

Preliminary Design and Manufacturing of Customized Forearm Splint Brace for First Aid

PARYANA PUSPAPUTRA, FINNY PRATAMA PUTERA, ANGGITA ADZAN DZUHRI

ABSTRACT

Conventional splint is commonly implemented to immobilize forearm in accident. However, shape of conventional splint does not follow the anatomical contour of patient's arm. A method to design and manufacture of customized splint, following the anatomical contour, is introduced in this research. In this method, a geometric model of forearm is achieved using an optical scanning device. The brace geometry is obtained by generating the offset geometry, selecting boundaries, removing holes and noise data, and modifying geometry near the forearm curves. Manufacturing of the brace is conducted by Additive Manufacturing using PLA filament. Result show that the geometric surface obtained from the scanning process has a mesh surface with holes due to the object not being scanned in detail due to the scanning movement being too fast. The printing process using 3D printing has the longest duration of the entire process. The length of the print time depends on the parameter settings. To produce a brace with a detailed shape requires a longer printing process. Finally, a brace, which has several advantages over conventional splint, is produced. The result is a forearm splint brace that is lighter and easier to use. The Scaling feature can be used to enlarge or reduce the brace model so that it can fit the arms of various Indonesians.

Keywords: *First aid, Splint, Brace, 3D Printing*

PENDAHULUAN

Untuk meminimalkan rasa nyeri akibat pergerakan anggota tubuh yang mengalami fraktur (patah tulang), perlu adanya tindakan imobilisasi. Pembidaian adalah suatu tindakan pertolongan pertama pada cedera/trauma sistem muskuloskeletal untuk mengistirahatkan (imobilisasi) bagian tubuh yang mengalami cedera dengan menggunakan suatu alat. Pembidaian ini ditujukan untuk meminimalkan rasa nyeri, mencegah gerakan patah tulang yang dapat mengakibatkan kerusakan jaringan lunak sekitarnya (Smeltzer & Bare, 2002).

Bidai yang ada saat ini kebanyakan masih menggunakan papan kayu. Namun jenis pembidaian tersebut memiliki beberapa kelemahan diantaranya yakni bentuk permukaan datar dan tidak mengikuti kontur permukaan lengan. Bidai ini juga memiliki kemungkinan lapuk tergantung dari jenis kayu yang digunakan.

Permukaan bidai kayu yang datar ketika dipasang pada lengan cedera akan mendesak permukaan lengan karena bentuk lengan umumnya lebih lengkung dan berisi jaringan lunak otot. Sehingga lengan menerima tekanan dari pembidaian yang menyebabkan rasa kurang nyaman pada pasien. Perbaikan bidai pada lengan cedera bertujuan untuk mengurangi rasa kurang nyaman tersebut dan memungkinkan agar menunjang proses penyembuhan secara cepat. Perbaikan yang dilakukan berupa perbaikan bentuk bidai menggunakan metode *Reverse Engineering* untuk mengikuti bentuk anatomi lengan agar lebih sesuai ukuran ketika digunakan. Model-model produk medis semacam itu telah digunakan dan sesuai prosedur bedah dimana toleransi untuk kesalahan dibuat seminimal mungkin (Auricchio & Marconi, 2016)

Bidai memiliki jenis yang berbeda tergantung pada lokasi cedera, salah satunya adalah bidai untuk anggota ekstremitas atas seperti jari, pergelangan tangan, lengan bawah, siku, lengan dan bahu. Mengenai material bidai, dijelaskan pula bahwa beberapa bahan dipertimbangkan mulai dari papan kayu, logam, kawat, hingga plastik. Untuk kriteria yang dipertimbangkan adalah bahan harus higienis, aman, kuat dan ringan, serta murah dan mudah didapatkan. Dari beberapa material yang dipertimbangkan, dipilih plastik polimer karena ringan, kompak dan kuat, serta tidak mempengaruhi hasil *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) atau *rontgent* (Zarei, 2021).

Penggunaan perangkat bidai adalah pengobatan yang berpatokan pada metode konvensional untuk pasien yang menderita berbagai kondisi muskuloskeletal ekstremitas atas (Ahern et al., 2018). Para profesional di bidang kesehatan, menggunakan beberapa proses untuk memproduksi bidai yang dirancang dan diproduksi khusus untuk memenuhi persyaratan klinis. Hal ini dilakukan dengan pelatihan dan keterampilan khusus.

