Sehingga secara langsung mengurangi gas buang ke atmosfer, serta emisi gas yang bersifat terpusat sehingga lebih bisa dikelola. Kendaraan listrik adalah salah satu solusi penting untuk masalah seperti polusi, keterbatasan, dan semakin berkurangnya stok bahan bakar konvensional, dan pemanasan global yang disebabkan oleh penggunaan bahan bakar berbasis fosil dalam transportasi. Untuk itu, perlu ada upaya yang dilakukan untuk mendorong pengembangan EV.

Kendaraan Bio-Hybrid (Obhi-Mec Unud) adalah kendaraan bio-hybrid yang merupakan sebuah inovasi dari Universitas Udayana dalam turut mengembangkan kendaraan listrik yang ramah lingkungan. Bio-Hybrid (Obhi-Mec Unud) merupakan gabungan dari kendaraan elektrik dan sepeda. Kendaraan ini menggabungkan kendaraan yang digerakkan baterai dan kendaraan yang digerakkan oleh manusia. Dalam proses perancangan kendaraan ini perlu banyak optimasi dalam berbagai aspek agar dapat mengurangi biaya produksi tetapi tetap aman. Optimasi topologi adalah salah satu cara untuk mengoptimalkan saat proses produksi.

^[5] Optimasi topologi bertujuan mengurangi volume dari design variable yang telah ditentukan dengan cara memaksimalkan nilai kekakuan dari struktur yang diizinkan. ^[6] Optimasi topologi mengutamakan kekakuan dalam mengoptimalkan model geometri untuk bobot dan massa berdasarkan berbagai batasan dan kriteria desain yang disertakan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi massa chassis kendaraan Bio-Hybrid (Obhi-Mec Unud) dengan memperhatikan nilai safety factor. Pengurangan massa dapat didapatkan dengan menghilangkan beberapa bagian dari chassis Bio-Hybrid (Obhi-Mec Unud), atau mengubah dimensi dari profil pipa chassis menjadi lebih kecil. Semakin kecil massa chassisnya, maka penggunaan energi baterai ataupun kayuhan dalam menjalankan kendaraan Bio-Hybrid (Obhi-Mec Unud) akan

semakin kecil juga. Pada proses Optimasi topologi pada kendaraan Bio-Hybrid (Obhi-Mec Unud) juga bertujuan untuk mengurangi biaya produksi yang dikarenakan pengurangan bahan pembuatan chassis. Chassis kendaraan Bio-Hybrid (Obhi-Mec Unud) menggunakan rangka berjenis tubular frame dan menggunakan black steel pipe sebagai materialnya.

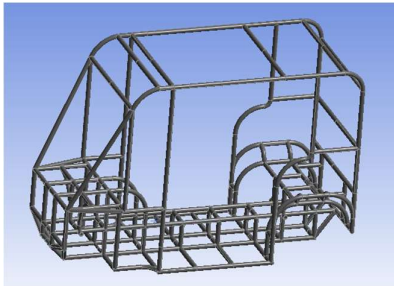
Pada penelitian ini, penulis akan melakukan analisa dengan cara melakukan perbandingan variabel terikat berupa safety factor dan von mises stress pada chassis sebelum dan sesudah dilakukan pengurangan massa. Penelitian ini akan dilakukan menggunakan software Ansys Workbench dengan Static Structural dan Optimasi Topology.

2. Dasar Teori

2.1 Chassis

^[7] Chassis merupakan komponen terpenting kendaraan, berfungsi sebagai tempat komponen lain dipasang. ^[8] Chassis bertanggung jawab untuk menjaga kekokohan dan ketahanan kendaraan agar tidak rusak selama penggunaan. Chassis harus kuat untuk menahan kejutan, putaran, getaran, dan tekanan lainnya.

Gambar 1. Chassis Kendaraan Bio-Hybrid Obhi-Mec UNUD



2.2 Optimasi Topologi

^[9] Metode untuk mengoptimalkan pembagian material dari komponen yang akan didesain dikenal sebagai optimalisasi topologi. Ada beberapa kelebihan dalam optimasi topologi, yaitu:

1. Mendapatkan struktur komponen dengan beban yang ringan.
2. Mendapatkan desain yang siap untuk diproduksi.
3. Mengurangi waktu untuk proses produksi.
4. Menghemat material dengan jumlah yang besar.
5. Mengurangi tes fisik.
6. Menghemat banyak tenaga dalam proses produksi.
7. Mengurangi pembuatan prototype.

