

Perancangan Dan Pembuatan Awal Ortosis Tangan Sebagai Terapi Fraktur

Finny Pratama Putera ^{a*}, Paryana Puspaputra^a, Irfan Aditya Dharma^a, Donny Suryawan^a, Dhimas Adi Waluyo^a

^aJurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang No.Km. 14,5, Krawitan, Umbulmartani, Kec. Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55584

*E-mail: finny.pratama.putera@uii.ac.id

Abstract

Some orthosis products still use conventional techniques so that they are generally uncomfortable for patients to use. Conventional orthosis production has limitations in that it does not follow the patient's morphology, so it can cause high pressure at several points when used. Therefore, a hand orthosis is designed and made that takes into account the geometric shape of the hand as a consideration of patient comfort. The method used is the reverse engineering and additive manufacturing process. The hand design is obtained from a 3D scanner and then processed using the reverse engineering process. Finite element analysis is performed to calculate the design strength by simulating the loading on the design. The design results are printed with a 3D printer using Polylactide (PLA) material, a type of thermoplastic that can be recycled. The results have successfully produced a hand orthosis with a geometric shape that follows the shape of the patient's hand with a mass of 282 grams. This product has advantages including having ventilation, easy to clean, and easy to install and remove.

Key words: *orthosis, reverse engineering, 3D scanner, 3D printer*

Abstrak

Beberapa produk orthosis masih diproduksi menggunakan teknik konvensional yang secara umum kurang nyaman digunakan oleh pasien. Proses produksi secara konvensional memiliki keterbatasan karena belum mampu mengikuti bentuk morfologi tangan pasien secara optimal, sehingga berpotensi menimbulkan tekanan tinggi pada titik-titik tertentu saat digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat orthosis tangan yang menyerupai bentuk geometri tangan pasien. Metode yang digunakan meliputi proses reverse engineering dan additive manufacturing. Geometri tangan diperoleh menggunakan 3D scanner, kemudian diolah melalui proses reverse engineering untuk menghasilkan desain orthosis. Analisis elemen hingga dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan rancangan melalui simulasi pembebanan. Selanjutnya, hasil rancangan diproduksi menggunakan *3D printer* dengan material *Polylactide (PLA)*, yaitu jenis termoplastik yang dapat didaur ulang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa orthosis tangan berhasil diproduksi dengan bentuk geometri yang mengikuti kontur tangan pasien dan memiliki massa sebesar 282 gram. Produk yang dihasilkan memiliki beberapa fitur yakni dilengkapi ventilasi dan mudah dibersihkan serta mudah dipasang dan dilepa.

Kata kunci: *orthosis, reverse engineering, 3D scanner, 3D printer*

1. Pendahuluan

Pasien dengan cacat temporal ataupun permanen seperti fraktur, stroke ataupun cerebral palsy biasanya akan mengalami nyeri, kehilangan ketangkasan, kekuatan, kelenturan dan pergerakan yang abnormal pada otot lengan bawah. Jika tidak dilakukan pencegahan dan perawatan yang tepat, pasien beresiko mengalami perpendekan otot fleksor jari dan jaringan lunak sehingga sulit disembuhkan [1].

Untuk mencegah terjadinya pemendekan otot fleksor jari dan jaringan lunak lengan bawah maka dibutuhkan orthosis tangan. Orthosis merupakan produk pendukung bagian sendi tubuh yang digunakan untuk memberikan stabilitas, dukungan, posisi, dan perlindungan lengan bagian bawah. Material dan desain orthosis yang sesuai dengan morfologi pasien penderita menjadi kriteria utama dalam pemilihan orthosis tangan yang akan digunakan.

Selama ini orthosis tangan menggunakan material termoplastik suhu rendah dengan proses produksi yang konvensional. Pembuatan dimulai dari pola tangan pasien yang dipasang pada tangan pasien dalam ukuran yang presisi. Selanjutnya orthosis diberi lubang ventilasi dan pemberian sabuk (fastener) pada orthosis. Jenis produksi semacam ini masih digunakan dalam lingkungan klinis, padahal proses ini sangat memakan waktu, melelahkan dan menyakitkan bagi pasien [2].

