

PERANCANGAN DAN SIMULASI PEMBUATAN CETAKAN TELAPAK KAKI PALSU

1) Program studi S1 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman No.39, Potrobangsari, Magelang, Jawa Tengah, Indonesia.

Achmad Budi Ramadhan^{1*)}

Corresponding email ^{1*)} :

achmadramadhan35@gmail.com

Received: 04-02-2025

Accepted: 16-07-2025

Published: 28-12-2025

©2025 Politala Press.

All Rights Reserved.

Abstrak. Cetakan telapak kaki palsu dapat dibuat dengan memanfaatkan teknologi CAD. Dengan bantuan software CAD pembuatan cetakan telapak kaki palsu dapat menghasilkan beberapa ukuran hanya dengan bermodalkan satu ukuran sebagai acuan awal. Bentuk awal dari kaki palsu bisa didapatkan dari metode 3D scan yang kemudian dapat dibaca oleh software CAD. Setelah desain cetakan terbentuk kemudian dapat dilakukan proses simulasi fabrikasi dengan menggunakan software CAM. Dengan metode ini dapat menghasilkan cetakan permanen telapak kaki palsu secara masal dengan waktu yang cepat dari pembuatan secara konvensional.

Kata Kunci: Cetakan telapak kaki palsu, cetakan permanen, software CAD/CAM

Abstract. A prosthetic foot mold can be created using CAD technology. With the help of CAD software, the creation of a prosthetic foot mold can produce multiple sizes using just one size as the initial reference. The initial shape of the prosthetic foot can be obtained through a 3D scanning method, which can then be processed by CAD software. Once the mold design is complete, a fabrication simulation process can be performed using CAM software. This method enables the mass production of permanent prosthetic foot molds quickly and efficiently than conventional methods.

Keywords: Mold prosthetic feet, molding, software CAD/CAM

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v12i2.341>

1. Pendahuluan

Setiap manusia ingin dilahirkan secara sempurna. Namun takdir setiap manusia tidak ada yang tau seperti penyandang tunadaksa yang mudah diidentifikasi karena penampakan fisiknya yang mencolok [1]. Penyandang tuna daksa biasanya akan kesulitan dalam berjalan dan mengurangi mobilitas penderita [2]. Penyandang disabilitas sangat butuh bantuan baik secara fisik maupun mental mereka[3]

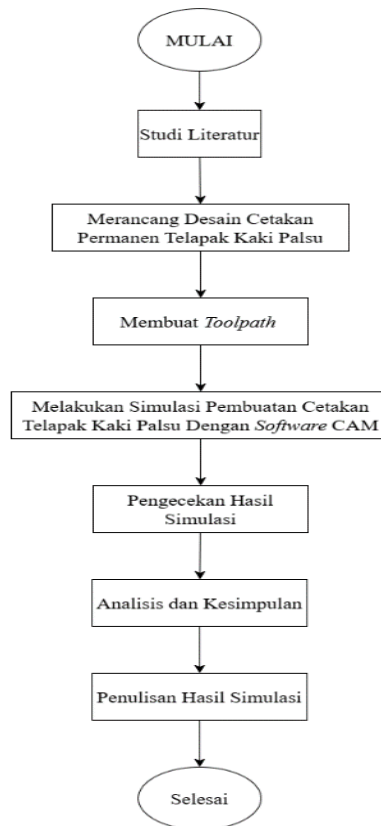
Di Indonesia penyandang tuna daksa menempati posisi kedua terbanyak dari semua penyandang disabilitas [4] Dari keseluruhan penyandang tunadaksa di Indonesia lebih banyak diderita oleh wanita dibanding laki-laki sekitar 0,78 persen dengan usia diatas lima tahun. Penderita tunadaksa perlu di bangun kembali rasa percaya diri mereka di mata sosial[5] salah satunya dengan memberikan kaki palsu yang mirip dengan kaki manusia normal.