Penelitian dan perancangan *brace* dengan memanfaatkan *3D scan* dan *3D printing* pernah dilakukan oleh Baronio et al., 2016 di dalam judul penelitiannya. Perancangan ini memperhatikan langkah-langkah penting dari seluruh proses produksi mulai proses *scanning* untuk memperoleh geometri lengan bawah secara akurat. Dilanjutkan dengan pemodelan *brace* yang akan dicetak. Pada proses pemodelan *brace* menggunakan *Computer Aided Design* (CAD), operator membutuhkan keterampilan khusus untuk mengoperasikan aplikasi CAD dengan fitur yang memadai. (Baronio et al., 2016)

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan dan meninjau secara kritis fase produksi *brace* dengan variasi ukuran lengan bawah orang Indonesia menggunakan *Reverse Engineering* dan *3D printing* tipe industri menggunakan *3D scanner*, perangkat lunak CAD *PowerShape* dan *SolidWorks*, dan *3D Printer* agar dapat dikembangkan untuk keperluan industri dan untuk mempromosikan serta memandu upaya penelitian lebih lanjut terutama pada fase pemrosesan data 3D di bidang ortopedi maupun bidang medis lainnya.

METODE PENELITIAN

1. Identifikasi kebutuhan pasien

Untuk mengatasi beberapa kelemahan dari pembidaian konvensional, maka ditentukan beberapa kriteria yakni memiliki bentuk permukaan yang *fit* mengikuti kontur lengan pasien dan dibuat dengan material yang lebih awet, tangguh, dan ringan.

2. Proses 3D Scan

Hal yang harus diperhatikan dalam proses pindai adalah penempatan posisi objek yang dilakukan pindai, dan pencahayaan yang sesuai.

Pada penelitian ini, lengan yang dipindai adalah lengan kanan bawah (dari siku hingga pergelangan). Maka dibutuhkan penyesuaian posisi tangan pasien 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 pasien 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 pindai dengan *3D Scan*

3. Pemodelan brace

3.1 Pra Pemodelan

Sebelum pemodelan *brace* dilakukan, perlu langkah pra-pemodelan untuk mengkondisikan *mesh* hasil pemindaian untuk meminimalkan kesalahan dan kompleksitas data yang diperoleh. Dengan ini didapatkan bentuk permukaan yang dapat memudahkan proses segmentasi dan rekonstruksi bentuk ketika menggunakan fitur *reduce mesh* dan *refine mesh*. Hasil data pemindaian juga diperiksa apakah terdapat beberapa benda sekitar objek ikut terpindai (*noise object*), sehingga perlu dilakukan penghapusan atau pemotongan. Perbaikan hasil data *scan* dapat dilakukan pada perangkat lunak bawaan dari alat pemindai yaitu *3D-Scan Sense V2*.

Setelah pengecekan dan perbaikan, file hasil data 3D disimpan dalam format .OBJ atau .STL sebelum berlanjut ke proses pemodelan desain *brace* menggunakan *PowerShape*. Hasil *mesh* yang siap untuk pemodelan seperti pada Gambar 2.

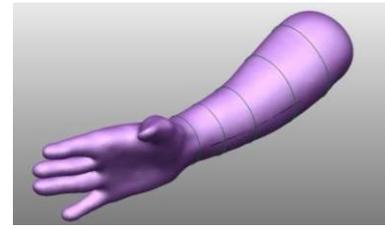


GAMBAR 2. Mesh hasil pra-pemodelan

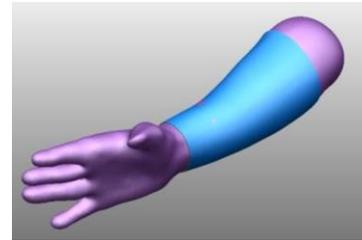
3.2 Pemodelan CAD

File hasil pemindaian yang berupa format OBJ atau .STL selanjutnya diproses segmentasi terlebih dahulu menggunakan perangkat lunak *PowerShape* 2018. Tujuannya yakni untuk membuat sketsa *wireframe* atau rangka bentuk lengan yang akan direkonstruksi geometrinya (Wang et al., 2021).