Keluhan dari pasien pengguna orthosis tangan yang diproduksi secara konvensional diantaranya adalah mengalami sakit nyeri pada titik tertentu ketika digunakan dalam waktu yang lama. Semakin lama orthosis ini digunakan maka sakit nyeri yang dirasakan oleh pasien akan meningkat [1]. Faktor kenyamanan penggunaan orthosis dapat dihasilkan dari geometri bentuk orthosis yang presisi sesuai dengan morfologi pasien [3]. Oleh karena itu orthosis tangan perlu mempertimbangkan kostumisasi yang menghasilkan bentuk geometri morfologi pasien.

Dengan metode Reverse Engineering, data model tiga dimensi (3D) dari bentuk geometri tangan pasien dapat dijadikan acuan untuk proses desain menggunakan aplikasi berbantuan komputer [4,5]. Selanjutnya proses cetak dapat menggunakan proses Additive Manufacturing untuk menghasilkan produk yang presisi dan memiliki bentuk yang kompleks [6, 7].

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat prototipe alat orthosis sebagai alat bantu terapi fraktur. Penelitian ini penting mengingat selama ini terapi fraktur biasanya menggunakan material gypsum. Material gypsum ini mengakibatkan rasa gatal dan panas karena menutupi tangan secara rapat. Pemakai kadang harus di gypsum dengan ukuran yang berlebihan agar gypsum kuat meskipun berat. Alat ini dapat menjadi alternatif solusi pengganti gypsum yang bentuknya mengikuti ukuran dan morfologi tangan pasien, dibuat berpori sehingga lebih nyaman dan tetap kuat.

2. Material dan metode penelitian

a. Identifikasi kebutuhan pasien

Untuk mengatasi beberapa kelemahan dari proses produksi secara konvensional, maka ditentukan beberapa kriteria yakni memiliki bentuk permukaan yang mengikuti geometri lengan pasien sehingga akibat dari tekanan tinggi pada permukaan kulit bisa dihindari. Produk juga diharapkan memiliki ventilasi sehingga menyebabkan produk ini ringan dan menurunkan komplikasi pada kulit.[8]

b. Proses 3D Scanning

Agar hasil *scanning* mendapatkan hasil yang sesuai maka perlu diperhatikan posisi objek, pencahayaan dan alur *scanning* yang sesuai. Alat 3D *scanner* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3D Scan Sense 2. Pada penelitian ini, tangan yang di *scanning* adalah tangan kanan bawah (dari siku hingga pergelangan). Oleh karena itu dibutuhkan penyesuaian posisi tangan dengan alur jalannya pemindaian oleh operator 3D Scan. Posisi tangan pasien diletakkan bertumpu pada siku, lalu ditegakkan membentuk sudut 90° terhadap penampang tumpuan.

Pemindaian dilakukan dengan lintasan melingkar 360° serta naik dan turun di sekitar tangan dengan jarak optimal pemindaian antara objek dan lensa alat 3D Scan yaitu 0.45 m sampai dengan 2 m. Untuk pergerakan dalam pemindaian juga dilakukan secara perlahan agar permukaan objek yang dipindai dapat ditangkap dengan baik.



Gambar 1. Hasil Proses *Scanning*

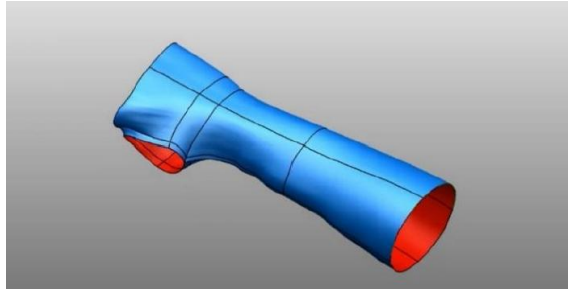
Gambar 1. menunjukkan bahwa hasil proses *scanning* masih perlu diolah agar gambar menjadi lebih halus. Tampak bagian jari masih belum memiliki bentuk yang sesuai.

c. Pengolahan Data

Hasil data *scanning* diperiksa apakah bentuk permukaan memiliki lubang, sobek, atau terdapat permukaan objek yang tidak terscan. Jika terdapat benda lain disekitar objek yang ikut terscan maka dihapus atau dipotong pada objek tersebut. Pemeriksaan ini dapat dilakukan menggunakan *software* yang disediakan oleh 3D Scan Sense 2. Setelah diperiksa dan diperbaiki, file hasil data 3D diekspor ke format .OBJ atau .STL untuk dilakukan proses selanjutnya menggunakan *PowerSHAPE* dan *Meshmixer*

c.1 Perancangan Bentuk Orthosis dengan *software PowerSHAPE 2019*

Hasil format .OBJ atau .STL diolah dengan fitur segmentasi pada *PowerSHAPE*. Hal ini untuk mencapai bagian permukaan yang paling dekat sehingga direkonstruksi berupa *surface*. Pembuatan *surface* segmentasi ini menggunakan fitur *guideline* dan fitur *smart surface* pada *PowerSHAPE*. Proses ini dilakukan secara berulang sampai mendapatkan *surface* yang paling menyerupai bentuk geometris tangan. Hasil *Surface* diunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan *Guideline* dan *Surface*

