

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fraktur lengan bawah adalah salah satu cedera pada anak-anak paling umum ditemukan pada instalasi gawat darurat seluruh dunia. Kasusnya tercatat sebesar 30-50% dari semua kasus fraktur pada anak (Şık *et al.*, 2021). Kasus fraktur radius distal dapat terjadi hingga 35% dari semua kasus dan sebagian besar disebabkan oleh kecelakaan seperti jatuh dengan tangan terentang atau pukulan langsung ke lengan (Sengab *et al.*, 2019).

Saat ini, penanganan non-operatif untuk sebagian besar fraktur ini pada anak-anak dengan metode reduksi tertutup dan imobilisasi dalam gips. Beberapa studi mengungkapkan bahwa lebih dari 80% pasien anak dengan kasus fraktur lengan bawah bergeser yang dirawat menggunakan metode reduksi tertutup dan casting atau gips mendapatkan hasil pengobatan yang memuaskan (Chia *et al.*, 2015; Rodríguez-Merchán, 2005). Penanganan ini dapat dilakukan jika cedera memiliki indikasi tertentu seperti derajat angulasi lebih dari 10-20 derajat, bertipe *Salter-Harris* I dan II, serta *Greenstick* (Qudsi & Souder, 2021). Walaupun begitu, penentuan penanganan harus disesuaikan dengan usia dan lokasi cedera (Caruso *et al.*, 2020; Chia *et al.*, 2015; Qudsi & Souder, 2021).

Fase anak-anak atau pediatrik berada dalam usia pertumbuhan dimana lempeng pertumbuhan tulang berada di ujung tulang dan sifat elastisitas tulang masing-masing tinggi sehingga seharusnya proses penyembuhan lebih cepat (Chia *et al.*, 2015). Namun, *Fracture re-displacement* sering terjadi setelah penanganan non-operatif kasus cedera anak dengan tingkat kejadian berkisar antara 21-39% (Sengab *et al.*, 2019). Komplikasi tersebut dapat menyebabkan penyatuan tulang yang tidak sempurna atau *malunion* yang tercatat sebanyak 33% dari seluruh kasus fraktur radius distal (Delclaux *et al.*, 2016). Komplikasi ini menyebabkan perubahan biomekanik yang mengarah pada perubahan

fungsional lengan dan peningkatan arthrosis pada sendi sekitar fraktur sehingga gerak rotasi lengan bawah terganggu (Asadollahi *et al*, 2017; Evans & Jupiter, 2019).

Untuk meminimalisir terjadinya komplikasi, ketepatan dalam melakukan prosedur reduksi tertutup dan pemasangan cast sangat diperhatikan. Selama melakukan imobilisasi pada fraktur, stabilisasi menjadi kunci utama. Beberapa studi mencatat rata rata durasi imobilisasi cedera selama 6-10 minggu (Chia *et al*, 2015; Caruso, 2020). Sebagian besar penanganan kasus fraktur lengan bawah yang mengalami dislokasi menggunakan *cast* lengan panjang untuk melumpuhkan siku dan menetralkan kekuatan deformasi otot yang berasal dari atas siku (Rodríguez-Merchán, 2005). Biasanya, *cast* dibuat bersiku fleksi. Namun, beberapa kasus menghasilkan penyembuhan yang lebih cepat jika *cast* dibuat bersiku ekstensi (Bochang *et al.*, 2005; Reynolds *et al.*, 2018). Hal ini cukup menyulitkan pasien usia anak-anak dimana mereka dalam masa aktif bergerak, dimana usia anak-anak dan remaja memiliki rentang gerak fisiologis yang besar seperti fleksi siku, pronasi dan supinasi lengan bawah akibat aktivitas seperti menggunakan *gadget* (Caruso *et al.*, 2020).

