

ISSN 2623-6313



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK ENGINEERING HASANUDDIN

Didukung Oleh:



VALE



Buku Prosiding

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin



SNTTAA
MECHANICAL

Dengan Tema :
Penguatan Peran Insinyur Mesin dalam
Pembangunan Industri Nasional

13-14 Oktober 2022

Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin



PROSES MANUFAKTUR



MATERIAL



ENERGI



PERANCANGAN DAN
MEKANIKA TERAPAN

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN KE-20

13 OKTOBER 2022
UNHAS ENGINEERING CAMPUS

BKSTM

BADAN KERJA SAMA TEKNIK MESIN INDONESIA



Prof. Dr. Kulacathe Piantong
President of Thai Society of
Mechanical Engineers (TSME)/
Ubon Ratchathani University,
Thailand



**Assoc. Prof. Dr. Eng.
Muhammad Aziz**
Associate Professor of Energy
and Process Integration
Engineering, The University of Tokyo



**Ir. Mohammad Rifai, ST.,
IPU., PMP**
Energy & Logistic Director
PT. Vale Indonesia



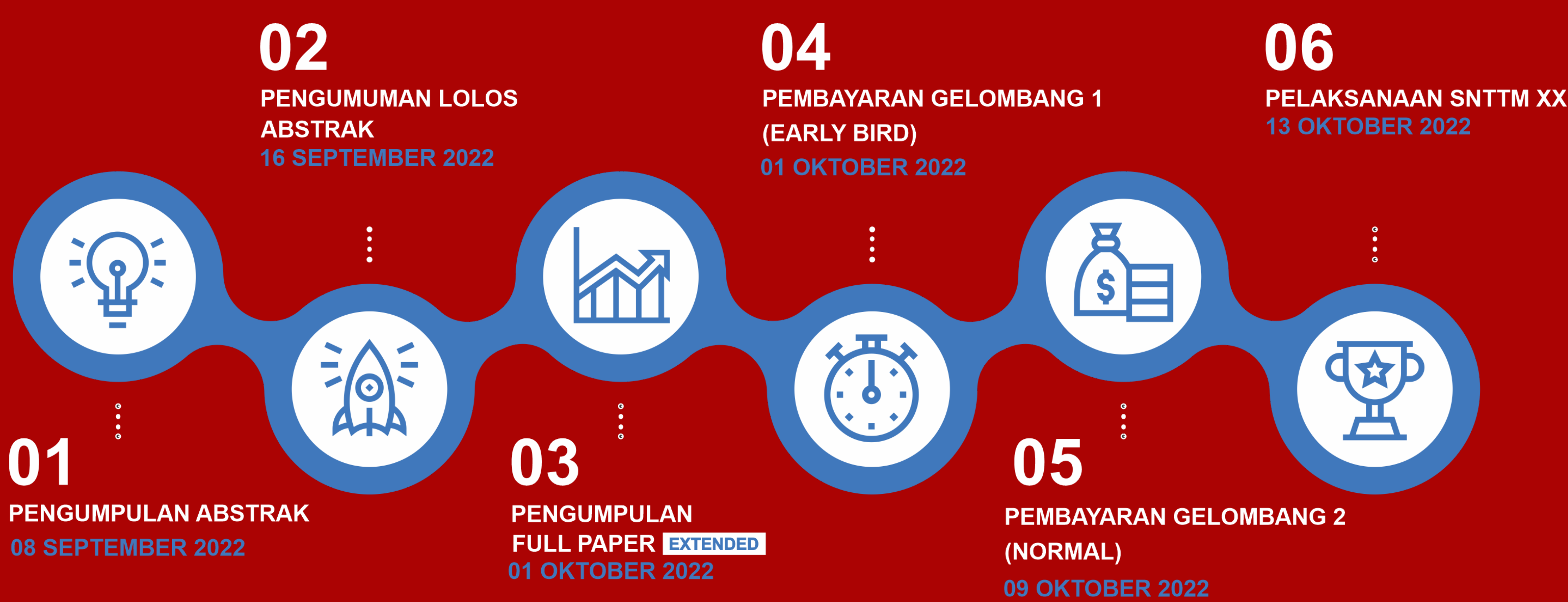
Ir. Alif Abadi
Direktur PT. Kawasan
Berikat Nusantara



TUJUAN KEGIATAN

- Meningkatkan khasanah keilmuan antar bidang teknik mesin meliputi bidang energi, manufaktur, material dan mekatronika secara global maka dibutuhkan kerja sama yang melibatkan ilmuwan, akademisi, praktisi, profesional, pemerintah, pengusaha, dan komunitas.
- Membangun jejaring (network) antar pemangku kepentingan, maka kehadiran suatu konferensi baik skala nasional maupun internasional menjadi penting sebagai wadah untuk membangun konektivitas antar peneliti dan atau lembaga penelitian. Pada konferensi ini, pendekatan multi-disiplin berdasarkan pengetahuan dan pengalaman dari ilmuwan, peneliti, praktisi, dan pembuat kebijakan akan dipertemukan.
- Sebagai rangkaian dari kegiatan Pertemuan Tahunan Badan Kerja Sama Teknik Mesin Indonesia (BKSTM), Departemen TMUH pada tahun 2022 diamanahkan sebagai penyelenggara Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM 2022). Kegiatan seminar nasional ini juga akan dirangkaikan dengan kegiatan seminar Internasional.