Setelah *surface* dibuat maka dapat dilakukan pembuatan lubang ventilasi, sambungan, dan penebalan. Selanjutnya digunakan *software Meshmixer* untuk pemberian lubang ventilasi dan penebalan. 3D model *surface* di-*export* ke format. STL lalu di-*import* ke *Meshmixer*.

c.2 Pembuatan Lubang Ventilasi dan Penebalan menggunakan *Meshmixer*

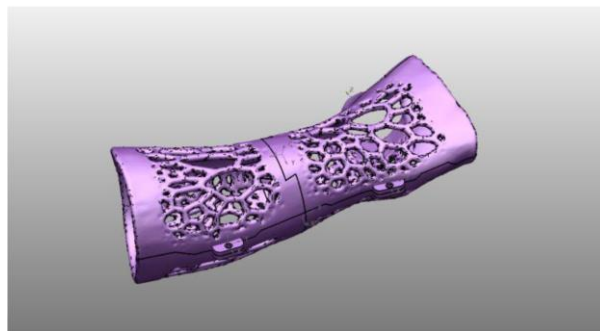
Ukuran tebal *surface* diperbesar menggunakan fitur *offset* sebesar 6 mm. Sebelum lubang ventilasi dibuat, dilakukan pengurangan *mesh* menggunakan fitur *reduce mesh* untuk memudahkan pembuatan lubang ventilasi. Jumlah *mesh* direduksi sebesar 85% dari *mesh* sebelumnya.

Setelah jumlah *mesh* direduksi, pembuatan lubang-lubang ventilasi dan penebalan dilakukan menggunakan fitur *sculpt* pada *meshmixer*. Fitur ini dapat menentukan bidang mana yang akan dilubangi dan tidak dilubangi. Fitur *sculpt* memiliki 2 fitur yakni fitur *refind* dan *reduce*. Fitur *refind* untuk menambahkan jumlah *mesh* pada bidang yang dipilih. Fitur *reduce* untuk mengurangi jumlah *mesh* pada bidang yang dipilih.

Lalu dengan fitur *make pattern*, pembuatan lubang dan penebalan dapat dilakukan. Ada beberapa *Pattern* yang dapat dipilih diantaranya yakni *double edge*. Jika lubang ventilasi dan penebalan sudah dilakukan maka kemudian *file 3D* ini di-*eksport* dalam *file .STL*. Selanjutnya pembuatan sambungan *puzzle* dilakukan dengan *PowerSHAPE* kembali.

c.3 Pembuatan Sambungan dengan *software PowerSHAPE 2019*

File STL hasil *Meshmixer* di-*import* ke *PowerSHAPE*. Pola sambungan dibuat dengan bentuk *puzzle* dilanjutkan membuat dudukan untuk lubang baut yang berfungsi sebagai penguat sambungan. Fitur *subtract* digunakan untuk menentukan bagian yang berfungsi sebagai pemotong dan bagian yang akan dipotong. Sambungan dibuat untuk memudahkan proses manufaktur *orthosis* dan penggunaan oleh pasien.



