Isian Substansi Proposal

SKEMA PENELITIAN DASAR (PENELITIAN DASAR FUNDAMENTAL DAN PENELITIAN KERJA SAMA ANTAR PERGURUAN TINGGI)

Pengusul hanya diperkenankan mengisi di tempat yang telah disediakan sesuai dengan petunjuk pengisian dan tidak diperkenankan melakukan modifikasi template atau penghapusan di setiap bagian.

A. JUDUL

Tuliskan judul usulan penelitian maksimal 20 kata

Desain dan Implementasi Tangan Prostetik Kustom dengan Sistem Kontrol Berbasis Machine Learning

B. RINGKASAN

Isian ringkasan penelitian tidak lebih dari 300 kata yang berisi urgensi, tujuan, metode, dan luaran yang ditargetkan

Penyandang disabilitas tertinggi di Indonesia merupakan penduduk dewasa usia produktif dengan rentang 18-59 tahun. Penyandang disabilitas secara keseluruhan sekitar 22,5 juta atau 5% jumlah penduduk Indonesia dengan penyandang tuna daksa sebanyak 1,8 juta [1]. Salah satu jenis disabilitas yang umum terjadi yaitu amputasi, contohnya pada bagian bawah siku (transradial). Amputasi menimbulkan berbagai tantangan fisik, psikologis, sosial, dan ekonomi. Individu yang mengalaminya berisiko mengalami depresi, kecemasan, kehilangan kepercayaan diri, serta kecenderungan menarik diri dari lingkungan akibat stigma sosial [2]. Dari seluruh penyandang disabilitas fisik, hanya sekitar 17% yang bekerja, sementara sebagian besar lainnya berada dalam kondisi ekonomi rentan [3]. Untuk mengatasi hal tersebut, tangan prostetik yang ergonomis dan fungsional menjadi solusi utama dalam meningkatkan kualitas hidup, memulihkan sebagian fungsi tangan, mengurangi dampak psikososial, dan membuka peluang kerja lebih luas [1]. Penelitian sebelumnya juga mengembangkan material silikon menyerupai warna kulit manusia guna meningkatkan estetika dan penerimaan sosial perangkat prostetik [4]. Dalam penelitian ini, prototipe tangan prostetik dikembangkan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor MyoWare untuk mendeteksi aktivitas otot, dan servo sebagai aktuator yang menggerakkan jari sesuai dengan kebutuhan pengguna. Prostetik ini dibuat khusus untuk seorang pria Indonesia berusia 35-39 tahun, dengan kondisi salah satu tangannya telah teramputasi transradial. Hasil desain produk ini akan dicetak secara 3 dimensi kemudian diselimuti selongsong silikon agar menyerupai tangan aslinya.

Tangan prostetik ini dirancang untuk meningkatkan kenyamanan dan fungsionalitas pengguna dalam kehidupan sehari-hari, terutama untuk tugas-tugas seperti memegang dan menggenggam objek, termasuk pena, botol air, dan benda lainnya. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem kontrol untuk jari prostetik dengan menerapkan machine learning guna mengendalikan pergerakan system. Luaran dari penelitian ini adalah paper jurnal Scopus dan prototipe produk yang akan diberikan ke pasien.

C. KATA KUNCI

Isian 5 kata kunci yang dipisahkan dengan tanda titik koma (;)

Amputasi Transradial; Machine Learning; Pencetakan 3D; Selongsong Silikon; Tangan Prostetik

D. PENDAHULUAN

Pendahuluan penelitian tidak lebih dari 1000 kata yang memuat, latar belakang, rumusan permasalahan yang akan diteliti, pendekatan pemecahan masalah, state-of-the-art dan kebaruan, peta jalan (road map) penelitian setidaknya 5 tahun. Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan.

