

DESAIN DAN SIMULASI SOCKET PROSTESIS BAWAH LUTUT DENGAN VARIASI MATERIAL BERBASIS KOMPOSIT

Luthfi Ali Masykur¹, Donny Suryawan^{1,*}

¹ Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Gedung K.H. Mas Mansyur, Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang KM 14,5, Umbulmartani, Kec. Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55584

*Email Korespondensi: donny.suryawan@uii.ac.id

Abstrak

Jumlah penyandang disabilitas di Indonesia semakin meningkat setiap tahun. Sekitar 2,4 juta orang mengalami kesulitan berjalan pada tahun 2014. Jumlah tersebut termasuk lebih dari 650.000 orang yang mengalami kesulitan berjalan dan menaiki tangga yang signifikan. Prostesis bawah lutut adalah salah pilihan bagi yang mengalami amputasi bawah lutut. Salah satu bagian yang penting dari prostesis bawah lutut adalah bagian soket. Kebanyakan soket prostetik buatan lokal tidak memberikan informasi spesifikasi yang memadai. Hal tersebut menjadi sebuah kelemahan produk lokal karena tidak ada jaminan keamanan produk. Minimnya referensi dan standar membuat produsen lokal kesulitan untuk meningkatkan produknya agar bisa bersaing dengan produk impor. Pada penelitian ini dilakukan desain dan simulasi soket prostesis dengan berbagai bahan berbasis komposit. Metode simulasi diadaptasi dari standar ISO 10328 sebagai standar pengujian kaki prostetik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa soket dapat digunakan untuk orang Indonesia dengan lingkar betis antara 317-345 mm. Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa material yang sesuai untuk digunakan adalah material komposit serat karbon dengan ketebalan 3 mm dengan lubang baut 6 mm.

Kata Kunci: Prostesis, Adjustable, Soket, Antropometri, ISO 10328

Abstract

Each year, the number of disabled people in Indonesia increases. About 2.4 million people had some trouble walking in 2014. It includes 650,000 individuals who have significant difficulty walking and ascending stairs. Lower limb prostheses are an option for those who are unable to walk due to leg amputation. One of the most necessary parts of the below-knee prosthesis is the socket. Almost the local prosthetics socket did not give adequate information about the specification. It is a weakness of the local product because there is no guarantee of product safety. The lack of references and standards makes it difficult for manufacturers to improve their products to compete with imported products. This research is focused on the design and simulation of prosthesis sockets with various composite-based materials. The simulation method was adapted from ISO 10328 standard as the testing standard for prosthetics foot. The result shows that the sockets can be used for Indonesians with a calf circumference between 317-345 mm. The simulation results show that the suitable material for use is carbon fiber composite material with a thickness of 3 mm with a bolt hole of 6 mm.

Keywords: Prosthesis, Adjustable, Socket, Anthropometry, ISO 10328

I. PENDAHULUAN

Data Susenas 2012 menunjukkan bahwa 2,45% dari total penduduk Indonesia mengalami disabilitas.

Dari data tersebut terdapat lebih dari 2,4 juta jiwa mengalami gangguan pada kemampuan berjalan atau naik tangga dengan kategori ringan, dan lebih dari 650 ribu jiwa mengalami gangguan pada

kemampuan berjalan atau naik tangga dengan kategori parah (Kementerian Kesehatan RI, 2014). Sedangkan berdasarkan data Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) tahun 2015 jumlah penduduk Indonesia yang mengalami disabilitas meningkat menjadi 8,56%. Dari data tersebut menunjukkan bahwa jumlah penyandang disabilitas yang mengalami kesulitan berjalan/naik tangga adalah sebesar 3,76% dari total penduduk Indonesia (Ismandari, 2019)

Salah satu penyebab kesulitan berjalan atau naik tangga adalah adanya gangguan pada anggota gerak tubuh bagian bawah yang disebabkan oleh amputasi. Amputasi berasal dari kata “*ampute*” yang artinya kurang lebih adalah pancung. Amputasi dapat diartikan sebagai tindakan memisahkan bagian tubuh sebagian atau seluruh bagian ekstremitas (Villega & aversa, 2013). Dengan diamputasinya anggota gerak tubuh bagian bawah, maka akan menyebabkan seseorang mengalami keterbatasan dalam berjalan dan beraktifitas. Sehingga untuk mengurangi keterbatasan tersebut diperlukan sebuah alat bantu berupa kursi roda, alat bantu berjalan ataupun memasang prosthesis pada bagian yang diamputasi. Pemasangan prosthesis adalah salah satu solusi yang paling populer bagi orang yang mengalami amputasi. Salah satu prosthesis yang banyak digunakan adalah prosthesis bawah lutut. Prosthesis bawah lutut terbagi menjadi 4 komponen utama yaitu socket, shank, sistem suspensi dan telapak kaki prosthesis (Suryawan, et al., 2019).