TIMELINE KEGIATAN



BIDANG CAKUPAN



PROSES MANUFAKTUR



ENERGI



MATERIAL



PERANCANGAN DAN
MEKANIKA TERAPAN

BIAYA REGISTRASI

UMUM

EARLY BIRD

IDR 750.000

NORMAL

IDR 1.000.000

DOSEN

EARLY BIRD

IDR 500.000

NORMAL

IDR 750.000

MAHASISWA

EARLY BIRD

IDR 400.000

NORMAL

IDR 500.000

Registrasi

Submit Full Paper

Template Full Paper

Download Program Book

Seminar Kit

ENERGI

KODE	JUDUL	HALAMAN
KE.001	Analisa Air Fuel Ratio Pembakaran Incinerator Kapasitas 25 Kg	1 - 5
	<i>Agung Sudrajad, Hanifah Apriliyanti, Ni Ketut Caturwati</i>	
KE.002	Ice Slurry Generator Kapasitas Tiga Ton dengan Precooler	6 - 10
	<i>Agus Pamitrani, Budiaso, Ramadhan R. Riadi</i>	
KE.003	Kajian Tekno Ekonomi pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Melalui Analisa Termodinamika	11 - 16
	<i>Ahmad Syihan Auzani, Yogi Pramudito, Gerardo Janitra Puriadi Putra, Devin Adiriwanto, Muhammad Burhanuddin Fauzi</i>	
KE.004	Pengaruh Komposisi Campuran Kayu terhadap Karakteristik Arang yang Dihasilkan dari Proses Torefaksi Berbagai Jenis Kayu Hutan Tanaman Industri	17 - 22
	<i>Amrul, Ahmad Zikautsar Ragdan Majdi, Hadi Prayitno, Harmen</i>	
KE.005	Analysis of Energy Savings and Greenhouse Gas Emission Reduction Potentials on Cold Storage in Indonesian Fishery Sector	23 - 28
	<i>Ardiyansyah Yatim, Muhammad Kautsar, RP Bugie Pujdotomo, Hasanuddin Yasni, Fathurrahman Nugraha</i>	
KE.006	Pengaruh Perbedaan Diameter Dalam, Jarak Pitch dan Sudut Kemiringan Terhadap Efisiensi Turbin Archimedes	29 - 35
	<i>Asral, Fakhrol Rozi, Muhammad Iqbal Habibi</i>	
KE.007	Peningkatan Efisiensi Boiler Dalam Penghematan Energi dan Pengurangan Emisi Gas Buang : Teknikal Review	36 - 44
	<i>Fayza Yulia, Gary Sinaga, Miftah Daris, Kato Ra'if, Zaky Dzar, Ibnu Tegar, Fikri Ashari, Fitri Wahyuni, Reda Rizal</i>	
KE.008	Sistematik Review Studi Peningkatan Efisiensi Heat Recovery Steam Generator (HRSG)	45 - 54
	<i>Fayza Yulia, Rifat Satrio, Arya Dwi, Rizky Vindra, Daffa Febriansyah, Wiweko Alfaraby, Fitri Wahyuni, Reda Rizal</i>	
KE.009	Kesetimbangan Energi di Reaktor Torefaksi Kontinu Tipe Tabung Tubular dengan Sistem Pemanas Selimut Oli	55 - 62
	<i>Harmen, Zulkri Kurniawansah, Amrul, Hadi Prayitno</i>	
KE.010	Pengaruh Perubahan Bentuk Ruang Kondensasi Pada Destilator Memanfaatkan Gas Buang Mesin	63 - 69
	<i>La Baride, La Ode Asman Muriman, Muhamad Iqbal Achmad</i>	
KE.011	Desain Pompanisasi Untuk Perkebunan Kopi Pada Kelurahan Bokin Toraja Utara	70 - 75
	<i>Luther Sule, Gerard Antonini Duma, Elieser Timbayo Sule</i>	
KE.012	Studi Eksperimental Pressure Drop dan Pola Aliran Dua Fasa	76 - 85

	Gas-Cairan Non-Newtonian pada Horizontal Square Microchannel <i>M.Rian Alif Madani, Haslinda Kusumaningsih, Deendarlianto</i>	
KE.013	Pengaruh Kecepatan Udara dan Bahan Bakar terhadap Kestabilan Api Difusi pada Coflow Burner <i>Mega Nur Sasongko, Andika Sukmana, Widya Wijayanti</i>	86 – 92
KE.014	Studi Literatur Pengoperasian Hemat Bahan Bakar untuk Rencana Pengelolaan Kapal Hemat Energi <i>Muhammad Arif Budiyanto, Ivan Dewanda Dawangi</i>	93 – 102
KE.015	Optimasi Kinerja Mesin Berbahan Bakar Liquefied Petroleum Gas <i>Nasrul Ilminnafik, Anang Rifai Setiyawan, Rahma Reisakura</i>	103 – 108
KE.016	Pemanfaatan Zeolit Bayah Sebagai Pemurni Biogas <i>Caturwati Ni Ketut, Sudrajat Agun, Permana Mekro</i>	109 – 112
KE.017	Distilasi Minyak atsiri Daun Nilam dengan Microwave- Assisted Steam Distillation: Optimasi dan Perbandingan dengan Metode Konvensional <i>Nurkholis Hamidi, Redi Bintarto, Ahmad Hafidz</i>	113 - 118
KE.018	Numerical Study on Biomass Fuel Electric Cooking Equipment <i>Ridwan Abdurrahman, Sunaryo, Hafidhudin Shiddiq, Abrar Ridwan</i>	119 – 124
KE.019	Pengaruh Penerapan Kontrol Pasif Aliran Pada Analisis Komputasi Hambatan Aerodinamika Model Kendaraan <i>Rustan Tarakka, Nasaruddin Salam, Jalaluddin, Muhammad Syafri H, Ikhwanul Khair, Ikhwal Kaisar M.A.T</i>	125 – 132
KE.020	Analisa Campuran hasil Pirolisis Minyak Plastik dengan Campuran Biosolar terhadap angka Cetana dan Flash Point <i>Wawan Trisnadi Putra, Fadelan, Kuntang Winangung, Abdul Cahya</i>	133 - 137
KE.021	Simulasi Numerik Perpindahan Panas Absorber Parabolic Trough Concentrator (PTC) dengan Variasi Liquid Media untuk Thermal Energy Storage <i>Widya Wijayanti, Fahim Abyan Makarim, Eko Siswanto, Musyaroh</i>	138 – 146
KE.022	Analisa Variasi Bentuk Kincir Paddle Wheel Photovoltaic Pada Kultivasi Mikroalga Terhadap Pemakaian Energi Listrik <i>Winfrontstein Naibaho, Welmar Olfan Basten Barat, Romson H Naibaho</i>	147 – 154
KE.023	Simulasi Molekuler Pemisahan Larutan Air – Methanol dengan Carbon Nanotubes Membrane <i>Winarto, Kenji Yasuoka</i>	155-159
KE.024	Analisa Efisiensi Penggunaan AC Split dan Air Handling Unit (AHU) dengan Perhitungan Beban Pendingin Metode CLTD pada Ruang Pengemasan Yoghurt Di PT. X <i>Supriyadi, Susanti Arianto, Sentot Novianto, Larasati RP</i>	160 - 164