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan teknologi di bidang prostetik (alat bantu) telah mengalami kemajuan pesat, terutama dalam pengembangan tangan buatan. Alat ini bertujuan untuk menggantikan fungsi tangan yang hilang akibat amputasi, kecelakaan, atau cacat bawaan, sehingga pengguna dapat melakukan berbagai aktivitas sehari-hari dengan lebih mandiri dan efisien. Melalui penggunaan alat bantu ini, diharapkan mampu memberikan dampak positif, baik dari segi sosial maupun ekonomi, salah satunya meningkatkan peluang kerja bagi penyandang disabilitas. Adapun data yang bersumber dari WHO memperkirakan bahwa individu dengan disabilitas fisik yang membutuhkan prostetik atau alat ortotik mewakili 0,5% dari populasi negara berkembang. Dengan populasi gabungan Asia, Afrika, Amerika Latin, dan Karibia menjadi sekitar 6,3 miliar. Saat ini diperkirakan terdapat 31 juta individu di negara-negara berkembang yang sangat membutuhkan penggunaan alat bantu tersebut. Selain itu, perang baru-baru ini di beberapa bagian dunia telah mengakibatkan 1 juta orang terluka dan sekitar 8% dari mereka membutuhkan prostetik atau orthosis. Ini setara dengan sekitar 80.000 orang tambahan yang membutuhkan perangkat tersebut untuk membantu mereka dalam aktivitas sehari-hari mereka [5].

Berdasarkan hal tersebut, penelitian terkait prostetik terus dikembangkan, khususnya untuk tangan buatan. Meskipun teknologi telah berkembang, pembuatan tangan prostetik yang optimal masih menghadapi berbagai tantangan, misalnya dalam aspek kenyamanan, kemampuan kontrol, dan biaya produksi. Salah satu tantangan utama dalam pengembangan tangan prostetik adalah bagaimana membuat perangkat yang efektif secara fungsional, nyaman digunakan dalam jangka waktu lama, mampu meniru gerakan alami tangan manusia, namun dengan biaya produksi yang ekonomis. Biaya prostetik tungkai atas yang sedang dikembangkan untuk negara-negara industri tergolong tinggi menurut standar global. Harga prostetik bertenaga tubuh berkisar dari $4.000 hingga $50.000, sedangkan harga prostetik bertenaga eksternal berkisar antara $25.000 hingga $50.000 [6].

Dalam upaya mengatasi tantangan ini, teknologi manufaktur seperti pencetakan tiga dimensi (3D) semakin banyak digunakan dalam bidang manufaktur elektronik dan teknik biomedis. Beberapa contohnya yaitu pembuatan peralatan implan gigi, rekayasa jaringan dan organ, perangkat medis prostetik, serta model anatomi. Keunggulan pencetakan 3D yang memungkinkan proses pemodelan yang fleksibel, fabrikasi yang cepat, dan hemat biaya produksi menjadikannya alternatif yang tepat untuk pembuatan alat prostetik [7,8]. Pada Tabel 1 di bawah ini, terdapat beberapa model tangan prostetik yang berhasil diproduksi menggunakan pencetakan 3D:

Tabel 1. Tangan prostetik hasil pencetakan 3D [5]

Robot Hand's Name, Company, Organization or Designer	Prosthetic Hand Design	Actuation Type	Human Hand-like Shape?	Patient-Specific Size?
Cyborg Beast, Univ. of Nebraska Omaha, Dept. of Biomechanics		Body-Powered	No	No
Raptor Hand, e-Nable community		Body-Powered	No	No
FlexyHand, Gyrobot, LLC, Swindon, UK		Body-Powered	Yes	No
K1 Hand, Evan Keuster, 3D Systems, SC, USA		Body-Powered	No	No
Robohand, Richard Van As		Body-Powered	No	No
Handiii Coyote, exiii, Inc., Tokyo, Japan		Myoelectric	Yes	No
Ada Hand, Open Bionics, LLC, Bristol, UK		Mechatronic	Yes	No

Terdapat 2 jenis tangan prostetik yaitu aktif dan pasif, dimana tangan prostetik pasif hanya digunakan sebagai aksesoris saja, tidak memiliki mekanisme bergerak. Sebaliknya, tangan prostetik aktif dapat dikendalikan oleh pengguna, baik melalui sistem mekanis atau motor listrik. Tangan prostetik pasif hanya menekankan pada aspek estetika bukan pada aspek fungsionalitas [1].