Dalam perkembangan industri saat ini pembuatan telapak kaki palsu masih menggunakan metode konvensional[6]. Saat ini sudah banyak teknologi yang dapat digunakan untuk membuat telapak kaki palsu, dengan menggunakan metode simulasi dapat memperkecil kesalahan saat pembuatan dengan tingkat akurasi yang cukup baik[7] dengan proses simulasi dapat mengurangi material yang terbuang dan mengurangi potensi kecelakaan kerja. Dengan demikian produksi massal telapak kaki palsu dapat dilakukan dengan waktu yang cepat dan hasil yang konsisten dengan tujuan mencukupi kebutuhan telapak kaki palsu dalam negeri

2. Tinjauan Pustaka

Prostetik kaki palsu terdiri dari beberapa komponen penyusun yang memiliki fungsi sangat penting untuk dapat berfungsi menirukan kaki yang sebenarnya. Salah satu komponen yang mempunyai peran penting dalam prostetik kaki palsu adalah telapak kaki palsu [8]. Penelitian sebelumnya [8] menggunakan metode simulasi yang kemudian diaplikasikan pada mesin CNC namun telapak kaki palsu yang dihasilkan masih kurang maksimal.

Teknologi *3D scan* dan mesin CNC dapat digunakan untuk mendapatkan bentuk telapak kaki palsu yang lebih natural dan dapat diterima penyandang tunadaksa. *3D Scan* merupakan teknologi yang dapat mereplika sebuah permukaan secara presisi dan detail [9]. *Computer Numerical Control* (CNC) adalah sebuah mesin otomatis yang digerakan dengan komputer[10]



Gambar 1. Diagram alir enelitian

3. Metodologi

Metodologi dalam penelitian ini difokuskan untuk mendapatkan hasil simulasi pada *software* CAM yang kemudian diharapkan dapat diaplikasikan pada mesin CNC dengan tujuan mengurangi kesalahan dan kecelakaan kerja. Adapun tahap-tahap metodologi seperti pada Gambar 1.

1. Studi Literatur
Melakukan kajian terhadap bentuk dan ukuran kaki manusia normal yang sering disebut *mondopoint* [11].
2. Merancang Desain Cetakan Permanen Telapak Kaki Palsu
Proses perancangan dilakukan dengan *software* CAD (*Computer-aided design*), CAD merupakan alat bantu untuk membuat desain yang menjadi bahasa teknik [12]. Desain yang digunakan adalah desain dengan selisih ± 20 mm pada setiap sisi, seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Ukuran Sisi Kaki Dengan Sisi Cetakan

3. Membuat *Toolpath*

Toolpath digunakan untuk memperpanjang umur pisau pahat, meningkatkan akurasi hasil, dan juga untuk menghindari kesalahan gerakan yang dapat merusak pisau pahat ataupun benda kerja [13]

4. Simulasi Dengan *Software CAM*

computer-aided manufacturing (CAM) merupakan alat yang digunakan untuk optimasi permesinan[14] yang kemudian menghasilkan *numerical control* (NC) untuk menggerakkan mesin CNC. NC berisi parameter pengerjaan seperti kecepatan pemakanan dan spindel, ketebalan pemakanan dll[15].

5. Analisis dan Kesimpulan Hasil

Pada proses ini dilakukan analisis dari simulasi yang telah dilakukan apakah gerakan pahat saat pemakanan material aman, tidak ada potensi kecelakaan kerja yang akan terjadi.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil perancangan dalam penelitian ini meliputi pembuatan desain telapak kaki palsu dengan menggunakan bantuan 3d scan, pembuatan cetakan permanen telapak kaki palsu agar mendapatkan hasil yang konsisten pada proses produksi massal[16], pembuatan program CNC dan melakukan simulasi pada *software CAM* untuk mengurangi kecelakaan[17] saat produksi cetakan permanen telapak kaki palsu menggunakan mesin CNC.


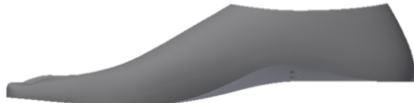

Desain awal telapak kaki palsu diambil dari 3d scan yang dilakukan pada telapak kaki manusia normal agar mendapatkan hasil yang realistis dan dapat diterima oleh penyandang tunadaksa, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain awal telapak kaki palsu

Setelah didapat desain awal telapak kaki palsu selanjutnya dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian atas dan bawah, seperti pada Tabel 1.