2.2.1. Aspek yang Mempengaruhi Optimasi Topologi

2.2.1.1 Faktor Keamanan

^[10] Faktor keamanan adalah parameter yang mengukur kapasitas suatu bahan teknik untuk menahan beban dari luar, seperti beban tarik dan tekan. Faktor keamanan adalah perbandingan

tegangan ijin dan tegangan maksimal. ^[11] Terdapat beberapa aturan dalam penentuan faktor keamanan pada material ductile yaitu:

1. $N = 1,25-2,0$. Struktur desain dengan pembebanan statis dengan keyakinan pada data yang tinggi.
2. $N = 2,00-2,5$. Desain elemen mesin dengan pembebanan dinamis dengan keyakinan yang menengah pada data yang dimiliki.
3. $N = 2,50-4,0$. Desain struktur statis atau elemen mesin dengan beban dinamis yang memiliki ketidakpastian pembebanan, properti material, analisa tegangan ataupun lingkungan.
4. $N = 4,0$ ke atas. Desain struktur statis atau elemen mesin dengan pembebanan dinamis dengan ketidakpastian kombinasi dari beberapa faktor seperti pembebanan, properti material, analisa tegangan ataupun lingkungan.

2.2.1.2 Tegangan

^[12] Tegangan adalah nilai gaya yang bekerja pada suatu satuan luas. Memiliki persamaan :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dengan :

σ = Tegangan (N/m²)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (m²)

2.2.1.3 Von Mises Stress

^[13] Tegangan von Mises adalah tegangan tarik uniaksial yang memiliki kapasitas untuk menghasilkan jumlah energi distorsi yang setara dengan kombinasi tegangan yang bekerja.

2.3 Metode Elemen Hingga

^[14] Metode elemen merupakan sebuah metode numerik untuk menyelesaikan masalah mekanika kuantum dengan ketelitian yang bisa diterima oleh rekayasawan. Metode elemen hingga sangat berguna untuk menyelesaikan objek dengan bentuk, beban, dan kondisi batas yang tidak beraturan. Metode ini memiliki keunggulan karena ada kemiripan antara jaring elemen dan struktur sebenarnya. Metode ini memerlukan komputer dan program yang dapat diandalkan.

2.4 Kendaraan Listrik Bio-Hybrid Obhi-Mec UNUD

Obhi-mec adalah kendaraan hybrid yang dibuat dengan memanfaatkan daya motor listrik dan daya kayuhan kaki manusia. Penggerak utama pada kendaraan ini adalah motor listrik, dan terdapat pedal sebagai alat penggerak pembantu. Kecepatan yang dapat dicapai oleh kendaraan ini pada jalan raya sebesar 30 km/jam hingga kecepatan maksimal 50 km/jam, dengan kapasitas 2 sampai 3 orang. Obhi-mec menggunakan dinamo dengan daya 2000

Watt untuk mengubah energi mekanik hasil kayuhan pedal menjadi energi listrik yang akan disimpan di baterai.



Gambar 3. Model Kendaraan Listrik Obhi-Mec Unud

Tabel 1 Spesifikasi Kendaraan Listrik Obhi-Mec Unud

Parameter	Value	Unit
Vehicle mass with driver and 2 passenger	375	kg
Vehicle mass with driver and without passenger	225	kg

2.5 Profil Pipa Besi Hitam

Pipa besi hitam yang dipergunakan adalah pipa berbahan Carbon Steel AISI 1020 yang dianneling pada suhu 870° C. Diameter rangka awal 1” (32mm) dan ketebalan 0,0133” (3,38mm.) Sifat mekanik Carbon Steel AISI 1020.

Tabel 2. Tabel Sifat Mekanik Carbon Steel AISI 1020

Properties		Condition
		T (°C)
Densitiy (x1000kg/m ³)	7.7-8.03	25
Poisson's Ratio	0.27-0.30	25
Elastic Modulus (GPa)	190-210	25
Tensile Strenth (MPa)	394.7	25
Yield Strength (MPa)	294.8	25
Elongation (%)	36.5	25
Reduction in Area (%)	66.0	25
Hardness (HB)	111	25
Impact Strength (J)	123.4	25

2.6 Motor Listrik

Pada kendaraan *Obhi-Mec* menggunakan penggerak motor Listrik brand YALU dengan model BM1412ZXF sebagai penggerak utamanya