PROSES MANUFAKTUR

KODE	JUDUL	HALAMAN
PM.001	Rancang Bangun Mobile Robot Disinfektan Menggunakan Uvc (Ultraviolet C)	164 - 171
	<i>Andi Amijoyo Mochtar, Andi Muhammad Anshar, Nasruddin Azis, Lukman Kasim, Raynaldi S Kumar.</i>	
PM.002	Studi Pengaruh Perlakuan Alkali Dengan Naoh Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Kekuatan Tarik Serat Eceng Gondok (Eichornia Crassipes)	182 – 186
	<i>Mohammad Reza Hermawan, Dedi Lazuardi, Syahbardia, Aziz Munawar</i>	
PM.003	Penyelesaian PD Hypergeometry F(C, K, C; X) Atau F(K, C, C; X) Dengan K Sembarang	187 - 194
	<i>Djarot B. Darmadi</i>	
PM.004	Optimasi Parameter Pemesinan Ulir Ti-6Al-4V ELI Terhadap Jarak Pitch Dan Sudut Ulir Menggunakan Metode Taguchi	195 – 201
	<i>Gusri Akhyar Ibrahim, Arinal Hamni, Cici Septiani, Yanuar Burhanuddin</i>	
PM.005	Pengaruh Jumlah Las Titik Pada Struktur Berdinding Tipis Berpenampang Bulat Terhadap Kriteria Crashworthiness	202 – 207
	<i>Jos Istiyanto, Virsya Pramesti Salsabila</i>	
PM.006	Kekuatan Tarik Komposit Serat Daun Nanas (Agave Cantala) Bermatrik Epoxy Dengan Pengaruh Variasi Waktu Pemanasan Microwave Oven	208 – 216
	<i>Redi Bintarto, Moch. Syamsul Ma'arif, Francisca Gayuh Utami Dewi, Nurkholis Hamidi, Sugiarto, Rudianto Raharjo, Teguh Dwi Widodo</i>	
PM.007	Pengaruh Jumlah Lubang Pada Sudu Terhadap Performa Kincir Air Tambak Type Paddle Wheel	217 – 222
	<i>Ridwan, Rudi Irawan, Alvin Mubarak</i>	
PM.008	Penyederhanaan Rancangan Dalam Pembuatan Sepeda Listrik Sebagai Produk Lokal Untuk Mendukung Peningkatan Penggunaan Produk Dalam Negeri (P3DN)	223 – 230
	<i>Rolan Siregar, Husen Asbanu, Asyari Daryus, Yefri Chan, Didik Sugiyanto, Alvi Akhsan Maulana, Hafizh Guntur Jabbaruladli</i>	
PM.009	Pengujian Hasil Dies Dari Proses Cutting, Pierching, Dan Bending Dengan Specimen Benda Uji Ss400	231 – 242

	<i>W. Djoko Yudisworo, Junial Heri , Raja 'Amar Firdaus P.P</i>	
PM.010	Analisis Tegangan, Regangan, Faktor Keamanan Rangka Base pada Kursi Dokter Bedah: Perspektif Frame dan Perspektif Truss	243 – 247
	<i>Gatot Santoso , S. Sugiharto, Toto Supriyono, Mumammad Imam Ammarullah, Jamari, Athanasius P. Bayuseno, Abdul Mughni, Randy Media Rachayu, Aris Nur Ihsan</i>	
PM.011	Perancangan Prototipe BLDC Pada Perangkat Konversi Skuter Hybrid	248 – 252
	<i>M.H. Tullah, F. Zainuri, D.A. Sumarsono, I. Nuriskasari, R. Noval, Widiyatmoko, S. Prasetya, I. Susanto, B. Aprianto</i>	
PM.012	Perancangan Gating System Pada Fender Melalui Pengecoran Pasir (Sand Casting)	253 – 262
	<i>Azwar Hayat, Muhammad Syahid, Eko Julianto Perwira</i>	
PM.013	Analisis Pengaruh Proses Annealing Terhadap Sifat Mampu Mesin Baja St70 Pada Proses Pembubutan	263 – 271
	<i>Ahmad Yusran Aminy, Hasan, Ilyas Renreng, Hairul Arsyad, Azwar Hayat</i>	
PM.014	Analisis Total Productivity Maintenance (TPM) Mesin Screw Press PT. Sisirau dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)	272 - 276
	<i>M Sabri, Geubrina H S</i>	

REKAYASA MATERIAL

KODE	JUDUL	HALAMAN
RM.001	Kajian Tekno Ekonomi pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Melalui Analisa Termodinamika	277 - 282
	<i>Ahmad Syihan Auzani, Yogi Pramudito, Gerardo Janitra Puriadi Putra, Devin Adiriwanto, Muhammad Burhanuddin Fauz</i>	
RM.002	Analisis Pengaruh Penggunaan Insulasi Composite Fiberglass pada pipa penyulur panas bumi	283 – 290
	<i>Dedi Suryadi, Seftan Mardi</i>	
RM.003	Pelapisan Baja dengan Nanopartikel Titanium Oxyde Menggunakan Teknik Spinning	291 – 298
	<i>Dedi Lazuardi, Agus Sentana, Mohammad Reza Hermawan, Indra Prasetya</i>	
RM.004	Pengaruh Konsentrasi Elektrolit Asam Sitrat (C ₆ H ₈ O ₇) terhadap Laju Korosi Aluminium 2024 Hasil Proses Anodizing	299 – 303
	<i>Moch. Syamsul Ma'Ruf, Muh. Yusuf Febriyanto, Rudy Seonoko</i>	
RM.005	Pengaruh Inhibitor Korosi Molibdat dan Kromat Terhadap Laju Korosi Baja Struktur (Baja Karbon ASTM A36) dengan Media Air Proses di Pabrik Pengolahan Pertambangan Tembaga	311 – 312
	<i>Mohammad Ramadhani, Priyo Tri Iswanto, Viktor Malau</i>	
RM.006	Peningkatan Produksi Hidrogen Pada Elektrolisis Air Dengan Pengaruh Medan Magnet Dinamis	313 – 320
	<i>Purnami, Eko Siswanto, Roberto Elias Sommal Ambarita</i>	
RM.007	Karakteristik Sifat Mekanik Aluminium Tuang Hasil Remelting Velg Mobil Dengan Variasi Waktu Degassing	321 – 326
	<i>Rudi Amme, Muhammad Syahid, Azwar Hayat, Muhammad Fadillah Velayati</i>	
RM.008	Modifikasi Plunge Depth Pada Friction Spot Welding Al-HDPE Menggunakan Clamping Frame AISI 304	327 – 338
	<i>Rudianto Raharjo, Djarot B Darmadi, Teguh Dwi Widodo, Redi Bintarto, Arif Wahyudiono</i>	
RM.009	Analisis Kelangkaan Petikemas Akibat Pandemi COVID19	339 – 344
	<i>Sunaryo, Fahmi Aqwa</i>	
RM.010	Analisis Performa Sistem Pengereman Pada Mobil Hemat Energi Bono Kampar	345 – 349