Prosthesis bawah lutut cukup banyak diperjualbelikan di pasar Indonesia. Banyak produk UMKM yang menjual prosthesis bawah lutut secara daring. Hanya saja kebanyakan produk yang dijual tidak menyertakan spesifikasi yang memadai. Hal tersebut tentu menjadi salah satu kelemahan produk UMKM untuk dapat bersaing dengan produk impor. Tidak adanya standar nasional dan kurangnya referensi penelitian terkait pengembangan prosthesis bawah lutut bisa menjadi salah satu hambatan berkembangnya produk UMKM khususnya adalah produk prosthesis bawah lutut. Sehingga penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi bagi pelaku umkm untuk meningkatkan produk prosthesis bawah lutut terutama pada komponen socket prosthesis.

Beberapa penelitian terkait pengembangan prosthesis bawah lutut antara lain pembuatan desain socket disesuaikan dengan sisa amputasi dari penggunaannya. 3d scanner digunakan untuk mendapatkan sisa amputasi yang kemudian diolah menjadi data digital. Metode tersebut dapat menghasilkan bentuk socket yang sesuai dengan bentuk sisa amputasi dari penggunaannya. Pada desain

prosthesis ini terdapat *cover* pada bagian depan dan belakang yang berfungsi sebagai penutup bagian *shank*, sehingga prosthesis memiliki bentuk yang mirip dengan bentuk betis asli (Junianto & Kuswanto, 2018). Kelebihan penggunaan proses tersebut adalah prosthesis dapat sesuai dan tepat dengan kaki pengguna. Hanya saja proses tersebut kurang cocok untuk proses bisnis karena proses yang cukup panjang dan sifatnya adalah *pre-order* karena harus menyesuaikan dengan hasil *3D scan* kaki yang diamputasi.

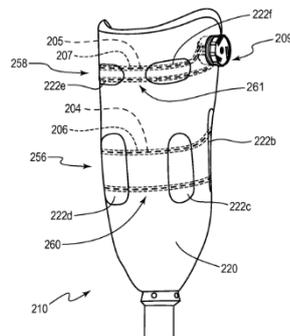


Gambar 1. Desain prosthesis (Junianto & Kuswanto, 2018)

Penelitian lainnya adalah pengembangan prosthesis yang telah dikembangkan pada tahun 2019. Penelitian tersebut menghasilkan sebuah prosthesis kaki palsu bawah lutut yang ketinggian dan ukuran lingkaran socket-nya dapat diatur sesuai dengan antropometri orang Indonesia. Untuk pengaturan ketinggian prosthesis ini adalah dengan menggunakan mekanisme alur pada bagian *shank/pylon*. Sedangkan untuk mengatur ukuran lingkaran socket-nya adalah dengan menggunakan tali yang panjangnya dapat disesuaikan sehingga dapat dikencangkan sesuai dengan lingkaran betis dari pengguna prosthesis tersebut (Suryawan, et al., 2019). Hanya saja, pada penelitian tersebut lebih berfokus pada ukuran tinggi yang dapat diatur untuk menyesuaikan tinggi pengguna. Selain itu, pada bagian socket tidak menunjukkan simulasi saat tali dikencangkan. Sehingga tidak diketahui perubahan ukuran dan mampu tidaknya socket menahan tegangan saat tali dikencangkan. Penelitian sejenis adalah terkait inovasi desain dan simulasi model prosthesis bawah lutut dengan adjustable shank berbasis ulir (Suryawan, et al., 2021). Penelitian tersebut juga berfokus pada metode untuk memperoleh sistem shank yang dapat diatur ketinggiannya. Penelitian tersebut tidak menunjukkan simulasi pada socket secara mandiri. Sehingga tidak diketahui kekuatan dari socket yang digunakan.