Tabel 3. Spesifikasi Motor Listrik YALU

Desain	Brushless
Other Name	Brushless E-Tricycle DC Motor

Weight	4.5 Kg
Voltage	48/60/72 V DC
Unload Speed	3200 RPM

3. Metode Penelitian

3.1 Perhitungan Pembebanan

Pada penelitian ini menggunakan pembebanan berupa massa pengendara dan 2 penumpang serta massa dari baterai. Diasumsikan bahwa berat dari pengemudi dan penumpang sebesar 75 Kg per orang dan sedangkan untuk berat baterai sebesar 5 Kg. Sedangkan untuk berat bersih *chassis* kendaraan *Bio-Hybrid Obhi-mec* adalah sebesar 155.37 Kg

a. Pembebanan per orang

$$W_{orang} = m \times g$$

$$W_{orang} = 75 \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{orang} = 735,75 N$$

b. Pembebanan baterai

$$W_{baterai} = m \times g$$

$$W_{baterai} = 5 \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{baterai} = 49,05 N$$

c. Pembebanan motor Listrik

$$W_{motor} = m \times g$$

$$W_{motor} = 4,5 \times 9,81$$

$$W_{motor} = 44,145 N$$

d. Total Pembebanan

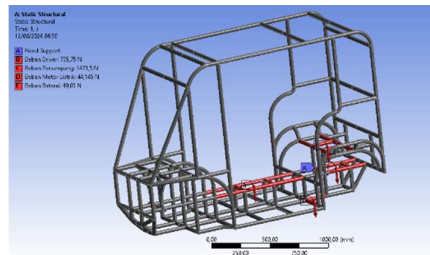
$$W_{total} = 3 \cdot W_{orang} + W_{baterai} + W_{motor}$$

$$W_{total} = (3 \times 735,75) + 49,05 + 44,145$$

$$W_{total} = 2256,30 N$$

3.2 Skema Pembebanan dan Penyanggah

Skema peletakan pembebanan dan penyanggah pada *Ansys Workbench*.



Gambar 4. Skema Pembebanan dan Penyanggah

3.3 Prosedur Penelitian

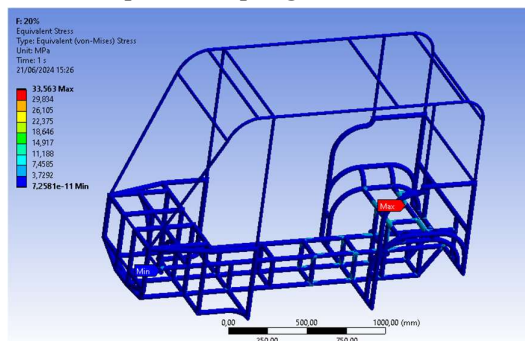
Langkah melakukan optimasi topologi pada *Ansys Workbench* :

1. Membuka aplikasi *Ansys Workbench* .
2. Memilih “*Static Structural*”.
3. Memasukan data material yang digunakan pada menu “*Engineering Data*”.
4. Memasukan desain struktur yang akan disimulasikan.
5. Melakukan *meshing* pada struktur tersebut.
6. Menentukan dan meletakkan titik penyanggah pada struktur.

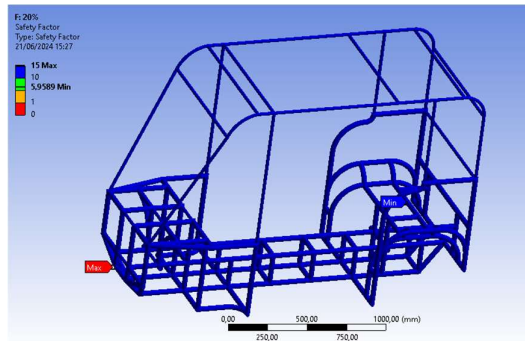
- Menentukan letak pembebanan dan memasukan besar pembebanan.
- Melakukan pengujian *static structural* pada desain awal.
- Melakukan optimasi topologi berdasarkan hasil pengujian pertama.
- Memodifikasi desain awal sesuai dengan variasi massa yang akan dipergunakan.
- Melakukan pengujian *static structural* pada desain yang sudah dimodifikasi.
- Menganalisa hasil pengujian dengan memperhatikan data hasil yang dihasilkan, seperti tegangan *von mises stress*, dan faktor keamanan