Rangka *wireframe* (Gambar 3) digunakan untuk membuat bentuk permukaan lengan menggunakan fitur *smart surface* yang tersedia pada *PowerShape*. Proses ini dilakukan berulang hingga mendapatkan hasil pola *surface* yang paling sesuai bentuk lengan (Gambar 4).

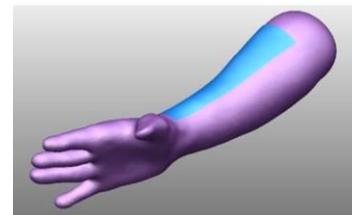


GAMBAR 3. Wireframe hasil segmentasi



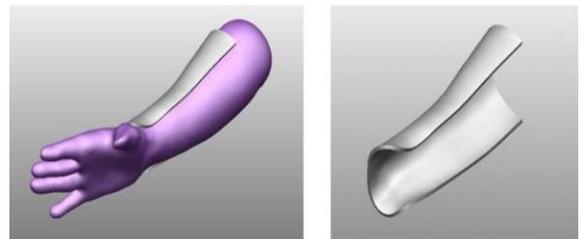
GAMBAR 4. Hasil surface (area biru)

Setelah pembuatan *surface*, bentuk pola orthosis lengan selanjutnya akan diolah sesuai kriteria yang dibutuhkan. Agar orthosis ini nantinya mudah dipasang, pola *surface* harus dipotong melintang separuhnya. Hasilnya seperti pada Gambar 5



GAMBAR 5. Surface hasil potong

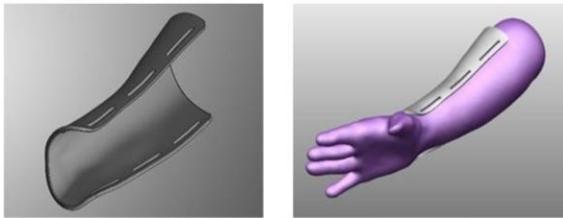
Setelah pola *surface* sesuai dengan kriteria, selanjutnya adalah mengkonversi *surface* menjadi *solid*. Lalu hasilnya diberi ketebalan hingga tampilan model setengah jadi seperti pada Gambar 6



GAMBAR 6. Hasil solid modeling

Model solid setengah jadi pada Gambar 6 akan dimodifikasi untuk menambah lubang tali *strap* agar tidak longgar ketika digunakan

pasien. Proses penambahan lubang dilakukan dengan fitur *emboss*, jumlah lubang yang dibuat ada tiga pasang dengan ukuran lubang sesuai dengan ukuran tali strap elastis yaitu 40 mm x 3 mm. Hasilnya pada Gambar 7.



GAMBAR 7. Hasil penambahan lubang tali strap

3.3 Scaling model 3D

Scaling adalah salah satu fitur pada CAD untuk membuat model yang sama namun dengan ukuran yang berbeda. Model *brace* yang dibuat akan di-*scaling* untuk mendapatkan model dengan ukuran lain yang lebih besar atau lebih kecil agar dapat dicetak dan digunakan oleh orang-orang dengan ukuran lengan yang berbeda. *Scaling* dilakukan dengan memasukkan nilai faktor skala, yang merupakan perbandingan antara ukuran yang diketahui dan ukuran yang dicari. Pada kasus ini digunakan fitur *SolidWorks Global Variables and Equation Driven Design*, dimana fitur ini memanfaatkan persamaan yang digunakan untuk menggerakkan dimensi geometri sketsa dan geometri model. Dengan mengubah satu ukuran sketsa, maka ukuran sketsa yang lain akan ikut berubah, namun secara bentuk akan tetap proporsional (Keane, 2019).

4. Proses cetak 3D Print

Mesin 3D *print* yang digunakan adalah *Creality 10S* berkapasitas cetak 500 mm x 500 mm x 500 mm. Material yang digunakan adalah filament PLA dengan ukuran diameter 1.75 mm.