Pada penelitian ini, akan dikaji lebih jauh terkait pengembangan dan penerapan teknologi tangan prostetik yang lebih canggih, terjangkau, dan fungsional, sehingga mampu meningkatkan kualitas hidup penggunanya. Kemajuan dalam bidang robotika [9], kecerdasan buatan (AI) [10], dan material biomimetic [11] membuka peluang baru untuk menciptakan prostetik yang lebih responsif dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna. Penelitian terbaru juga menyoroti pentingnya desain ergonomis, serta penggunaan sensorik canggih yang dapat memberikan umpan balik sensorik [12]. Dengan adanya sensory feedback, pengguna dapat merasakan tekanan atau posisi tangan prostetik. Tangan prostetik modern telah dirancang untuk mendekati anggota tubuh alami, baik dalam hal bentuk maupun fungsi. Tangan prostetik dapat dikendalikan dengan beberapa metode. Secara umum pengendaliannya dapat menggunakan joystick, remote control, maupun sinyal dari kontraksi otot dan sinyal otak [13]. Pengendalian akan lebih efektif apabila tangan prostetik dapat meniru pergerakan tangan manusia [14]. Riset ini berfokus pada pembuatan tangan prostetik aktif dengan tipe aktuasi mioelektrik dimana sinyal dari otot didekode secara lebih akurat dengan menggunakan metode pembelajaran mesin (machine learning).

Berdasarkan kondisi pada latar belakang diatas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

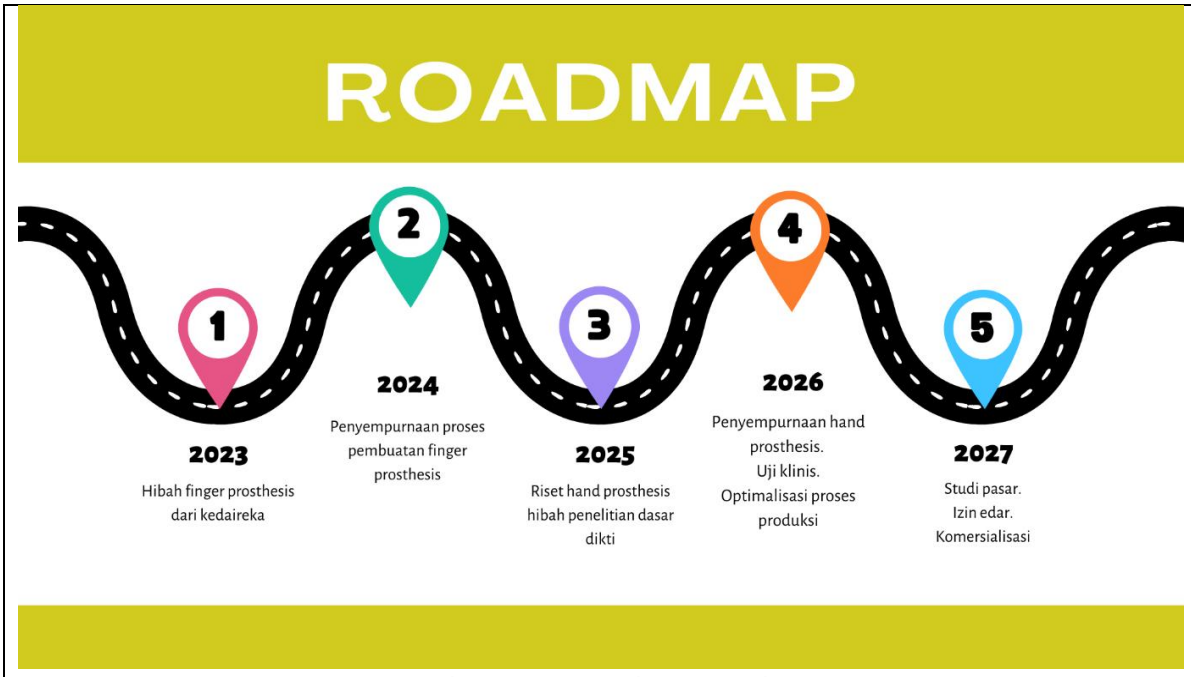
1. Bagaimana proses digitalisasi dapat diterapkan dalam proses perancangan dan pembuatan tangan prostetik?
2. Algoritma dan parameter apa yang paling optimal dalam mendekode sinyal dari otot secara akurat?
3. Bagaimana efektivitas penggunaan tangan prostetik dalam menunjang aktivitas pengguna, khususnya ketika gerakan menggenggam?