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil Optimasi Topologi

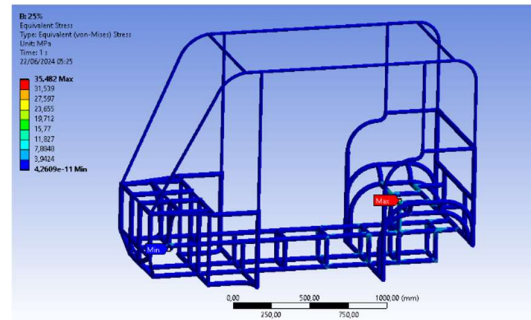


Gambar 5. Hasil Von-mises Stress pada chassis variasi 20%
Menunjukkan hasil von-mises stress yang dialami oleh disain dengan menggunakan warna. Warna merah pada gambar merupakan titik yang mengalami von-mises stress tertinggi sedangkan untuk yang berwarna biru adalah bagian yang mengalami tegangan von-mises stress terendah. Pada desain ini mendapatkan nilai tegangan von-mises stress maksimal sebesar 33,563 Mpa ditunjukkan pada bagian “max” yang berwarna merah.

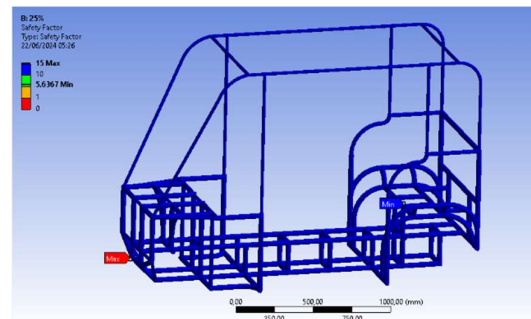


Gambar 6. Hasil Safety Factor pada chassis variasi 20%
Menunjukkan hasil safety factor yang dialami oleh disain dengan menggunakan warna. Warna biru pada gambar merupakan titik yang mengalami safety factor tertinggi sedangkan untuk yang berwarna hijau adalah bagian yang mendapatkan safety factor terendah. Pada desain ini mendapatkan nilai safety

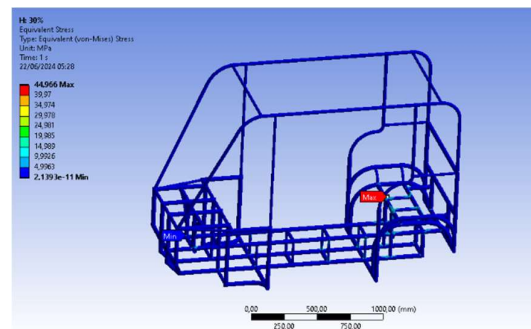
factor minimal sebesar 5,9589 ditunjukkan pada bagian “min” yang berwarna hijau.



Gambar 7. Hasil Von-mises Stress pada chassis variasi 25%
Menunjukkan hasil von-mises stress yang dialami oleh disain dengan menggunakan warna. Warna merah pada gambar merupakan titik yang mengalami von-mises stress tertinggi sedangkan untuk yang berwarna biru adalah bagian yang mengalami tegangan von-mises stress terendah. Pada desain ini mendapatkan nilai tegangan von-mises stress maksimal sebesar 35,482 Mpa ditunjukkan pada bagian “max” yang berwarna merah.

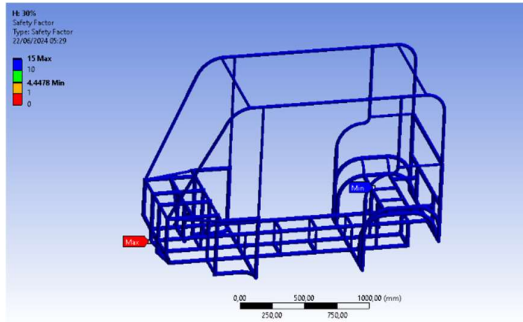


Gambar 8. Hasil Safety Factor pada chassis variasi 25%
Menunjukkan hasil *safety factor* yang dialami oleh disain dengan menggunakan warna. Warna biru pada gambar merupakan titik yang mengalami *safety factor* tertinggi sedangkan untuk yang berwarna hijau adalah bagian yang mendapatkan *safety factor* terendah. Pada desain ini mendapatkan nilai *safety factor* minimal sebesar 5,6367 ditunjukkan pada bagian “min” yang berwarna hijau.



Gambar 9. Hasil Von-mises Stress pada chassis variasi 29%

Menunjukkan hasil von-mises stress yang dialami oleh disain dengan menggunakan warna. Warna merah pada gambar merupakan titik yang mengalami von-mises stress tertinggi sedangkan untuk yang berwarna biru adalah bagian yang mengalami tegangan von-mises stress terendah. Pada desain ini mendapatkan nilai tegangan von-mises stress maksimal sebesar 44,966 Mpa ditunjukkan pada bagian “max” yang berwarna merah.