Sebelum memulai pencetakan, mesin 3D print dikalibrasi dan ditentukan parameter-parameter proses menggunakan perangkat lunak *Creality Slicer*. Setelah mencoba beberapa *setting* parameter untuk mengetahui estimasi waktu pencetakan, maka didapatkan *setting* parameter yang akan digunakan untuk mendapat hasil yang kuat, bentuk yang akurat dan waktu yang singkat. Parameter yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1. Parameter 3D Printer

| <i>Quality</i> | |
|----------------------------------|------|
| <i>Layer Height (mm)</i> | 0,3 |
| <i>Ketebalan Shell (mm)</i> | 1,2 |
| <i>Fill</i> | |
| <i>Bottom/Top thickness (mm)</i> | 1,2 |
| <i>Fill Density (%)</i> | 35 |
| <i>Speed and Temperature</i> | |
| <i>Print Speed (mm/s)</i> | 50 |
| <i>Printing Temperature (°C)</i> | 200 |
| <i>Bed Temperature (°C)</i> | 60 |
| <i>Filament</i> | |
| <i>Diameter (mm)</i> | 1,75 |
| <i>Flow (%)</i> | 100 |
| <i>Nozzle Size</i> | 0,4 |

Berdasarkan *setting* parameter tersebut, proses pencetakan diestimasi berlangsung selama 10 jam 54 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa tahapan yang akan dianalisis yaitu pada tahap pemindaian menggunakan 3D *Scanner*, pemodelan CAD, proses *scaling* hingga proses 3D *printing*. Tahap-tahap tersebut diukur durasi waktu pengerjaan serta seberapa kompleks prosesnya.

Pada proses pemindaian menggunakan 3D *Scanner*, terdapat kendala *lost tracking* dimana objek tidak terpindai secara detail, sehingga hasilnya terdapat permukaan *mesh* yang berlubang. Hal tersebut akibat pergerakan pemindaian terlalu cepat. Untuk menghindari *lost tracking* dan adanya lubang-lubang pada *mesh* hasil pemindaian, maka proses pemindaian harus dikerjakan perlahan agar pergerakan stabil serta dilakukan secara merata. Kemudian untuk mengatasi *mesh* yang berlubang dapat menggunakan *fill hole* pada fitur *mesh doctor* bawaan *PowerShape*. Untuk durasi pengerjaan, proses pemindaian berlangsung ± 5 menit, lalu pra-pemodelan untuk menghilangkan *noise* pada hasil pemindaian ± 5 menit.

Pada proses pemodelan CAD terhadap *brace* lengan menggunakan *PowerShape*, terdapat

kesulitan pada bagian penentuan segmentasi. Segmentasi yang tidak tepat menghasilkan *surface* yang kurang pas dengan profil lengan pasien. Karena *surface* yang dibuat harus sesuai dengan permukaan lengan hasil pemindaian, maka proses segmentasi perlu beberapa percobaan agar didapat *surface* yang paling pas sesuai bentuk lengan pasien.

Proses *scaling* dilakukan untuk membuat model orthosis dengan variasi ukuran yang berbeda. Pada tahap ini sedikit dialami kesulitan dalam membuat sketsa ulang yang *full constrain* pada *SolidWorks* dan menentukan nilai lingkaran bawah karena data antropometri yang terbatas. Maka untuk mendapat data ukuran lebar lengan dilakukan dengan pendekatan ukuran lain yang tersedia yaitu menggunakan data lebar tangan seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



| Kode | Dimensi | P5 | P50 | P95 | SD |
|------|--------------|------|-------|-------|------|
| D29 | Lebar tangan | 5.39 | 10.41 | 15.43 | 3.05 |

GAMBAR 8. Dimensi antropometri lebar tangan (Tan et al., 2010)

Pada Gambar 8 ini P5, P50, dan P95 adalah masing-masing nilai persentil ke-5, ke-50 dan ke-95. Persentil 5 berarti sebanyak 5% dari populasi/sampel memiliki nilai lebar tangan berukuran kurang dari atau sama dengan 5,39 cm. Dan seterusnya untuk Persentil 50 dan 95. Hasil *scaling* didapatkan dengan mengubah ukuran yaitu ukuran lebar lengan sebagai acuan untuk ukuran yang lain, namun tetap dengan bentuk lengan yang proporsional. Ukuran yang dimasukkan didapat dari nilai Persentil yang ada pada Gambar 8.