Pembuatan *cast* atau gips pada umumnya dilakukan langsung kontak dengan bagian lengan (Kim & Jeong, 2015b). Cast dibentuk dengan kompresi anterior dan posterior di atas membran interoseus sehingga dapat meningkatkan stabilitas dalam cast (Caruso *et al.*, 2020; Chen *et al.*, 2020). Dibalik kemudahan pembuatannya, cast memiliki beberapa kelemahan diantaranya berpotensi munculnya beberapa penyakit kulit dan cedera tulang dan sendi karena struktur yang berat dan ventilasi yang buruk serta pasien menderita tekanan mekanis selama pembuatan cetakan (Zhang & Kwok, 2019).

Beberapa tahun terakhir, teknologi 3D Printing hadir yang memiliki segudang keunggulan dapat membangun bentuk sesuai keinginan dengan lebih mudah. Meskipun ada berbagai proses pencetakan 3D, namun sebagian besar menggunakan bantuan komputer dinamakan *Computer-Aided Design* (CAD) dan *Computer-Aided Manufacture* (CAM) (Buonamici *et al.*, 2020; Kim &

Jeong, 2015a) . Aplikasi keduanya dapat dicerminkan dengan *Finite Element Method* (FEM) dan *Finite Volume Method* (FVM) dalam proses pembuatan model cast pada pasien yang spesifik. Kedua metode ini memungkinkan untuk memahami perilaku model terhadap fenomena fisik seperti analisis struktural, dinamika fluida, termal, transportasi massa, dan lainnya (Hughes, 2012; Surmen & Arslan, 2021). Beberapa peneliti menggunakan teknologi manufaktur tersebut untuk mengembangkan cast secara *custom-made*, dimana hasil menunjukkan bahwa teknologi manufaktur tersebut menghasilkan produk yang pas tanpa kontak dengan tubuh (Buonamici *et al.*, 2020; Lim *et al.*, 2017; Zhang & Kwok, 2019). Dengan adanya teknologi ini, permasalahan gips yang terlalu berat dan tiadanya sirkulasi udara dapat diselesaikan.

Penelitian terkait *custom cast* dan diuji dengan FEM dilakukan pada *cast* bermodel *hybrid* dengan bagian dalam dibuat berlubang untuk membuka ruang sirkulasi udara di dalam *cast* (Kim & Jeong, 2015a). Hasilnya adalah *cast* tetap kuat. Penelitian lain yang sejalan yakni *cast* berlubang dengan diameter 8 mm dan 10 mm dengan penambahan penguat *cast* berbentuk *flange* dan berbentuk segitiga siku-siku (Lim *et al.*, 2017). Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan penguat pada siku meningkatkan kekakuan dan kekuatan *cast* berlubang. Lalu, ada penelitian mengenai distribusi udara pada *cast* dengan hasil *cast* berlubang diameter 10 mm meningkatkan aliran udara yang signifikan (Rahmawan *et al.*, 2018). Namun, ketiga studi tersebut tidak memfokuskan penggunaan *cast* untuk kasus secara spesifik.

Adapun tujuan penelitian ini adalah mencari kombinasi parameter *cast* yang cocok agar cedera fraktur radius distal bergeser dapat diimobilisasi sebaik mungkin. Untuk mengetahui parameter *cast* yang sesuai dengan kebutuhan pasien, dibuat beberapa desain yang memiliki variasi posisi siku, material, ketebalan, penahan siku, dan jarak antar lubang ventilasi. Variasi model ditentukan berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan (Kim & Jeong, 2015b; Lim *et al.*, 2017; Rahmawan *et al.*, 2018; Reynolds *et al.*, 2018). Simulasi metode numerik FEM dan FVM kemudian akan dilakukan untuk