Penelitian lain dapat dilihat dari hasil paten yang terlihat pada Gambar 2. Paten tersebut menunjukkan pengembangan socket yang terdapat

pengatur lingkaran soket, sehingga soket dapat digunakan untuk orang-orang dengan rentang lingkaran *stump* tertentu. Desain tersebut terdiri dari 3 bagian yaitu bagian utama soket, panel, dan mekanisme pengatur panjang tali. Pengaturan lingkaran soket dilakukan dengan cara memutar tuas yang nantinya akan menggulung tali sehingga tali yang telah dipasangkan pada soket akan memendek. Saat tali memendek maka panel panel yang telah dihubungkan dengan tali tersebut akan bergerak kedalam (Wright, et al., 2002). Paten tersebut tentu juga tidak menunjukkan bahan, kekuatan dan rentang perubahan lingkaran soket.



Gambar 2. Desain soket (Wright, et al., 2002)

METODE

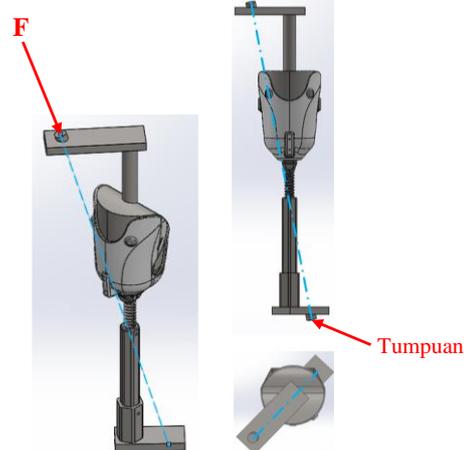
Kriteria Desain

Pembuatan desain dilakukan dengan memperhatikan beberapa kriteria desain. Beberapa kriteria desain yang digunakan diantaranya adalah kuat, ringan dan fleksibel untuk semua ukuran kaki. Kuat didefinisikan sebagai kemampuan soket protesis untuk menahan beban yang dibeikan sesuai standar ISO. Kriteria kuat dibuktikan dengan hasil simulasi statis dengan berbagai variasi material. Kriteria ringan didasarkan pada pada berat organ bawah lutut yang digantikan. Berat bagian kaki bawah lutut yang diamputasi memiliki berat sekitar 5,7% dari berat tubuh (Tayyari & Smith, 1997). Sehingga jika mengacu batas bawah berat tubuh orang Indonesia yaitu 39,8 Kg (Chuan, et al., 2010), maka diperoleh berat maksimal protesis bawah lutut sebesar 2,268 kg atau 2268 gram. Kemudian jika berat komponen selain soket adalah 1855 gram, maka diperoleh berat maksimum soket yang dianjurkan adalah 413 gram. Kriteria fleksibel diambil dari kemampuan soket dalam menyesuaikan ukuran lingkaran betis sesuai antropometri orang Indonesia yang memiliki rata-rata ukuran 326,4 mm.

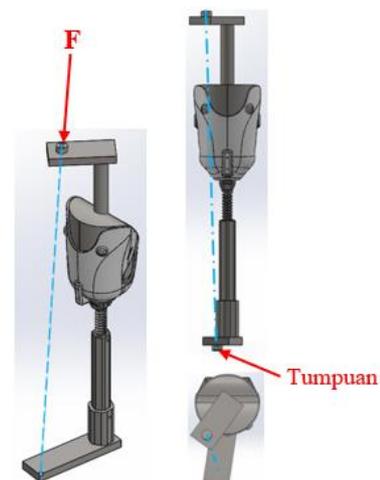
Metode Simulasi

Pengujian dilakukan melalui simulasi berbasis metode elemen hingga menggunakan perangkat lunak *Solidworks 2018*. Simulasi tersebut dilakukan