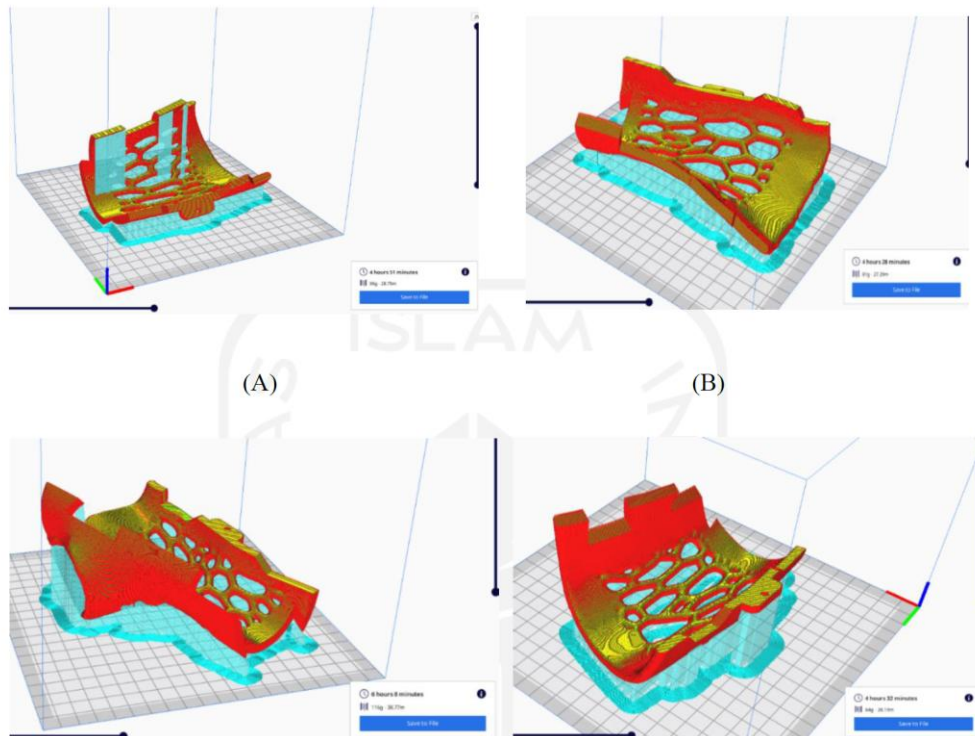
Gambar 3. Hasil Fitur *Subtract* pada *PowerSHAPE 2019*

d. Analisis Elemen Hingga

Analisis elemen hingga dilakukan untuk menghitung kekuatan rancangan dengan mensimulasikan pembebanan pada desain tersebut. Analisis ini menggunakan *Solidworks* dengan fitur *Stress Analysis* dengan material PLA dengan beban sebesar 20N yang disebar secara melingkar dan merata pada permukaan *orthosis* tangan

e. Proses Manufaktur dengan Mesin Cetak 3D *Printer*

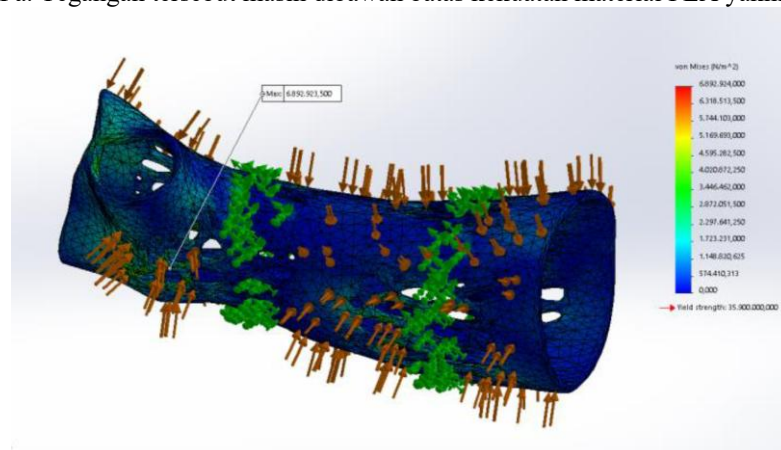
Setelah dilakukan proses rancangan dengan metode *reverse engineering*, model 3D di-*export* ke format .STL untuk di-*input* ke dalam mesin Mesin Cetak 3D *Printer*. Mesin yang digunakan yakni mesin *B01 Centralab* dengan material *filament PLA* diameter 1.75 mm. Empat bagian *orthosis* dicetak secara bergantian dengan simulasi sebagai berikut:



Gambar 4. Simulasi Proses Cetak A) atas belakang (4 jam 51 menit), B) atas depan (4 jam 28 menit), C) bawah depan (6 jam 8 menit), D) bawah belakang (4 jam 32 menit).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum desain dicetak menggunakan mesin 3D print, analisis elemen hingga dilakukan pada desain. Besar pembebanan diasumsikan sebesar 20 N yang disebar secara melingkar dan merata pada permukaan orthosis. Asumsi ini didasarkan pada rata-rata berat tangan sekitar 500 g dengan *safety factor* sebesar 4x [9]. Hasil analisis yakni tegangan maksimal yakni 6.9 MPa. Tegangan tersebut masih dibawah batas kekuatan material PLA yakni 35.9 MPa.