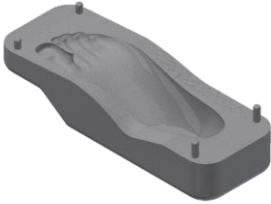

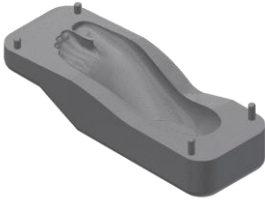

Tabel 1. Tabel Bagian Telapak Kaki Palsu

No.	Nama Bagian	Gambar
1.	Telapak Kaki Utuh	
2.	Telapak Kaki Bagian Atas	
3.	Telapak Kaki Bagian Bawah	

• Desain Cetakan Permanen Telapak Kaki Palsu

Desain cetakan permanen telapak kaki palsu ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

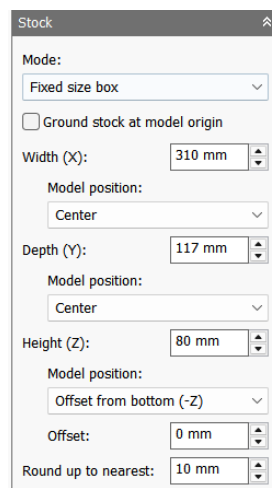
Tabel 2. Desain Cetakan Permanen Telapak Kaki Palsu

No.	Nama Komponen	Gambar
1.	Cetakan Atas Kiri	
2.	Cetakan Bawah Kiri	
3.	Cetakan Atas Kanan	
4.	Cetakan Bawah Kanan	

- Pembuatan Program CNC

Setelah desain cetakan permanen dibuat selanjutnya dilakukan proses pembuatan program CNC dengan base model desain cetakan permanen yang telah dibuat. Proses pembuatan program pada bagian atas dan bawah menggunakan langkah kerja yang sama. Langkah pembuatan program CNC diuraikan sebagai berikut :

- 1) Penentuan *Raw Material*

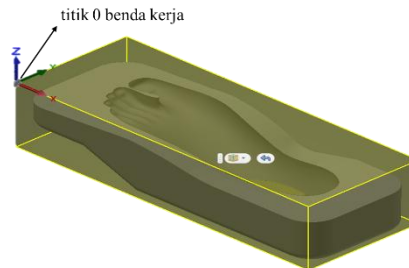


Gambar 4. Ukuran pencetakan

Ukuran pada Gambar 4 merupakan ukuran yang didapat dari ukuran desain cetakan permanen telapak kaki palsu yang telah dibuat sebelumnya.

2) Penentuan Titik 0 *Work Coordinate System*

Titik 0 *Work Coordinate System* (WCS) merupakan titik awal yang digunakan sebagai referensi material pada meja kerja CNC, titik 0 yang digunakan pada koordinat 1 dengan tujuan X dan Y pada gerakan + seperti ditunjukkan pada Gambar 5..



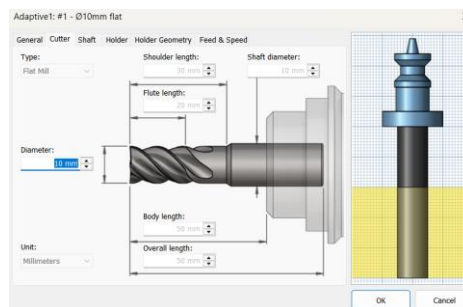
Gambar 5. Titik 0 WCS

3) Pemilihan *Toolpath*

Toolpath merupakan rencana pergerakan alur atau gerakan pemakanan pisau pahat terhadap benda kerja, toolpath didapat dari beberapa fitur yang ada pada software CAM. Toolpath digunakan untuk memperpanjang umur pisau pahat, meningkatkan akurasi hasil, dan juga untuk menghindari kesalahan gerakan yang dapat merusak pisau pahat ataupun benda kerja[13]. *Toolpath* dibagi menjadi 2 yang digunakan untuk proses pemakanan kasar dan juga sebagai proses akhir. Pada proses pemakanan kasar digunakan 3D *adaptive* agar lebih mudah dengan proses yang lebih cepat dengan ketebalan pemakanan sebesar 3 mm dan pergeseran pemakanan sebesar 5 mm. Sedangkan untuk proses pemakanan akhir digunakan 3D *parallel* agar langsung menuju titik akhir sisa pemakanan kasar dengan ketebalan pemakanan 1mm dan pergeseran pemakanan sebesar 2 mm.