dengan mengacu standar ISO 10328. ISO 10328 dipilih karena dapat digunakan untuk pengujian untuk seluruh atau sebagian komponen dari *lower limb prosthetic* (Suryawan, et al., 2021). Pengujian dilakukan dengan memberikan dua kondisi pembebanan (International Organization for Standardization, 2016). Pembebanan pertama adalah pembebanan yang terjadi pada fase *heel loading*, yaitu kondisi saat tumpuan berada pada bagian tumit kaki. Kondisi tersebut disebut sebagai Kondisi 1. Sedangkan, pembebanan kedua adalah pembebanan yang terjadi pada fase *forefoot loading*, yaitu kondisi saat tumpuan berada pada bagian depan dari telapak kaki. Kondisi tersebut disebut sebagai kondisi 2. Pemodelan pembebanan kondisi 1 dapat dilihat pada Gambar 3. Sedangkan pemodelan pembebanan kondisi 2 dapat dilihat pada Gambar 4. Beban yang diberikan pada model adalah sebesar 4480 N pada kondisi 1 dan 4025 N pada kondisi 2. Beban tersebut mengacu pada pembebanan P5 pada ISO 10328, yaitu untuk pengguna dengan berat maksimal 100 Kg.

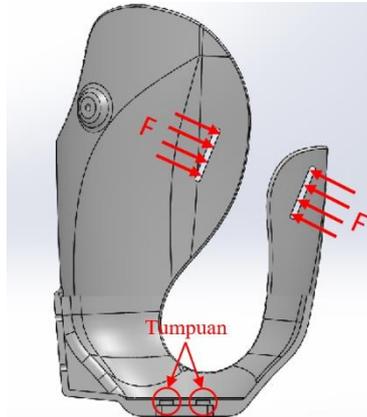


Gambar 3. Pemodelan pembebanan kondisi 1



Gambar 4. Pemodelan pembebanan kondisi 2

Simulasi juga dilakukan dengan memberikan gaya pada tali sebagai kondisi sesuai saat dikencangkan. Simulasi tersebut untuk mengetahui perubahan lingkaran betis yang dapat dicapai dan kemampuan bahan menahan gaya tali saat dikencangkan. Kondisi pembebanan ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemodelan saat soket dikencangkan

Parameter Simulasi

Tiga material yaitu komposit *glass fiber*, *carbon fiber*, dan *Kevlar fiber* digunakan untuk mendapatkan bahan yang paling cocok untuk diimplementasikan pada pembuatan soket. Ketiga material tersebut dipilih dengan pertimbangan kemudahan untuk mendapatkan bahan baku di Indonesia. Sedangkan material logam tidak dipilih karena pertimbangan masa jenis yang tinggi dan mampu manufaktur yang rendah untuk produk dengan kontur yang kompleks. Material plastik juga tidak dipilih karena membutuhkan mesin manufaktur yang cukup kompleks sehingga kurang cocok untuk produk umkm. Kekuatan dari komposit *glass fiber*, *carbon fiber*, dan *Kevlar fiber* yang digunakan untuk parameter simulasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data kekuatan material

No	Material	σ_u	σ_y
1.	Komposit <i>carbon fiber</i>	600 MPa	550 MPa
2.	Komposit <i>kevlar fiber</i>	163 MPa	143 Mpa
3.	Komposit <i>glass fiber</i>	56,53 MPa	21,08 MPa

Sumber: (Sari, Respati, & Nugroho, 2020), (Rajesh et al., 2018), dan (El-wazery, El-elamy, & Zoalfakar, 2017)

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Desain

Desain soket ini memiliki rentang pengaturan lingkaran soket antara 317 – 345 mm dengan panjang

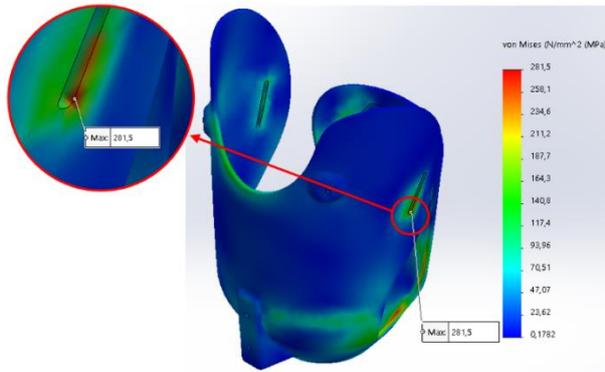
stump hingga 160 mm. Soket ini memiliki dua buah dudukan pada bagian atas yang berfungsi sebagai tempat pemasangan *roll* dan satu buah dudukan sistem pengunci yang berada di bagian bawah soket. Di bagian samping soket masing-masing terdapat dua buah *slot* yang berfungsi sebagai tempat pemasangan tali. Bagian samping soket ini diberi celah sehingga diameter soket dapat diatur dengan menggunakan tali. Hasil perancangan soket tersebut dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**