Gambar 10. Hasil Safety Factor pada chassis variasi 29%

Menunjukkan hasil safety factor yang dialami oleh disain dengan menggunakan warna. Warna biru pada gambar merupakan titik yang mengalami safety factor tertinggi sedangkan untuk yang berwarna hijau adalah bagian yang mendapatkan safety factor terendah. Pada desain ini mendapatkan nilai safety factor minimal sebesar 4,4478 ditunjukkan pada bagian “min” yang berwarna hijau.

5. Simpulan

Berdasarkan penelitian hasil pengujian optimasi topologi pada chassis kendaraan Bio-hybrid (Obhi-mec Unud) dengan memvariasikan pengurangan massa maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada hasil simulasi chassis kendaraan Bio-hybrid (Obhi-mec Unud) dengan pengurangan massa sebesar 29% adalah yang terbaik dengan mendapatkan nilai tegangan von-mises tertinggi sebesar 44,966 MPa dan nilai faktor keamanan terendah sebesar 4,4478. Sedangkan nilai tegangan von-mises terendah dan nilai faktor keamanan tertinggi didapat pada variasi 20% dengan nilai 33,563 MPa dan 5,9589.

Daftar Pustaka

- [1] Oktaviastuti, B., Handika, D., & Wijaya, S. (2017). Urgensi pengendalian kendaraan bermotor Di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Tenik Sipil Universitas Madura*, 2(1).
- [2] Pangestu, F., Widodo, A. W., & Rahayudi, B. (2018). Prediksi Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia Menggunakan Metode Average-Based Fuzzy Time Series Models (Vol. 2, Issue 9).
- [3] Aziz, M., Marcellino, Y., Rizki, I., Ikhwanuddin, S., & Simatupang, J. (2020). Studi Analisis Perkembangan Teknologi dan Dukungan Pemerintah Indonesia Terkait Mobil Listrik. *TESLA*, 22(1), 45–55.
- [4] Kumara, N. S. (2008). Tinjauan Perkembangan Kendaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(2), 89–96.
- [5] Suryo, S., & Yuniarto, B. (2020). Optimasi Desain Topologi Struktur Arm Excavator Cat 374d L Menggunakan Metode Elemen Hingga. *ROTASI*, 22(2), 79–86.
- [6] Utama, D. W. (2017). Optimasi topologi pada komponen penampun mesin printer 3dimensi dengan metode generative desain. *Dinamika Teknik Mesin*, 7(2), 2502–1729.
- [7] Isworo, H., Ghofur, A., Cahyono, G. R., & Riadi, J. (2019). ANALISIS DISSPLACEMENT PADA CHASSIS MOBIL LISTRIK WASAKA. *ELEMEN : JURNAL TEKNIK MESIN*, 6(2), 94..
- [8] Satrijo, D., Kurdi, O., Haryanto, I., Prahasto, T., Widodo, A., Eros Sawungrana dan Yogie Adi Wijaya, A., Sudarto, J., Tengah, J., & Raya Ungaran, J. K. (2020). Analisa Statik dan Optimasi Size Chassis Bus Medium dengan Metode Elemen Hingga (Vol. 22, Issue 4).
- [9] Gebisa, A. W., & Lemu, H. G. (2017). A case study on topology optimized design for additive manufacturing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 276(1)..
- [10] Mulyatno, P., Trimulyono, A., & Khristyson, S. F. (2014). Analisa Kekuatan Konstruksi Internal Ramp Sistem Steel Wire Rope pada Km. Dharma Kencana Viii Dengan Metode Elemen Hingga (Vol. 11, Issue 2).
- [11] Mott, Robert L., Vavrek, Edward M., Wang, Jyhwen, (2018), “Machine Elements in Mechanical Design”, Edisi ke-6, United States, Pearson.
- [12] Abidin, Z., & Rama, B. R. (2015). Analisa Distribusi Tegangan dan Defleksi Connecting Rod Sepeda Motor 100 Cc Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 30–39.
- [13] Bhandari, V. (1994). *Design of Machine Elements*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.

- [14] Cook, R. D., & Suryatmono, B. (1990).
Konsep dan aplikasi metode elemen hingga.
ERESCO.



William Halim Darmawan
Menyelesaikan studi program sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2019 sampai 2024

Bidang penelitian yang diminati yaitu Rekayasa Manufaktur.