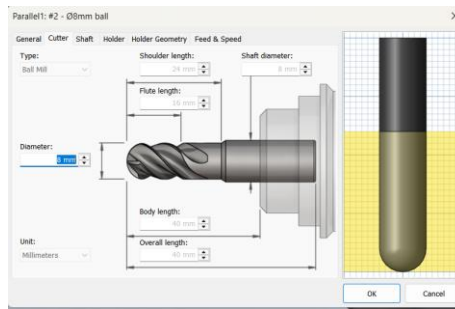
4) Pemilihan Pisau Pahat

Setiap proses pemakanan menggunakan pisau pahatnya masing-masing untuk proses pemakanan kasar menggunakan pahat rata atau *flat mill* dengan ukuran 10mm seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Tool Untuk Pemakanan Kasar

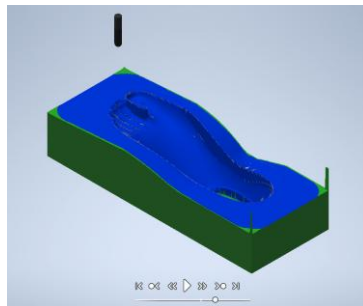
Untuk pemakanan akhir menggunakan *ball mill* dengan ukuran 8mm, seperti pada Gambar 7. Pemilihan *ball mill* agar pisau dapat menjangkau pada bentuk radius yang cukup ekstrim.



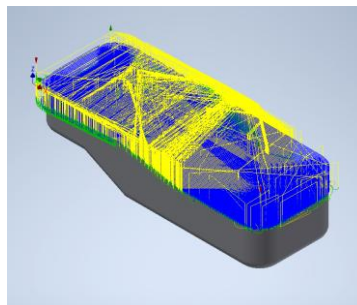
Gambar 7. Tool Untuk Pemakanan Akhir

- Simulasi Program

Simulasi program dilakukan untuk melihat keberhasilan pembuatan program dan program siap untuk dijalankan di mesin CNC. Keberhasilan dapat dilihat dari hasil simulasi apakah terjadi kecelakaan kerja seperti pahat menabrak atau terbentur yang ditandai dengan warna merah pada proses simulasi seperti pada Gambar 8, *Toolpath* yang sudah berada pada jalur pemakanannya seperti pada Gambar 9.



Gambar 8. Hasil Simulasi Aman Dari Benturan



Gambar 9. *Toolpath* berada pada jalur pemakanan

5. Kesimpulan

Untuk mengurangi adanya kecelakaan kerja saat menggunakan mesin CNC dapat dilakukan simulasi terlebih dahulu menggunakan *software* CAM. Hasil dari simulasi akan sama dengan hasil pada mesin CNC, maka dari itu saat simulasi perlu diperhatikan beberapa parameter seperti kecepatan putaran spindel, kecepatan pemakanan dan ketebalan pemakanan serta alat potong yang kita gunakan. Hasil simulasi tidak akan jauh dengan hasil pada pengerjaan mesin, perbedaan akan dipengaruhi dari penambahan kecepatan pada kontrol mesin, sedangkan hasil waktu pada simulasi didapat dari pengaturan parameter yang telah ditetapkan.

6. Saran

Simulasi bukan satu-satunya cara untuk menghindari kecelakaan saat bekerja menggunakan mesin CNC, perhatikan pula proses penentuan titik 0 material dan juga panjang pahat yang digunakan.