	<i>Syafri, Nazaruddin, Kaspul Anuar, Denis M.HRP</i>	
RM.011	Investigation of Possible Causes of Failure of Economizer Tubes in Boiler	350 – 357
	<i>Wanda Dede Chardinal, Legisnal Hakim, Ahmad Kafrawi Nasution</i>	
RM.012	Pengaruh Volume, Arah Serat Dan Panjang Serat Nanas Terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Plastik Jenis High Density Poliethylene	358 – 362
	<i>Beny Saputra Hasan Basri, Tumpal Ojahan Rajagukguk, Yusup (Belum Edit)</i>	
RM.013	Analisis Serat Pelepah Batang Pisang Kepok Material Fiber Komposit Matriks Recycled Polypropylene Terhadap Sifat Mekanik	363 -372
	<i>Tumpal Ojahan Rajagukguk</i>	
RM.014	Analisis Total Productivity Maintenance (TPM) Mesin Screw Press PT. Sisirau dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)	373 – 379
	<i>M Sabri, Geubrina H S</i>	
RM.015	Kekuatan Bending dan Impact Material Komposit Selulosa Asetat-Epoxy Berbasis Perbedaan Fraksi Volume	380 – 384
	<i>Rahmat Doni Widodo, Tsalist Khairul Ibad</i>	
RM.016	Studi Analisis Kegagalan Dan Evaluasi Sisa Mur Water Wall Tube Pada Boiler Tipe Cfb Kapasitas 75 Ton Per Jam	370 - 378
	<i>Halomoan Parningotan T.S, Viktor Malau ,Priyo Tri Iswanto</i>	

DESAIN APLIKASI MEKANIK

KODE	JUDUL	HALAMAN
DAM.001	Drag Reduction pada Fluida Non-Newtonian dengan Penambahan Biopolimer	379 – 383
	<i>Yanuar, Gunawan, Kurniawan T. Waskito, Sri Poernomo Sari, Ario Gerald</i>	
DAM.002	Pengembangan Digital Measurement Software untuk Pengukuran Lebar Las Berbasis Image Processing	384 – 393
	<i>Ario Sunar Baskoro, Muhammad Fakhri Andika, Mohammad Azwar Amat, Eko Prasetyo</i>	
DAM.003	Rancang Bangun dan Analisa konstruksi Alat Dinotest untuk Kendaraan Listrik	394 – 401
	<i>D.A. Sumarsono, F. Zainuri, M.Hidayat Tullah, I. Nuriskasari, R. Subarkah, Widiyatmoko, S. Prasetya, I. Susanto, ;B.D. Aprianto</i>	
DAM.004	Kaji Eksperimental Pengaruh Beban dan Bentuk Pin terhadap Laju Keausan dan Koefisien Gesek pada Contact Pin-on-Dis	402 – 406
	<i>Dedi Rosa Putra Cupu, Yulian Zalianora</i>	
DAM.005	Studi Numerik Kinerja Pendinginan Cold storage Dengan Variasi Konfigurasi Baffle Dan Pengaturan Gap/Stacking Palet Produk	407 – 417
	<i>Dhimas Thufeil Ghifari, Fauzun</i>	
DAM.006	Desain dan Pembuatan Model Protesis Bawah Lutut dengan Adjustable Shank Berbasis Ulir	418 – 425
	<i>Donny Suryawan, M N Ramadhan, Santo A Dhewanto, Purtojo</i>	
DAM.007	Aplikasi Modul Amplifier AD620 dalam Kalibrasi Termokopel Tipe K	426 – 430
	<i>Engkos Koswara, Hery Sonawan, Toto Supriyono</i>	
DAM.008	Optimasi Desain Struktur Kapal Dengan Mempertimbangkan Pemilihan Material via Upgrade & Downgrade Method	431 – 439
	<i>Gerry Liston Putra, Iko Septiyahardi, Achmad Riadi, Muhammad Arif Budiyanto</i>	
DAM.009	Perancangan Alat Uji Viskositas Sistem Bola Jatuh untuk Mendukung Pelaksanaan Praktikum Fenemona Dasar Mesin	440 – 445
	<i>Jorfri B Sinaga, M. Dyan Susila, Joel Aritonang, Nuril Fatah</i>	

DAM.010	Rancang Bangun Parasut Landing Untuk Pesawat Tanpa Awak (UAV) Serindit V-2	446 – 453
	<i>Kaspul Anuar, Musthafa Akbar, Warman Fatra, Syafri Syafri, Nazruddin Nazaruddin, Annisa Wulan Sari, Sigit Sofa Pamuncak</i>	
DAM.011	Rancang Bangun Alat Penjernih Air Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Dengan Tenaga Surya	469 – 473
	<i>Muhammad Ivanto, Gita Suryani Lubis, Muhammad Taufiqurrahman</i>	
DAM.012	Preliminary Design and Manufacturing of Customized Forearm Splint Brace for First Aid	474 – 479
	<i>Paryana Puspaputra, Finny Pratama Putera, Anggita Adzan Dzuhri</i>	
DAM.013	Rancangan Parking Brake System Bis Listrik Konversi UI berbasis Air Over Hydraulic (AOH) Service Brake	480 – 484
	<i>Danardono Agussumarsono, Hany Heryana, Mohammad Dhitya, Nazaruddin, Rolan Siregar</i>	

Desain dan Pembuatan Model Protesis Bawah Lutut dengan Adjustable Shank Berbasis Ulir

DONNY SURYAWAN, M N RAMADHAN, SANTO A DHEWANTO, PURTOJO,

ABSTRACT

The number of persons with disabilities in Indonesia continues to increase every year. In 2015, more than 8.5% of the Indonesian population became people with disabilities. It increases 2.45% from 2012. Below-knee amputation is one of the contributors to disability in Indonesia. The use of a below-knee prosthesis is one of the solutions to overcome that. However, the development of below-knee prostheses in Indonesia is limited. The variation in size and height of people with disabilities causes the below knee prosthesis to be unable to be mass-produced. So, it is necessary to develop a prosthesis that can accommodate the anthropometric range of the Indonesian body. One of the efforts to overcome this is the development of a below-knee prosthesis with a thread-based adjustable shank. The design results showed that the below-knee prosthesis shank was able to be adjusted in multiples of 1.5 mm. In addition, the simulation results show that the designed prosthesis can withstand a load of 2000N.