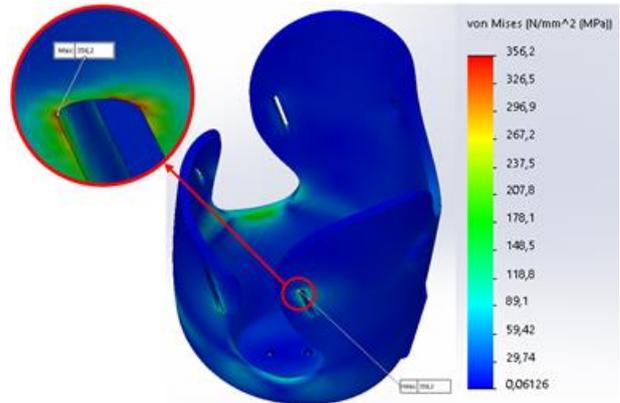
Gambar 6. Hasil desain soket

Hasil Simulasi

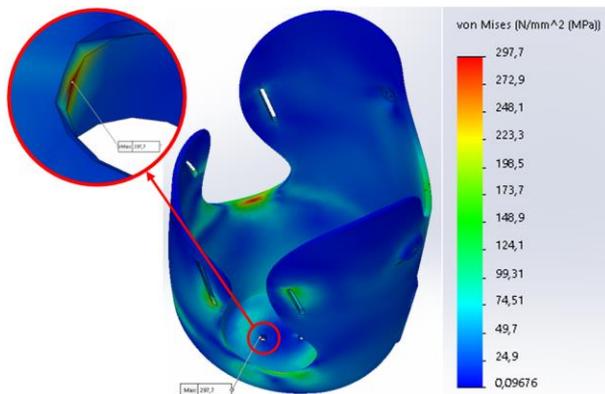
Simulasi dilakukan dengan berbagai variasi bahan dan kondisi pembebanan. Variasi pertama adalah penggunaan *glass fiber* sebagai material dengan ketebalan 3 mm dan lubang baut pada bawah soket menggunakan diameter 3 mm. Hasil pengujian dengan metode pembebanan kondisi 1 menunjukkan bahwa tegangan terbesar yang terjadi akibat pembebanan adalah sebesar 281,5 MPa. Tegangan tersebut terjadi pada lubang tali kiri bagian depan. Hasil simulasi dengan pembebanan kondisi 1 dapat dilihat pada Gambar 7. Sedangkan pengujian dengan metode 2 tegangan terbesar terjadi pada bagian lubang baut dengan nilai 297,7 MPa. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 8. Massa yang diperoleh dengan desain tersebut adalah 229,5 gram.



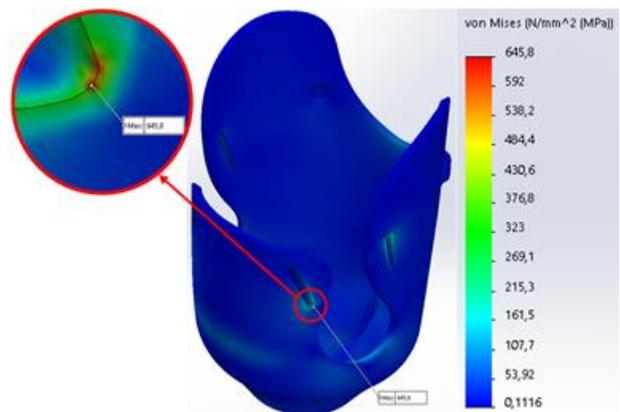
Gambar 7. Hasil simulasi material komposit *glass fiber* ketebalan 3 mm dengan pembebanan kondisi 1



Gambar 9. Hasil simulasi material komposit *glass fiber* ketebalan 5 mm dengan pembebanan kondisi 1