Prostetik jari tangan yang baik harus memberikan gaya tarik dinamis yang minimum ketika dioperasikan [15]. Untuk itu, diperlukan penelitian lebih lanjut melalui pengujian langsung pada tangan prostetik. Adapun beberapa pokok dari tujuan penelitian ini, sebagai berikut:

1. Menciptakan tangan prostetik yang tepat guna sesuai dengan kebutuhan pasien dengan mempertimbangkan aspek fungsional dengan mempertimbangkan proses pembuatan yang optimal, baik tradisional maupun menggunakan teknologi pencetakan 3D & scanning.
2. Melakukan evaluasi algoritma pembelajaran mesin untuk mendekode sinyal dari otot sehingga gerakan lebih intuitif.
3. Melakukan kajian penggunaan tangan prostetik dari pasien langsung.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan prostetik yang lebih efektif, terjangkau, dan mudah diakses oleh masyarakat, serta membuka peluang untuk mengatasi tantangan-tantangan yang ada saat ini dalam pembuatan tangan prostetik. Pada umumnya, tangan prostetik yang digunakan dalam penelitian sebelumnya, dibuat secara manual dan disesuaikan dengan kebutuhan pasien dan morfologi kondisi tangan tertentu. Metode tradisional ini biasanya memakan waktu yang lama dan padat karya [16]. Pengembangan pembuatan tangan prostetik diharapkan dapat membantu penyandang disabilitas untuk melakukan pekerjaan bahkan mendapatkan pekerjaan selayaknya orang normal.

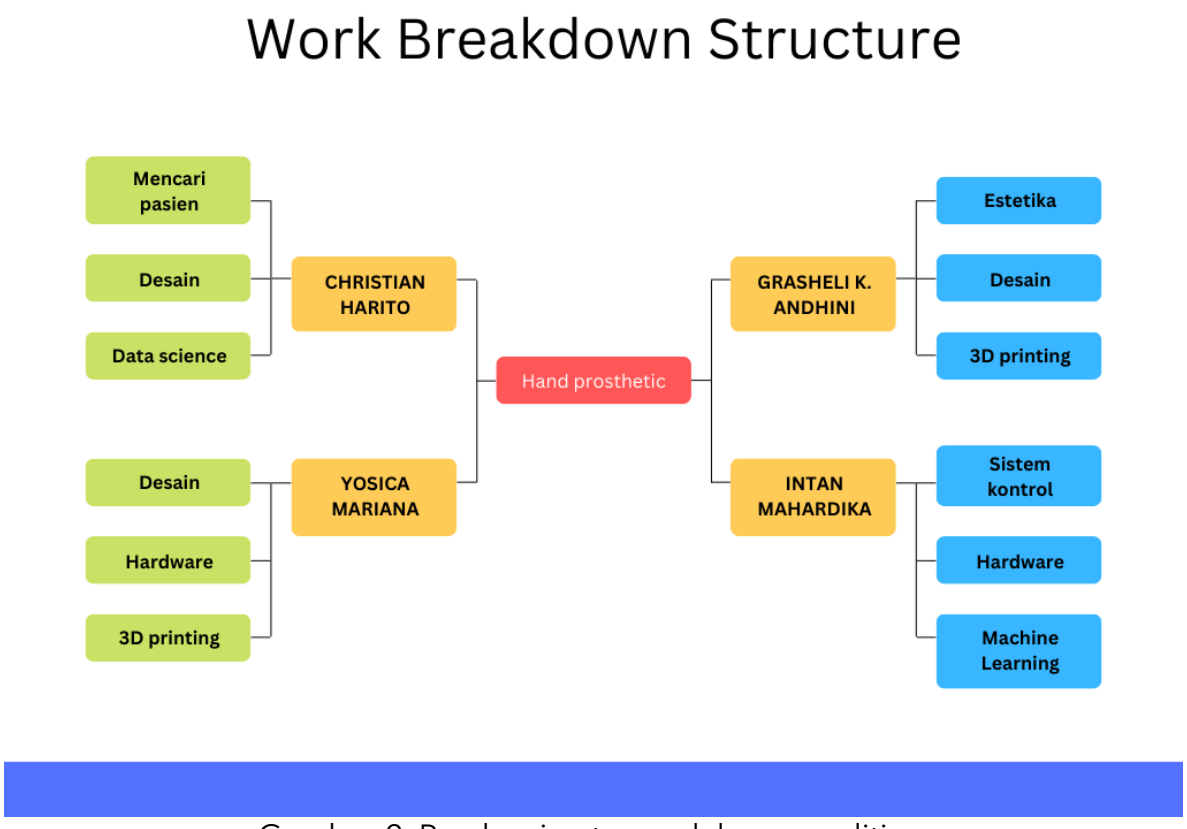
Peta jalan riset ini berawal dari tahun 2023 dimana ketua pengusul, Christian Harito, dan anggota pengusul, Grasheli Andhini, memperoleh hibah kedaireka dengan judul “Pengembangan Produk Inovasi Prostetik Sebagian Jari Menyesuaikan Warna Kulit Pasien dengan Metode 3D Printing”. Hibah ini menghasilkan produk finger prosthetic yang sudah digunakan oleh pasien di Kuningan, Bekasi, dan Sragen. Pada tahun 2024 penyempurnaan proses pembuatan finger prosthesis dilakukan dengan hibah internal Binus dan menghasilkan paper Scopus [4] dan [17]. Pada tahun 2025 ketua pengusul bekerja sama dengan BINUS ASO School of Engineering mengusulkan hibah penelitian dasar dikti untuk riset “Desain dan Implementasi Tangan Prostetik Kustom dengan Sistem Kontrol Berbasis Machine Learning” yang berfokus pada tangan prostetik. Tahun 2026 uji klinis dan optimalisasi proses produksi akan dilakukan. Akhirnya, tahun 2027 studi pasar dan komersialisasi menjadi tujuan utama serta pengajuan izin edar akan diurus, seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta jalan penelitian