Gambar 5. Hasil Analisis Elemen Hingga

Hasil cetak 3D print dengan menggunakan PLA ditunjukkan oleh Gambar 5. Hasil produk orthosis masih terdapat beberapa bagian yang sedikit kasar. Hal ini dikarenakan hasil 3D Print yang kurang halus dan adanya bagian-bagian kecil *support* yang masih menempel di bagian sudut-sudutnya. Oleh karena itu membutuhkan tahap *finishing* agar produk menjadi lebih halus lagi. Pada bagian sisa *support* yang masih kasar dilakukan pengamplasan sehingga permukaan menjadi lebih halus. Permukaan yang halus membuat gesekan dengan kulit menjadi lebih kecil ketika orthosis ini digunakan oleh pasien.



Gambar 8. Hasil Cetak 3D Printer dan Orthosis saat digunakan oleh Pasien

Saat orthosis ini digunakan seperti Gambar 8, baut pengunci dan sambungan dapat berfungsi dengan baik. Massa orthosis tangan yang didapatkan yakni 282 gram dengan volume orthosis sebesar 305.27 mm³ sehingga massa jenis adalah sebesar 924 kg/m³. Sifat massa jenis ini sudah memenuhi standar yakni pada rentang sekitar 40-1100 kg/m³ untuk tipe material plastik [10].

4. Kesimpulan

- Proses produksi orthosis tangan berhasil dilakukan dengan Metode Reverse Engineering dan proses Additive Manufacturing menggunakan Software (PowerShape, Solidworks, Meshmixer, Creality Slicer)
- Produk ini memiliki kelebihan diantaranya yakni memiliki ventilasi, mudah dibersihkan, mudah dipasang maupun dilepas.

Daftar Pustaka

- [1] [1] A. Andringa, I. van de Port, and J.-W. Meijer. (2013). "Long-term use of a static hand wrist orthosis in chronic stroke patients: a pilot study," *Stroke Research and Treatment*, vol. 2013.
- [2] [2] International Committee of the Red Cross, *Manufacturing Guidelines* (2014). Upper Limb Orthoses, ICRC: Physical Rehabilitation Programme.
- [3] [3] Gabriele Baronio, Paola Volonghi, and Alberto Signoroni. (2017). Concept and Design of a 3D Printed Support to Assist Hand Scanning for the Realization of Customized Orthosis. Mechanical and Industrial Engineering Department, University of Brescia, Via Branze 38, 25123 Brescia, Italy.
- [4] [4] Starly, B., Fang, Z., Sun, W., Shokoufandeh, A. and Regli, W. (2005), Three-dimensional reconstruction for medical-CAD modeling, *Computer Aided Design and Applications*, Vol. 2 No. 1-4, pp. 431-438.
- [5] [5] Francesco Buonamici, Monica Carfagni, Rocco Furferi, Lapo Governi, Alessandro Lapini & Yary Volpe. (2017). Reverse engineering modeling methods and tools: a survey. University of Florida.
- [6] [6] Sadana, Kumara. (2018). Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup. Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi 2018
- [7] [7] Gabriele Baronio, Paola Volonghi, and Alberto Signoroni. (2017). Concept and Design of a 3D Printed Support to Assist Hand Scanning for the Realization of Customized Orthosis. Mechanical and Industrial Engineering Department, University of Brescia, Via Branze 38, 25123 Brescia, Italy.
- [8] [8] Y.-J. Chen, H. Lin, X. Zhang, W. Huang, L. Shi, and D. Wang, "Application of 3D-printed and patient-specific cast for the treatment of distal radius fractures: initial experience," *3D Print Med*, vol. 3, no. 1, Mar. 2017, doi: 10.1186/s41205-017-0019-y.
- [9] [9] Fuadi Emzain, Z., Qosim, N., Mufarrih, A. M., & Hadi, S. (n.d.). Finite Element Analysis And Fabrication Of Voronoi Perforated Wrist Hand Orthosis Based On Reverse Engineering Modelling Method. In *Journal of Applied Engineering and Technological Science* (Vol. 4, Issue 1)
- [10] [10] Oud, T., Kerkum, Y., Groot, P., Gijsbers, H., Nollet, F., & Brehm, M. (2021). Production time and user satisfaction of 3-dimensional printed orthoses for chronic hand conditions compared with conventional orthoses: A prospective case series. *Journal of Rehabilitation Medicine – Clinical Communications*, 4(1)