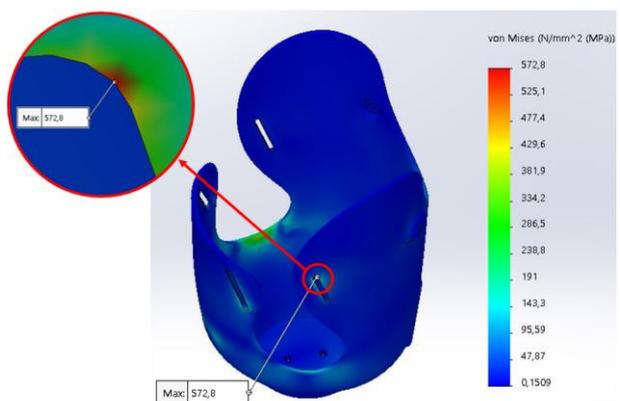
Gambar 8. Hasil simulasi material komposit *glass fiber* ketebalan 3 mm dengan pembebanan kondisi 2



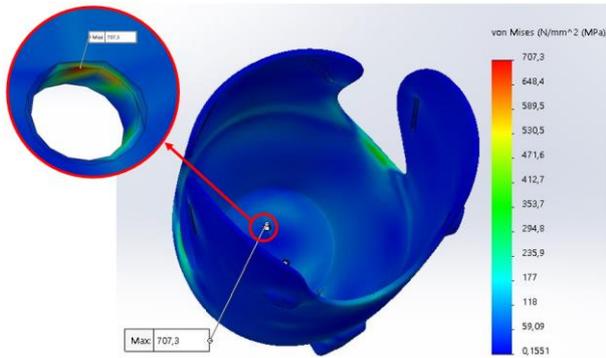
Gambar 10. Hasil simulasi material komposit *glass fiber* ketebalan 5 mm dengan pembebanan kondisi 2

Simulasi kedua masih menggunakan material yang sama yaitu *glass fiber*. Hanya saja ketebalannya ditingkatkan menjadi 5 mm karena pada simulasi pertama nilai tegangan yang dihasilkan masih diatas tegangan luluh material. Masa yang didapatkan dengan perubahan tebal tersebut adalah 374 gram. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan terbesar yang terjadi akibat pembebanan dengan metode kondisi 1 adalah sebesar 356,2 MPa. Tegangan tersebut terjadi pada lubang tali kanan bagian depan. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 9. Sedangkan pada pembebanan dengan metode kondisi 2, tegangan terbesar terjadi pada bagian lubang baut dengan nilai 297,7 MPa. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 10. Hasil simulasi kedua masih menunjukkan kegagalan karena tegangan maksimal yang dihasilkan masih berada diatas tegangan luluh material.

Simulasi ketiga menggunakan material komposit *kevlar fiber* dengan ketebalan soket 3 mm. Hasil simulasi untuk pembebanan kondisi 1 menunjukkan tegangan terbesar sebesar 572,8 MPa yang terjadi pada bagian lubang tali kanan bagian belakang. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 11. Sedangkan pada pembebanan kondisi 2, tegangan terbesar terjadi pada bagian lubang baut dengan nilai 707,3 MPa. Hasil simulasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 12.

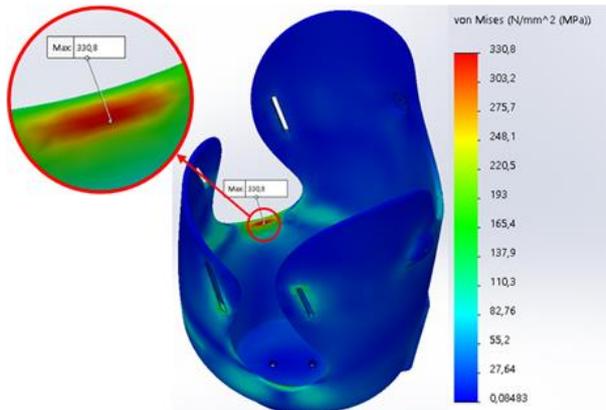


Gambar 11. Hasil simulasi material komposit *kevlar fiber* ketebalan 3 mm dengan pembebanan kondisi 1