Dari ukuran tersebut dapat dijadikan faktor skala untuk pembesaran atau pengecilan model sebelum dicetak dengan *3D Print*. Skala faktor yaitu rasio ukuran yang diketahui dan ukuran yang ditarget untuk pembesaran (skala >1)

atau pengecilan (skala (<1)).

Proses cetak menggunakan *3D Print* memiliki durasi paling lama dari seluruh proses yang ada. Lamanya waktu cetak tergantung pada *setting* parameter *3D Print* yang juga berpengaruh terhadap ketahanan dan detail bentuk yang dihasilkan. Untuk menghasilkan produk yang kuat dan hasil yang detail, akan semakin lama waktu pencetakan. Kesulitan yang dihadapi pada tahap ini adalah menentukan *setting* parameter pencetakan yang tepat dan optimal agar orthosis yang dicetak kuat, bentuk detail dan rapi, namun dengan waktu yang relatif singkat. Hasil cetak dapat dilihat pada Gambar 10.



GAMBAR 10. *Brace* hasil cetak *3D print*

Hasil *3D Print* yang telah selesai dicetak perlu proses *finishing* dengan kikir dan amplas agar bagian-bagian sisa *support* dari proses cetak hilang, sehingga tidak mengganggu kenyamanan penggunaan.

Secara bentuk, penampang hasil cetak *3D print* ini lebih mengikuti profil lengan dibandingkan bidai kayu konvensional. Selanjutnya prototipe tersebut dipasangkan 3 tali *strap* elastis seperti pada Gambar 11.



GAMBAR 11. Prototipe *Brace* lengan

KESIMPULAN

1. Aplikasi *3D Scan* dan *3D Printing* pada bidang medis memegang peran yang penting dan potensial, termasuk penerapannya dalam produksi *brace* lengan. *Brace* yang dihasilkan lebih sesuai bentuknya dengan lengan pasien. Hal ini karena dalam rangkaian perancangan terdapat proses penting yaitu akuisisi data geometri lengan pasien dengan *3D scanning* yang kemudian dimodelkan dengan bantuan CAD.

2. *Brace* lengan dibuat menyesuaikan bentuk lengan pasien agar bagian yang cedera terlindungi dan untuk meminimalisir gerakan atau guncangan. Material yang digunakan adalah plastik filament PLA yang dicetak 3D Print. Hasilnya, berupa orthosis bidai lengan yang kuat, relatif lebih ringan karena kepadatannya dapat diatur saat proses 3D Print, mudah dan cepat pengaplikasiannya dibandingkan dengan bidai papan kayu.

3. *Scaling* dapat diterapkan untuk pembesaran atau pengecilan model CAD orthosis agar didapat model orthosis dengan berbagai ukuran untuk mengakomodir lengan orang Indonesia yang beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahern, M., Skyllas, J., Wajon, A., & Hush, J. (2018). The effectiveness of physical therapies for patients with base of thumb osteoarthritis: Systematic review and meta-analysis. *Musculoskeletal Science and Practice*, 35, 46–54
- Auricchio, F., & Marconi, S. (2016). 3D printing: Clinical applications in orthopaedics and traumatology. *EFORT Open Reviews*, 1(5), 121–127.
- Baronio, G., Harran, S., & Signoroni, A. (2016). A Critical Analysis of a Hand Orthosis Reverse Engineering and 3D Printing Process. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2016, 1–7.
- Smeltzer, S. C., & Bare, B. G. (2002). *Buku Ajar Keperawatan Medikal Bedah Brunner & Suddarth* (A. Waluyo, Trans.; 8th ed., Vol. 3). EGC
- Wang, P., Yang, J., Hu, Y., Huo, J., & Feng, X. (2021). Innovative design of a helmet based on reverse engineering and 3D printing. *Alexandria Engineering Journal*, 60(3), 3445b3453
- Tan, K. C., Hartono, M., & Kumar, N. (2010). Anthropometry of the Singaporean and Indonesian populations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40, 757–766
- Zarei, H. (2021). New Spinal Immobilizer Vest for Prehospital Emergency Care. *Clinical Medicine*, 08(1), 10.

PENULIS:

Paryana Puspaputra

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

Fenny Pratama Putera

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

Email : finny.pratama.putera@uii.ac.id

Anggita Adzan Dzuhri

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