Keywords: Protesis, Amputasi, Disabilitas

PENDAHULUAN

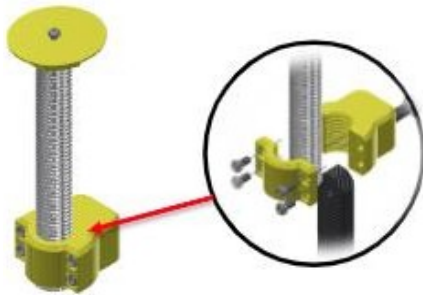
Lebih dari 8,5% penduduk Indonesia mengalami disabilitas pada tahun 2015 (Ismandari, 2019). Jumlah tersebut meningkat sekitar 2,45% dari tahun 2012 (Badan Pusat Statistik, 2015). Hal tersebut menunjukkan adanya kenaikan jumlah penyandang disabilitas tiap tahunnya. Disabilitas anggota gerak tubuh bagian bawah merupakan salah satu disabilitas yang banyak terjadi pada masyarakat. Amputasi bawah lutut adalah satu operasi medis yang paling banyak menyebabkan disabilitas anggota gerak bagian bawah (Vitriana, 2002). Amputasi pada anggota gerak bagian bawah akan menyebabkan seseorang mengalami keterbatasan. Salah satunya adalah berjalan. Sehingga untuk mengatasi keterbatasan tersebut diperlukan alat bantu berupa kursi roda, alat bantu berjalan ataupun pemasangan protesis pada bagian yang mengalami amputasi. Pemasangan protesis bawah lutut menjadi salah satu upaya yang paling populer untuk membantu penyandang disabilitas akibat amputasi bawah lutut.

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan protesis bawah lutut antara lain perbandingan *mechanical properties* pada telapak kaki

protesis dari produk lokal dan import (Khafidh, et al., 2021). Penelitian tersebut berfokus pada perbandingan karakteristik mekanis pada produk telapak kaki protesis produk lokal dan impor. Selanjutnya adalah pengembangan bahan telapak kaki protesis menggunakan karet alam dan EVA (Kistriyani, Khafidh, Suryawan, & Ismail, 2021). Fokus utama dari penelitian tersebut adalah mencari komposisi untuk mendapatkan karakteristik fisik terbaik menggunakan bahan utama karet alam dan EVA. Ada juga penelitian terkait studi perbandingan tentang standar untuk protesis kaki (Suryawan, Khafidh, Kistriyani, & Ismail, 2021). Penelitian tersebut berfokus untuk mengkaji standar-standar yang berkaitan dengan prosetesis bawah lutut.

Inovasi dan pengembangan protesis bawah lutut juga dilakukan pada bagian shank untuk dapat diatur variasi ukurannya (Suryawan, Ridlwan, & Setiadi, 2019). Pengaturan variasi ukuran tersebut dilakukan dengan menggeser posisi shank terhadap pengunci seperti pada Gambar 1. Shank tersebut terdiri dari geratan geratan *pitch* dengan jarak 3,5 mm. Protesis tersebut mampu mengakomodasi penyandang disabilitas yang memiliki rentang tinggi badan 150-180 cm dengan kenaikan perubahan dimensi sebesar 3,5 mm. Hanya saja penelitian

tersebut masih bersifat model dan simulasi. Selain itu, kenaikan perubahan ukuran tiap 3,5 mm masih terlalu Panjang.



Gambar 1. Adjustable Shank (Suryawan, Ridlwan, & Setiadi, 2019)

Penelitian lain yang terkait dengan pengembangan prosthesis bawah lutut adalah pengembangan *socket* prosthesis. Sebagai contoh adalah pengembangan socket prosthesis bawah lutut dengan variasi material berbasis komposit (Masykur & Suryawan, 2021). Penelitian tersebut berfokus pada pengembangan desain dan simulasi socket prosthesis yang mampu mengakomodasi lingkaran betis sesuai antropometri orang Indonesia. Penelitian lainnya yang berkaitan dengan socket prosthesis antara lain adalah pengembangan socket yang terdapat pengatur lingkaran socket, sehingga socket dapat digunakan untuk orang-orang dengan rentang lingkaran stump tertentu (United States Patent No. 45, 2002), Serta pengembangan desain socket yang disesuaikan dengan sisa amputasi pada penggunaannya menggunakan dan kemudian diolah menjadi data digital (Junianto & Kuswanto, 2018).

Selain penelitian, prosthesis bawah lutut memang banyak diperjualbelikan di Indonesia secara bebas. Hanya saja, kebanyakan prosthesis yang dijual tidak menampilkan spesifikasi yang memadai. Selain itu, proses pembuatan prosthesis bawah lutut juga dilakukan secara *custom* berdasarkan pesanan. Ukuran prosthesis akan disesuaikan dengan calon pengguna. Tentunya proses tersebut menjadi tidak efisien. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian untuk merancang agar prosthesis bawah lutut mampu mengakomodasi rentang ukuran antropometri orang Indonesia. Sehingga prosthesis dapat diproduksi secara masal.

METODOLOGI PENELITIAN

Kriteria Rancangan

Kriteria yang digunakan dalam perancangan dapat dilihat pada tabel 1. Kriteria tersebut mengacu dari beberapa penelitian sebelumnya.

Tabel 1. Kriteria desain

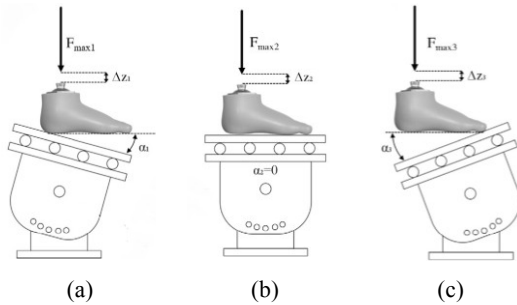
Kriteria	Deskripsi
Kuat	Dapat dapat menahan beban minimal 1,5 kali dari beban pengguna.
Ringan	Memiliki berat tidak jauh dari berat kaki sesungguhnya, yaitu sebesar 4.5 – 5.5 % total berat tubuh (Tözeren, 1999)
Perubahan Adjustable	Perubahan panjang yang dapat dilakukan sebesar 10 cm yang disesuaikan dengan rata-rata panjang tulang bawah lutut (Tibia) manusia (Hrdlicka, 1898)

Parameter Simulasi

Fokus dari penelitian yang telah dilakukan adalah pengembangan *shank* yang dapat diatur dimensinya. Oleh karena itu beberapa komponen lain dibuat sedemikian rupa dengan material yang disesuaikan untuk mendukung simulasi desain. Pengujian desain prosthesis bawah lutut yang bisa *adjustable* dalam penelitian dilakukan dengan simulasi berbasis metode elemen hingga. Pengujian tersebut terbagi 3 buah kondisi yaitu pada posisi *Heel loading*, *Midfoot loading*, *Forefoot loading* (Taboga & Grabowski, 2017).