E. METODE

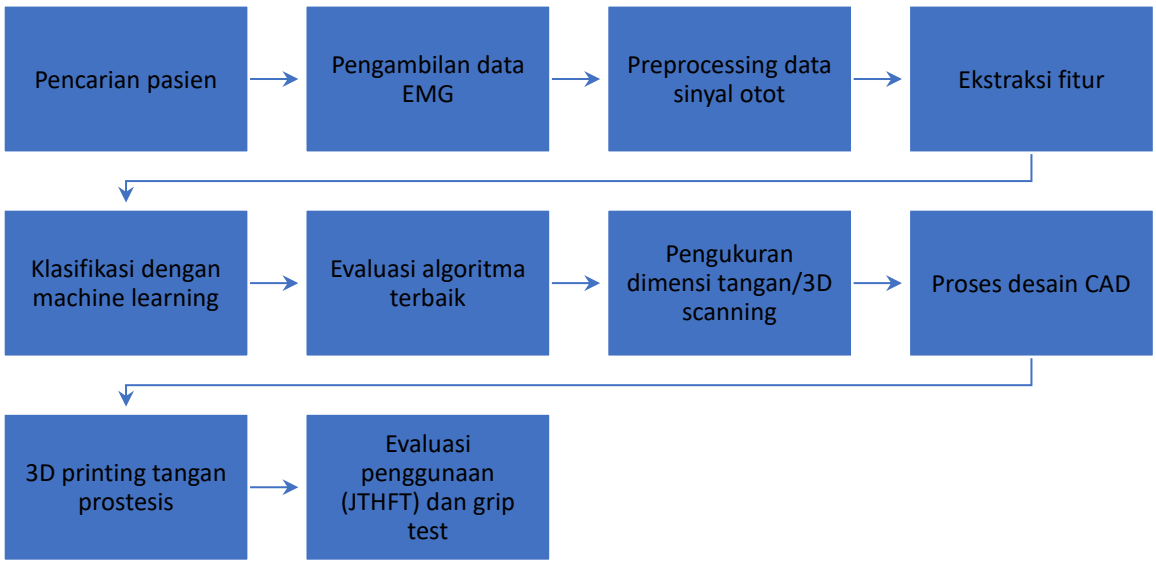
Isian metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan tidak lebih dari 1000 kata. Pada bagian metode wajib dilengkapi dengan diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG. Metode penelitian harus memuat sekurang-kurangnya prosedur penelitian, hasil yang diharapkan, indikator capaian yang ditargetkan, serta anggota tim/mitra yang bertanggung jawab pada setiap tahapan penelitian. Metode penelitian harus sejalan dengen Rencana Anggaran Biaya (RAB).