Daftar Pustaka

- [1] Kemenkes RI, Profil Kesehatan Indonesia 2021. 2022.
- [2] M. Khafidh et al., "Rancang Bangun Alat Uji Dorsifleksi Telapak Kaki Prostesis Berdasarkan Standar ISO 10328," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 3, p. 463, Dec. 2023, doi: 10.32497/jrm.v18i3.5127.
- [3] S. Bunga Nurjanah, N. Serikandi, N. Handayani, J. K. Ahmad Dahlan, K. Ciputat Tim, and K. Tangerang Selatan, "PEMBERDAYAAN PENYANDANG DISABILITAS PADA BIDANG WIRAUUSAHA SOSIAL MELALUI WARUNG MIEBOWL DI KOTA TANGERANG," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Indonesia*, vol. 2, no. 1, pp. 112–118, 2022, [Online]. Available: <https://journal.amikveteran.ac.id/index.php/jpkmihttps://journal.amikveteran.ac.id/PEMBERDAYAANPENYANDANGDISABILITAS112>
- [4] K. Disabilitas, L. Rekomendasi, K. Kementerian, P. Pembangunan, N. / Badan, and P. P. Nasional, "PENYANDANG DISABILITAS INDONESIA : ASPEK SOSIOEKONOMI DAN YURIDIS."
- [5] R. Maria et al., "Pola Pembinaan Kepercayaan Diri Penyandang Disabilitas Daksa Bina," vol. 15, no. 1, 2020, doi: 10.24042/bu.v15i1.6551.
- [6] A. D. Junianto and D. Kuswanto, "Desain Kaki Palsu untuk Membantu Aktivitas Berjalan pada Tuna Daksa Transtibial dengan Menggunakan Rapid Prototyping dan Reverse Engineering," *Jurnal Sains dan Seni ITS*, vol. 7, no. 1, Mar. 2018, doi: 10.12962/j23373520.v7i1.29934.
- [7] P. K. Fergawan, P. W. Anggoro, A. A. Anthony, M. Tauviqirrahman, Jamari, and A. P. Bayuseno, "Simulation of manufacturing strategy of an orthotic boots shoe insole product with a Computer-Aided Manufacturing for club foot patient," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1034, no. 1, p. 012095, Feb. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1034/1/012095.
- [8] C. P. Wardoyo, "SKRIPSI DESIGN MANUFACTURE AND EVALUATION OF SINGLE AXIS TYPE OF RIGHT FOOT PROSTHESIS." 2023
- [9] A. Chiu, Y.-W. Chen, J. Hayashi, and A. Sadr, "Accuracy of CAD/CAM Digital Impressions with Different Intraoral Scanner Parameters," *Sensors*, vol. 20, no. 4, p. 1157, Feb. 2020, doi: 10.3390/s20041157.
- [10] M. Prashil, N. Patel, M. Shreyas, D. Pavagadhi, and S. G. Acharya, "Design and Development of Portable 3-Axis CNC Router Machine," *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2019, [Online]. Available: www.irjet.net
- [11] A. Jurca, J. Žabkar, and S. Džeroski, "Analysis of 1.2 million foot scans from North America, Europe and Asia," *Sci Rep*, vol. 9, no. 1, p. 19155, 2019, doi: 10.1038/s41598-019-55432-z.
- [12] Y. Ganin, S. Bartunov, Y. Li, E. Keller, and S. Saliceti, "Computer-Aided Design as Language," in *Advances in Neural Information Processing Systems*, M. Ranzato, A. Beygelzimer, Y. Dauphin, P. S. Liang, and J. W. Vaughan, Eds., Curran Associates, Inc., 2021, pp. 5885–5897. [Online]. Available: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2021/file/2e92962c0b6996add9517e4242ea9bdc-Paper.pdf
- [13] M. LUO, C. HAH, and H. M. HAFEEZ, "Four-axis trochoidal toolpath planning for rough milling of aero-engine blisks," *Chinese Journal of Aeronautics*, vol. 32, no. 8, pp. 2009–2016, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.cja.2018.09.001.
- [14] P. Kyratsis, K. Kakoulis, and A. P. Markopoulos, "Advances in CAD/CAM/CAE technologies," 2020, MDPI AG. doi: 10.3390/MACHINES8010013.
- [15] E. Heo and N. Yoo, "Numerical Control Machine Optimization Technologies through Analysis of Machining History Data Using Digital Twin," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 7, p. 3259, Apr. 2021, doi: 10.3390/app11073259.
- [16] Kusuma. Andhika A "SKRIPSI PERANCANGAN CETAKAN PERMANEN CLAMPING CONNECTOR UNTUK LISTRIK TEGANGAN TINGGI" 2024
- [17] H. Van Hoten, N. Nurbaiti, A. K. Mainil, and J. Van Silitonga, "Perbandingan Eksperimental dan Simulasi Frekuensi Pribadi pada Struktur Spindel CNC," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 11, no. 3, pp. 497–510, Dec. 2020, doi: 10.21776/ub.jrm.2020.011.03.22.