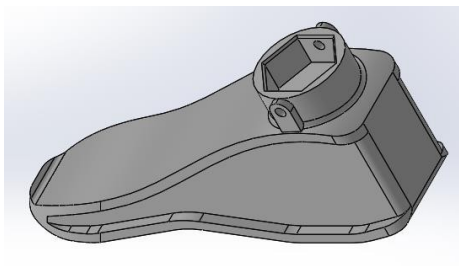
Pengujian *Heel loading* merupakan pengujian prosthesis saat kondisi kaki yang hanya bertumpu pada tumit dan membentuk sudut 15°. Pengujian *Midfoot loading* adalah pengujian prosthesis yang mewakili kondisi normal tubuh saat berdiri. Sehingga prosthesis menerima beban tubuh lurus kebawah dengan tumpuan berada pada telapak kaki. Sedangkan *Forefoot loading* adalah pengujian prosthesis dengan kondisi kaki yang hanya bertumpu pada ujung depan kaki dan membentuk sudut 20°. Ketiga konfigurasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan Beban yang diberikan untuk

simulasi adalah 2000 N. Selain itu diasumsikan bahwa 3 kondisi pengujian tersebut tumpuan dari pengujian tidak mengalami pergerakan ataupun pergeseran sama sekali.

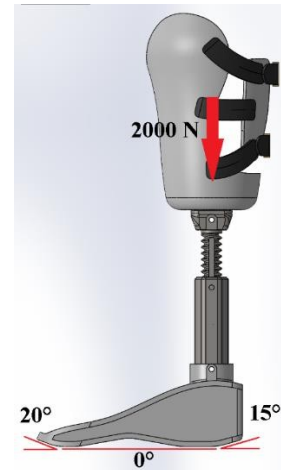


Gambar 2. Kondisi pengujian (a). Heel loading, (b). Midfoot loading, (c). Forefoot loading (Taboga & Grabowski, 2017)

Komponen SACH *foot* atau telapak kaki, dibuat sedemikian rupa untuk mempermudah proses simulasi. SACH *foot* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3. Desain *Sach Foot* dirancang sedemikian rupa dengan bagian depan memiliki sudut 20° yang sesuai dengan standar pengujian *Forefoot Loading*. Kemudian bagian belakang memiliki kemiringan dengan sudut sebesar 15° yang digunakan untuk pengujian *Heel loading*. *Sach foot* ini menggunakan material yang sama dengan material *Socket* yaitu komposit fiber. Sehingga parameter pemodelan berupa posisi fiksasi dan pembebanan dapat dilihat pada Gambar 4. Sedangkan material yang digunakan pada tiap komponen dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. SACH Foot

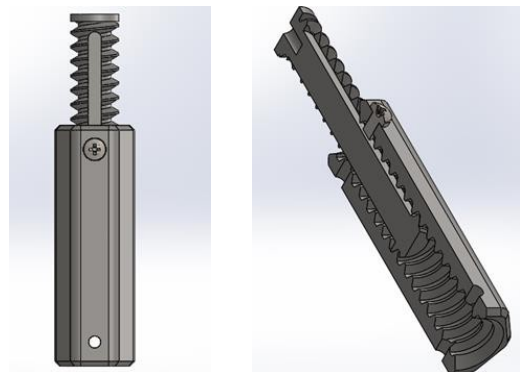


Gambar 4. Parameter pembebanan dan fiksasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

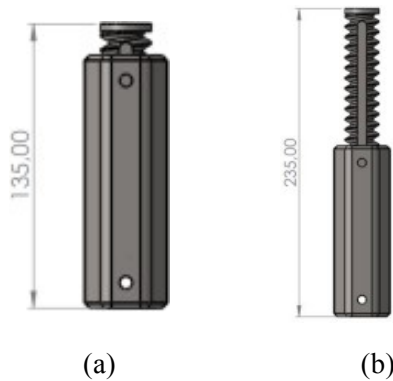
Hasil Desain

Perancangan difokuskan pada bagian *shank* yang dapat diatur dimensinya. Sistem kerja pengaturan dimensi pada *shank* dibuat menggunakan mekanisme ulir. Mekanisme tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. Untuk mengantisipasi terjadinya perubahan orientasi akibat ulir berputar, maka ditambahkan pengunci pada kedua sisi *shank* yang memiliki ulir dalam (*Female shank*). Pengunci tersebut berupa baut yang nantinya akan terkait dengan alur pada *shank* yang memiliki ulir luar (*Male shank*). Karena memiliki 2 lubang pengunci pada kedua sisi, maka prostesis dapat mengakomodasi perubahan setiap setengah putaran atau setiap 180° . Perubahan tersebut menyebabkan *shank* dapat berubah dimensi sebesar 1,5 mm karena jarak *pitch* pada *shank* memiliki jarak 3 mm.



Gambar 5. Mekanisme Shank

Mekanisme *shank* tersebut dapat mengakomodasi perubahan dimensi hingga 100 mm dengan perubahan terkecil 1,5 mm. Dimensi shank saat di posisi minimum dan maksimum dapat dilihat pada Gambar 6.



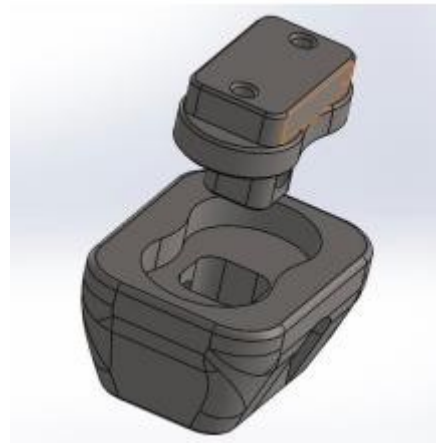
Gambar 6. Dimensi shank, (a). minimum, (b). maksimum

Sedangkan desain *socket* prosthesis dapat dilihat pada Gambar 7. Socket tersebut memiliki system pengunci Agar dapat mengakomodasi ukuran dan bentuk sisa amputasi. *Socket* tersebut dimodelkan menggunakan material komposit serat kaca.