Gambar 2. Pembagian tugas dalam penelitian

Pembagian tugas dalam riset ini meliputi hardware, software, desain, dan interaksi pasien, seperti tampak pada Gambar 2. Ketua pengusul, Christian Harito,

bertanggung jawab untuk mencari pasien, melakukan pengukuran antropometri, 3D scanning, menggali voice of customer, serta evaluasi produk riset ini dibandingkan dengan metode tradisional bersama pasien. Klinik prostetik di Bekasi (Dare prosthetic) dan Sragen (Triple@ID) yang pernah bekerjasama dengan ketua ketika hibah kedaireka 2023 akan diperbantukan untuk mencari pasien dalam riset ini. Bu Yosica Mariana (BINUS ASO School of Engineering) dan Bu Grasheli (Fashion Design Department) merancang desain dengan estetika terbaik. Bu Yosica dan Bu Grasheli akan membuat prototipe dengan pencetakan 3D. Bu Intan (BINUS ASO School of Engineering) dan Bu Yosica akan bertanggung jawab untuk hardware, sistem kontrol dan machine learning dari tangan prostetik. Dalam riset ini akan melibatkan mahasiswa/i dari S2 teknik industri, fashion design, serta 2 program studi di Binus ASO School of Engineering yaitu Automotive and Robotic Engineering dan Product Design Engineering.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Metode penelitian untuk tangan prostetik bergantung pada tujuan penelitian, seperti tahap awal yaitu scan dan pengukuran data antropometri lalu pengembangan desain, pencetakan 3D, seperti tampak pada Gambar 3. Untuk membuat yang prostetik aktif, maka dilakukan pengambilan data sinyal otot, lalu sinyal diproses menggunakan machine learning. Evaluasi algoritma machine learning diperlukan untuk menguji tingkat akurasi prototipe ketika digunakan langsung pada naracoba. Berikut adalah beberapa tahapan metode penelitian yang digunakan:

Scan

Tahap awal dilakukan scan terhadap pasien dengan menggunakan pencetakan 3D pada tangan pasien sehingga desain tangan prostetik dapat dipetakan sesuai dengan hasil scan yang dilakukan. Pengukuran data antropometri juga diperlukan untuk memastikan kembali dimensi tangan pasien yang utuh sebagai referensi dimensi prototipe. Pencetakan 3D sendiri mencakup beberapa metode, seperti Fused Deposition Modeling (FDM), Stereolithography (SLA), Multi Jet Fusion (MJF), Selective Laser Sintering (SLS), dan sebagainya. Dalam hal ini peneliti menggunakan pencetakan FDM untuk membuat tangan prostetik. Pertama, tangan pasien yang utuh akan dipindai dari jari, telapak tangan, pergelangan

tangan, dan lengan bawah menggunakan Revopoint MINI 3D Scanner, di mana spesifikasinya cocok untuk pemindaian tubuh manusia. Objek tangan diharuskan tetap tidak bergerak selama waktu pemindaian [18]. Scanning dilakukan untuk menghasilkan integrasi yang sempurna antara tangan pasien yang utuh dengan tangan prostetik untuk tangan lainnya yang teramputasi.

Pengembangan Desain

Setelah melakukan scan dengan menggunakan 3D scanning terhadap pasien maka dilakukan pengembangan desain yang disesuaikan dengan kebutuhan pasien. Pencetakan tiga dimensi mengacu pada proses pembuatan objek fisik dari model digital. File desain 3D virtual dapat dibuat menggunakan perangkat lunak Computer-Aided Design (CAD), pemindai 3D, atau teknik pemindaian medis. Data CAD kemudian diubah menjadi beberapa lapisan penampang 2D. Mengikuti pola 2D yang telah ditentukan sebelumnya, printer 3D memproduksi struktur 3D tanpa perlu langkah pencetakan perantara. Keuntungan dari pencetakan 3D meliputi kebebasan design, otomatisasi, kecepatan manufaktur, akurasi, kustomisasi, dan efisiensi biaya. Teknik memproduksi objek cetak 3D terdiri dari tiga langkah kritis, termasuk akuisisi data, pemrosesan gambar, dan pencetakan objek 3D. Akuisisi Data Gambar Struktur tulang harus ditangkap secara akurat untuk mewakili anatomi penerima individu.