mengetahui bagaimana respons variasi model *cast* secara mekanis terhadap pembebanan gaya eksternal seperti benturan atau pukulan dari arah vertikal dan horizontal serta respon terhadap. Hasil dari pengujian model *cast* yang nantinya dianalisis yaitu hasil distribusi deformasi, *strain*, *stress*, *fatigue*, kecepatan aliran dan temperatur udara. Kemudian hasil tersebut akan diolah menjadi *bending stiffness*, *safety factor*, *average life* serta *thermal comfort*. Setelah itu, dilakukan pembahasan dan analisis untuk mendapatkan variasi desain *long arm cast* yang sesuai dan aman dalam proses imobilisasi cedera fraktur radius distal bergeser. Harapannya *Long arm cast* kombinasi terbaik membantu proses penyembuhan dapat berlangsung dengan baik tanpa menimbulkan komplikasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dirumuskan penulis adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi posisi siku, jenis material, penguat siku, ketebalan, dan jarak antar lubang ventilasi terhadap kekuatan dan ketahanan *Long arm cast*?
2. Bagaimana pengaruh jarak antar lubang ventilasi terhadap sirkulasi udara dalam *Long arm cast*?
3. *Long arm cast* kombinasi variasi manakah yang sesuai digunakan untuk rehabilitasi cedera fraktur radius distal bergeser?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Desain 3D solid *Long arm cast* dibuat menggunakan Autodesk Fusion 360.
2. Analisis elastisitas *Long arm cast* dibatasi oleh fitur yang ada pada aplikasi ANSYS 2019.
3. Data antropometri lengan diperoleh dari data sekunder antropometri lengan subjek dewasa normal (tidak menderita fraktur) dan pengukuran sendiri oleh penulis.

4. Bagian tubuh yang dilindungi *Long arm cast* yakni mulai dari pergelangan tangan, lengan bawah, siku, sampai beberapa senti lengan atas.
5. Desain *Long arm cast* yang divariasikan berupa posisi siku yakni lengan fleksi dan lengan ekstensi, jenis material dengan variasi bahan *Polypropilene* (PP), *Polylactic Acid* (PLA), *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), penguat siku dengan variasi bersiku fleksi tanpa penguat, bersiku ekstensi tanpa penguat, bersiku fleksi dengan penguat segitiga, dan bersiku ekstensi dengan penguat, jarak antar lubang sebesar 20mm dan 40mm, dan ketebalan dengan variasi 6 mm dan 8 mm.
6. Terdapat dua pengujian yang dilakukan pada *Long arm cast* yakni simulasi mekanika struktural dan dinamika fluida. Masing – masing memiliki kondisi batas yang berbeda.
7. Kondisi batas simulasi mekanika struktural dijabarkan sebagai berikut: pembebanan (*loading force*) diberikan dua jenis beban. Beban satu arah diberikan pada area pergelangan tangan sepanjang arah anterior ke posterior, posterior ke anterior, medial ke lateral, dan lateral ke medial sebesar sekitar 100 N dan momen rotasi ke arah dalam dan luar dikenakan pada lengan bawah sebesar 1 Nm.
8. Simulasi mekanika structural *fatigue* dilakukan hanya dengan kondisi batas pembebanan arah medial sebesar 200 N dan 400 N.
9. Kondisi batas simulasi dinamika fluida dijabarkan sebagai berikut: kecepatan aliran udara inlet diatur sebesar 0.1 m/s dan suhu udara inlet sebesar 25°C (suhu kamar).

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh variasi posisi siku, jenis material, penguat siku, ketebalan, dan jarak antar lubang ventilasi terhadap kekuatan dan ketahanan *long arm cast*.
2. Mengetahui pengaruh jarak antar lubang ventilasi terhadap sirkulasi udara dalam *long arm cast*.

3. Mengetahui *long arm cast* kombinasi variasi yang sesuai digunakan untuk rehabilitasi cedera fraktur radius distal bergeser.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan sumbangsih pengetahuan bagi pengembangan teknologi rehabilitasi, terutama kasus fraktur bergeser pada radius distal.
2. Menjadi acuan pertimbangan dokter dalam menentukan atau mendesain *long arm cast* yang baik untuk pasien cedera fraktur radius distal bergeser.