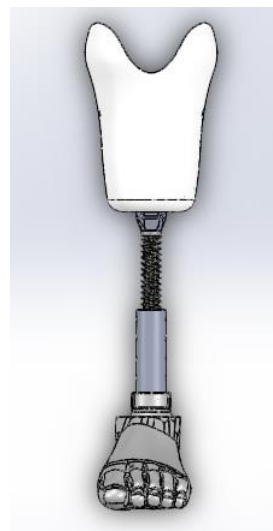
Gambar 7. Socket Prosthesis

Sebagai penghubung antara socket dan shank maka diperlukan sebuah konektor. Konektor tersebut dapat dilihat pada Gambar 8. konektor tersebut terdiri dari 2 bagian yaitu bagian yang terhubung dengan *socket* dan bagian yang terhubung dengan *shank*. Kemudian, kedua bagian konektor tersebut disatukan dengan menggunakan mekanisme baut yang dimasukkan melewati lubang yang ada di bagian samping.



Gambar 8. Desain konektor

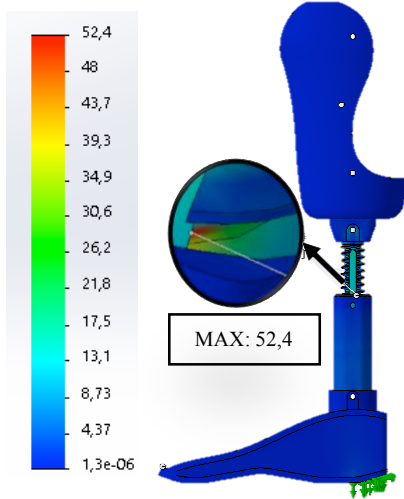
Hasil desain prosthesis bawah lutut secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Desain prosthesis bawah lutut

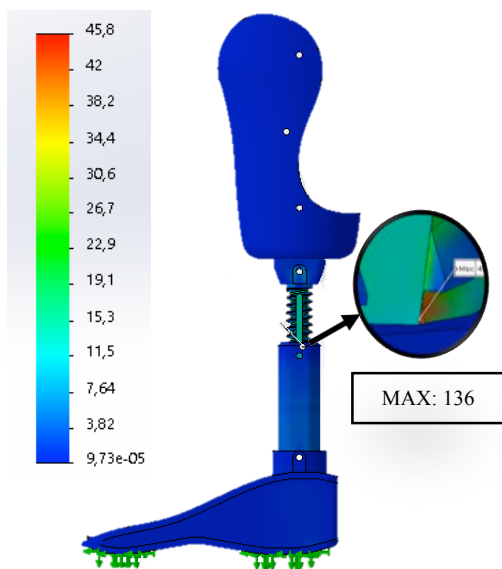
Hasil Simulasi

Hasil simulasi pada kondisi Heel loading menunjukkan bahwa prosthesis mampu menerima beban yang diberikan. Hal tersebut terlihat pada gambar Gambar 10. Nilai Tegangan maksimum yang terjadi adalah 52,4 MPa. Tegangan maksimum tersebut terletak pada bagian shank prosthesis di bagian male shank.



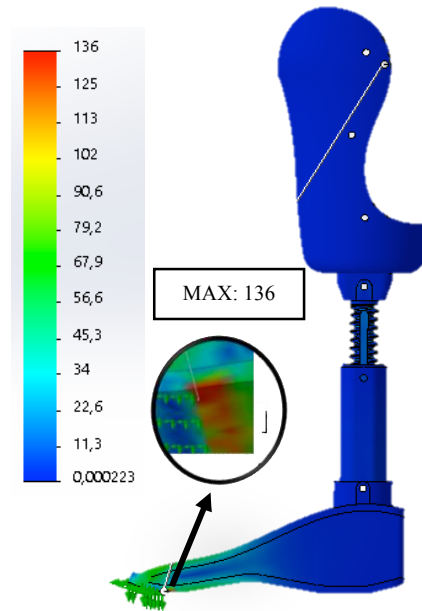
Gambar 10. Distribusi Tegangan pada Kondisi Heel Loading

Hasil simulasi *Midfoot loading* menunjukkan bahwa lokasi tegangan maksimum pada pengujian *Midfoot loading* tidak jauh berbeda dengan hasil simulasi pengujian heel loading. Tegangan maksimum tersebut terletak pada bagian shank prostesis di bagian *male shank* yang mengalami kontak dengan *female shank*. Tegangan maksimum pada kondisi tersebut menunjukkan angka sebesar 45,8 MPa. Distribusi tegangannya dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Distribusi Tegangan pada kondisi Midfoot loading

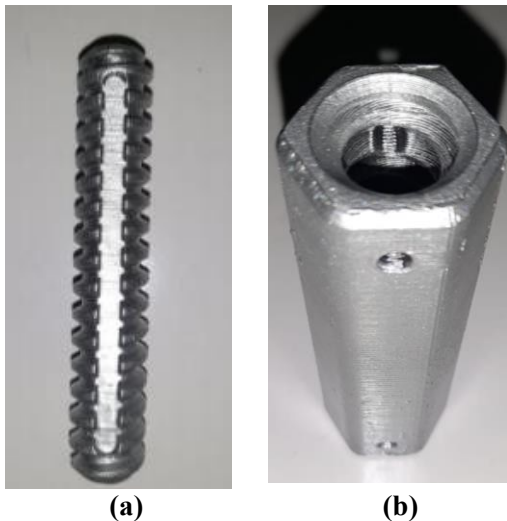
Sedangkan hasil simulasi pada kondisi *Forefoot loading* menunjukkan hasil bahwa lokasi Tegangan maksimum berada pada ujung *SACH foot*. Tegangan maksimum yang di dapat dalam pengujian ini sebesar 136 Mpa. Distribusi tegangan pada kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Distribusi Tegangan pada Kondisi forefoot loading

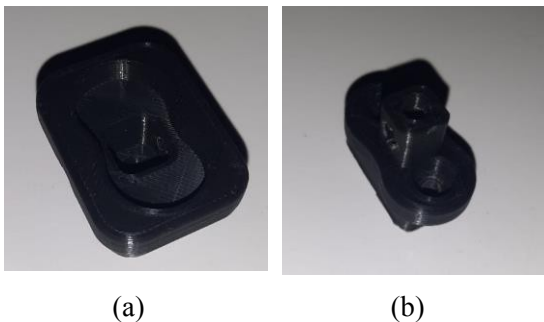
Hasil Pembuatan Model

Pembuatan model dilakukan untuk menunjukan visualisasi bentuk dan fungsional dari desain yang telah dibuat sebelum dibuat menjadi prototipe. Model dibuat menggunakan proses *3D printing* berbasis FDM. Hasil pembuatan model shank dapat dilihat pada Gambar 13. Sistem ulir pada *shank* dapat bekerja dengan baik sekaligus proses pengaturan dimensi dapat dilakukan dengan mudah. Hal tersebut dapat menjadi tolak ukur bahwa *shank* berfungsi dengan baik sesuai dengan rancangan.