Adapun beberapa metode setelah pengembangan desain sebagai berikut :

- CAD Modeling: Mendesain prostetik dengan perangkat lunak seperti SolidWorks atau Fusion 360.
- Pencetakan 3D / Manufaktur: Membuat prototipe awal menggunakan bahan ringan seperti PLA atau ABS yang tersedia di lab manufaktur Universitas Bina Nusantara. Parameter infill density, ketebalan layer, suhu nozzle, kecepatan cetak akan dipelajari untuk mendapatkan hasil terbaik.
- Integrasi Elektronik: menggunakan sensor Electromyography (EMG) untuk mengukur aktivitas listrik otot serta saraf yang mengendalikannya [19]. Selama beberapa dekade, EMG telah digunakan untuk mengontrol prostetik anggota badan, seperti tangan dan pergelangan tangan. Secara teori, sinyal EMG direkam dari otot tertentu terkait dengan gerakan tangan dan jari dapat digunakan untuk mengontrol berbagai gerakan. Sinyal kemudian diproses untuk mengekstrak fitur-fitur yang digunakan dalam machine learning. Prototipe prostetik dikembangkan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor surface electromyography (sEMG) jenis MyoWare untuk mendeteksi aktivitas otot, dan servo sebagai aktuator yang menggerakkan jari sesuai kebutuhan pengguna.
- Machine Learning: penyaringan sinyal sEMG dilakukan dengan Fast Fourier Transform (FFT) untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Hasil sinyal yang telah disaring, kemudian diklasifikasikan menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) atau Convolutional Neural Network (CNN). Nantinya hasil kedua metode tersebut akan dievaluasi dan dibandingkan akurasinya.
- Evaluasi penggunaan: untuk evaluasi prototipe prostetik dapat dilakukan dengan Jebsen-Taylor Hand Function Test (JTHFT) serta grip strength test. Jebsen-Taylor Hand Function Test dirancang untuk memberikan tes fungsi tangan yang singkat dan objektif untuk aktivitas kehidupan sehari-hari. Tes ini memiliki 7 item dan memerlukan waktu sekitar 15-45 menit. Ketujuh item tersebut meliputi: menulis, membalik kartu berukuran 3x5 inci, mengambil benda-benda kecil yang umum, simulasi makan, menumpuk catur, mengambil benda-benda besar yang ringan, dan mengambil benda-benda besar yang berat. Hasilnya diukur dengan

mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap tugas. Tes ini dilakukan dalam urutan yang sama dan dilaksanakan dengan tangan yang tidak dominan terlebih dahulu.

F. HASIL YANG DIHARAPKAN

Jelaskan hasil yang diharapkan atau luaran yang dijanjikan dari penelitian

Luaran yang diharapkan adalah satu artikel Scopus accepted atau published di jurnal Disability and Rehabilitation: Assistive Technology (Taylor and Francis) atau Prosthesis (MDPI). Prototipe produk juga akan diberikan ke pasien.

G. JADWAL PENELITIAN

Jadwal penelitian disusun berdasarkan pelaksanaan penelitian dan disesuaikan berdasarkan lama tahun pelaksanaan penelitian

[Tahun ke-1

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Penyusunan proposal	X	X	X									
2	Pengumpulan data		X	X	X	X	X	X					
3	Pengukuran/pemindaian 3D				X	X	X	X					
4	Analisis dan pengolahan data					X	X	X	X				
5	Pembuatan konsep desain					X	X	X	X				
6	Structure Analysis					X	X	X	X	X			
7	Pembuatan Prototipe							X	X	X	X		
8	Finishing produk								X	X	X	X	
9	Evaluasi produk									X	X	X	
10	Laporan akhir												X