Gambar 13. Model Shank, (a). male, (b). female

Pembuatan model konektor dapat dilihat pada Gambar 14. Konektor juga menunjukkan fungsinya dengan baik dengan hasil mampu menghubungkan bagian socket dengan shank. Keseluruhan hasil pembuatan model dari prosthesis bawah lutut dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 14. Model konektor, (a) sambungan ke shank, (b). sambungan ke socket



Gambar 15. Model prosthesis bawah lutut

PEMBAHASAN

Hasil perancangan menunjukkan bahwa prosthesis bawah lutut yang dirancang mampu mengakomodasi perubahan rentang tinggi hingga 100 mm dengan step perubahan sebesar 1,5 mm. Hal tersebut sudah lebih baik dibanding penelitian sebelumnya yang menggunakan metode pengunci geratan yang memiliki step perubahan sebesar 3,5 mm (Suryawan, Ridlwan, & Setiadi, 2019). Selain itu, prosthesis bawah lutut yang telah dirancang juga memiliki beberapa kelebihan dibandingkan prosthesis bawah lutut yang telah ada di pasaran. Sebagai contoh, prosthesis bawah lutut yang ada di pasaran tidak mampu mengakomodasi perubahan dimensi tinggi dari pengguna. Sehingga, ketika prosthesis dipakai oleh pengguna yang masih dalam masa pertumbuhan, pengguna perlu secara rutin untuk mengganti komponen prosthesis agar sesuai dengan perubahannya. Hal tersebut bertambah rumit ketika pengguna perlu beberapa proses dan waktu untuk memesan dan mendapatkan prosthesisnya. Dengan adanya prosthesis yang dapat diatur ketinggiannya, pengguna prosthesis tidak perlu risau saat masih dalam masa pertumbuhan, karena dimensi prosthesis dapat di atur dan disesuaikan dengan kebutuhan.

Dampak lain dengan adanya prosthesis yang dapat diatur dimensinya adalah proses produksi prosthesis dapat dilakukan secara massal tanpa perlu menunggu order dan melakukan kustomisasi sesuai pesanan. Tentunya hal tersebut membuat proses bisnis lebih efisien. Calon pengguna juga tidak perlu menunggu pemesanan untuk bisa menggunakan prosthesis bawah lutut.

Beberapa kekurangan dari prosthesis bawah lutut yang telah dirancang adalah prosthesis masih pada tahap desain dan pembuatan model. Meskipun hasil simulasi telah menunjukkan bahwa prosthesis mampu menahan beban hingga 2000 N, prosthesis perlu divalidasi dengan pengujian prototipe. Selain itu, masih terdapat peluang pengembangan agar prosthesis mampu mencapai step perubahan yang lebih kecil. Sehingga pengaturan dimensi menjadi lebih akurat sesuai kebutuhan pengguna.

KESIMPULAN

Hasil desain dan pembuatan model menunjukkan bahwa protesis mampu mengakomodasi perubahan tinggi hingga 100 mm dengan resolusi perubahan hingga 1,5 mm. Selain itu, hasil simulasi menunjukkan bahwa protesis masih aman saat digunakan untuk menahan beban 2000 N pada skenario pembebanan *Heel loading*, *Midfoot loading*, dan *Forefoot loading*.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2015). *Profil Penduduk Indonesia Hasil SUPAS 2015*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Hrdlicka, A. (1898). Study of the Normal Tibia. *American Anthropologist*, 307-312.
- Ismandari, F. (2019). *Situasi Disabilitas Indonesia: Pusat Data dan Informasi Kementerian*.
- Junianto, A. D.;& Kuswanto, D. (2018). Desain kaki palsu untuk membantu aktivitas berjalan pada tuna daksa transtibial dengan menggunakan rapid prototyping dan reverse engineering. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 15-18.
- Khafidh, M.;Marwa, P. A.;Alfajr, B.;Suryawan, D.;Kistriyani, L.;& Ismail, R. (2021). The mechanical properties of rubber material in prosthetic feet: comparison between local and imported products. *International Conference on Design, Energy, Material and Manufacture (ICDEMM2021)*. 2568. Riau: AIP Conference Proceedings.
- Kistriyani, L.;Khafidh, M.;Suryawan, D.;& Ismail, R. (2021). Physical Characteristic of Polymer Formulations for Prosthetic Foot Materials: Comparison of Natural Rubber and Ethylene Vinyl Acetate. *Proceeding of The 2nd International Conference on Engineering Science and Technology (ICEST 2021)*. Yogyakarta: AIP Conference Proceedings.
- Masykur, L. A.;& Suryawan, D. (2021). DESAIN DAN SIMULASI SOCKET PROSTESIS BAWAH LUTUT DENGAN VARIASI MATERIAL BERBASIS KOMPOSIT. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 153-160.
- Staros, A. (1957). The SACH (Solid-Ankle Cushion-Heel) Foot . *Orthopedic & Prosthetic Appliance Journal*, 23-31.
- Suryawan, D.;Khafidh, M.;Kistriyani, L.;& Ismail, R. (2021). A systematic review and comparison of international standards for prosthetic feet. *International Conference on Design, Energy, Materials and Manufacture (ICDEMM2021)*. 2568. Riau: AIP Conference Proceedings.
- Suryawan, D.;Ridlwani, M.;& Setiadi, A. (2019). Inovasi desain dan simulasi model protesis bawah lutut berdasarkan antropometri orang indonesia. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 30-36. doi:https://doi.org/10.36289/jtmi.v14i1.112
- Taboga, P.;& Grabowski, M. A. (2017). Axial and torsional stiffness of pediatric prosthetic feet. *Clinical Biomechanics*, 47-54.
- Tözeren, A. (1999). *Human Body Dynamics*:. New York: Springer.
- Vitriana. (2002). *Rehabilitasi Pasien Amputasi Bawah Lutut Dengan Menggunakan Immediate Post Operative Prosthetic*. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Wright, A. B.;Tucson, A.;& Peters, E. J. (2002). *United States Patentinro 45*.

PENULIS:

Donny Suryawan

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Email: donny.suryawan@uii.ac.id

Muhammad Nurriszka Ramadhan

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Santo Ajie Dhewanto

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas
Teknologi Industri, Universitas Islam
Indonesia, Yogyakarta.

Purtojo

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas
Teknologi Industri, Universitas Islam
Indonesia, Yogyakarta.