H. DAFTAR PUSTAKA

Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada usulan penelitian yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Ali M, Ismail R, Prahasto T. Pengujian Tarik Photopolymer Sebagai Material Utama Tangan Bionik Universitas Diponegoro. J Tek Mesin. 2022;10(1):1–6.
2. Subiantari AA, Wahyuningtyas E, Mustiko D H. Rehabilitasi Prostetik Protesa Jari dengan Bahan Silikon Rtv untuk Mengembalikan Bentuk dan Estetik. Maj Kedokt Gigi Indones. 2015;21(1):84.
3. Avilés-Mendoza K, Gaibor-León NG, Asanza V, Lorente-Leyva LL, Peluffo-Ordóñez DH. A 3D Printed, Bionic Hand Powered by EMG Signals and Controlled by an Online Neural Network. Biomimetics. 2023;8(2):1–33.
4. Tan WS, Harito C, Andhini GK, Martawidjaja M, Chainando N, Syafi'i M, et al. Color Modification of Silicone-Based Prosthetic Finger by 3D-Printed Mold. Prosthesis. 2024;6(5):1017–28.
5. Cabibihan JJ, Abubasha MK, Thakor N. A Method for 3-D Printing Patient-Specific Prosthetic Arms with High Accuracy Shape and Size. IEEE Access. 2018;6:25029–39.
6. Kate JT, Smit G, Breedveld P. 3D-printed upper limb prostheses: a review. Disabil Rehabil Assist Technol. 2017;12(3):300–14.
7. Chaerunisa ST, Kumarajati DYH, Sugianto W. Pemodelan Dan Analisis Desain Prostetik Jari Menggunakan Metode Elemen Hingga (FEM). Jurnal Crankshaft. 2024;7(3):1–7.

8. MacDonald E, Salas R, Espalin D, Perez M, Aguilera E, Muse D, et al. 3D printing for the rapid prototyping of structural electronics. IEEE Access. 2014;2:234–42.
9. Zhou H, Tawk C, Alici G. A 3D Printed Soft Robotic Hand With Embedded Soft Sensors for Direct Transition Between Hand Gestures and Improved Grasping Quality and Diversity. IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng. 2022;30:550–558.
10. Zhou H, Tawk C, Alici, G. A Multipurpose Human–Machine Interface via 3D-Printed Pressure-Based Force Myography. IEEE Trans. Ind. Inform. 2024;20:8838–8849.
11. Rahiminejad E, Parvizi-Fard A, Iskarous, MM, Thakor NV, Amiri, M. A biomimetic circuit for electronic skin with application in hand prosthesis. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 2021;29:2333-2344.
12. Saqib MF, Islam A, Bari MLA, Ahmed MS, Samy MAA. Gesture controlled prosthetic arm with sensation sensors. In: 2018 3rd International Conference for Convergence in Technology (I2CT). IEEE; 2018. p. 1-5.
13. Hasan S, Al-Kandari K, Al-Awadhi E, et al. Wearable mind thoughts controlled open source 3D printed arm with embedded sensor feedback system. In: Proceedings of the CHIRA 2018—2nd International Conference on Computer-Human Interaction Research and Applications; 2018 Sep 19-21; Seville, Spain. Setúbal: SciTePress; 2018. p. 141-149.
14. Danudiningrat IGLNAP, Khoswanto H, Santoso P. Kendali Gerak Prosthetic Hand Menggunakan Flex Sensor dan Accelerometer. J Tek Elektro. 2020;12(1):6–11.
15. Susmartini S, Priyadithama I, Herdiman L. Pemilihan Desain Prosthetic Jari Tangan Berdasarkan Mekanisme Sistem Penggerak Cross Bar dan Cross Cable terhadap Besar Gaya Tarik Dinamis Prosthetic Jari Tangan. PERFORMA : Media Ilmiah Teknik Industri. 2011;10(2):141–8.
16. Sunarto G, Katmini K, Eliana AD. Efektifitas Biaya Penggunaan Teknologi Pencetakan 3D (Industri 4.0) pada Alat Bantu Ortotik Prostetik. Jurnal Penelitian Kesehatan SUARA FORIKES. 2023;14:17–26.
17. Chainando N, Martawidjaja M, Darius RA, Yahya LC, Yemima S, Tan WS, et al. Applying 3D scanning and printing techniques to produce upper limb prostheses: bibliometric analysis and scoping review. Prosthesis. 2025;7(2):26.
18. Emzain ZF, Qosim N, Mufarrih AM, Hadi S. Finite Element Analysis and Fabrication of Voronoi Perforated Wrist Hand Orthosis Based on Reverse Engineering Modelling Method. J Appl Eng Technol Sci. 2022;4(1):451–9.
19. Wijaya AP, Widasari ER. Pengembangan Sistem Pengenalan Pergerakan Prostetik Tangan Bionik Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor dengan Fitur Power Spectral Density. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer. 2017;1(1):1–10.