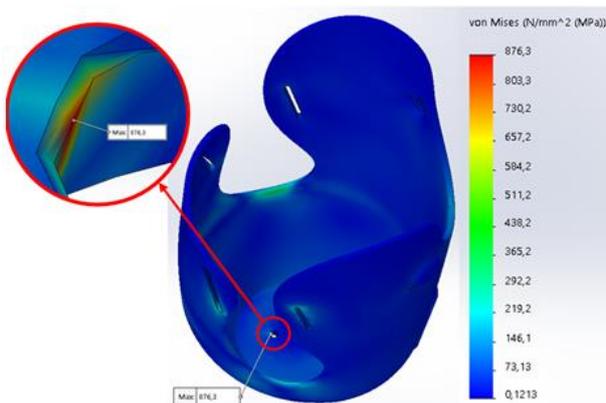


Gambar 12. Hasil simulasi material komposit *kevlar fiber* ketebalan 3 mm dengan pembebanan kondisi 2

Simulasi keempat menggunakan bahan komposit *carbon fiber* dengan ketebalan soket 3 mm. Hasil simulasi menunjukkan pada pembebanan kondisi 1, tegangan terbesar terjadi pada bagian samping kiri soket dengan nilai 330,8 MPa. Visualisasi hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 13. Sedangkan pada kondisi 2 tegangan terbesar terjadi pada bagian lubang baut dengan nilai tegangan sebesar 876,3 MPa. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 14. Terlihat bahwa pada lubang baut terjadi konsentrasi tegangan yang sangat tinggi. Tegangan pada posisi tersebut lebih dari tegangan luluh material.

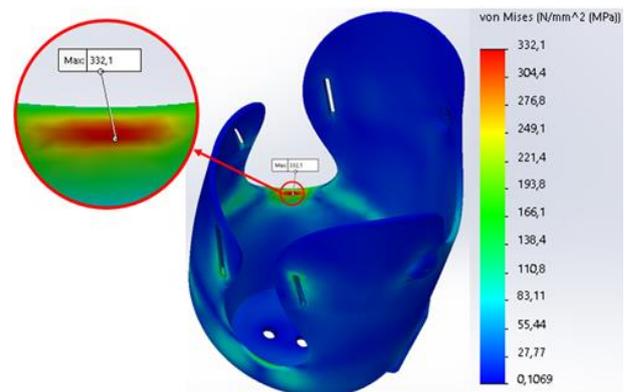


Gambar 13. Hasil simulasi material komposit *carbon fiber* ketebalan 3 mm dengan pembebanan kondisi 1

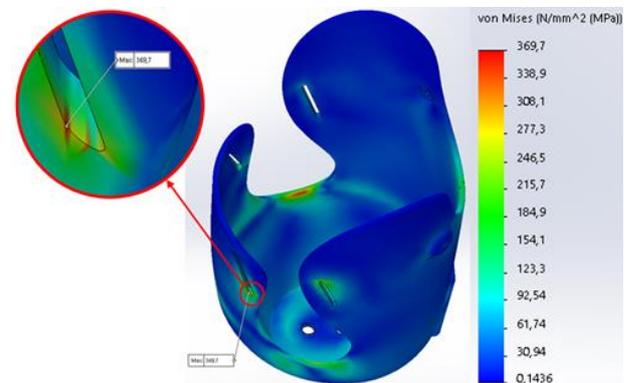


Gambar 14. Hasil simulasi material komposit *carbon fiber* ketebalan 3 mm dengan pembebanan kondisi 2

Pembesaran lubang baut dari 3 mm menjadi 6 mm pada simulasi keempat dilakukan untuk mengurangi terjadinya pemusatan tegangan. Hasil simulasi dari pembebanan kondisi 1 menunjukkan bahwa tegangan terbesar terjadi pada bagian kiri soket dengan nilai 332,1 MPa. Visualisasi hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 15. Sedangkan pada pembebanan dengan metode kondisi 2 menunjukkan tegangan terbesar terjadi pada bagian lubang tali kanan bagian belakang. Nilai dari tegangan tersebut adalah 369,7 MPa. Hasil simulasi dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembesaran lubang baut menyebabkan distribusi tegangan menjadi lebih baik. Sehingga pada konsentrasi tegangan pada posisi tersebut menjadi hilang. Massa yang terukur dengan material komposit *carbon fiber* adalah 188 gram. Massa tersebut lebih ringan dibanding menggunakan material *glass fiber*.



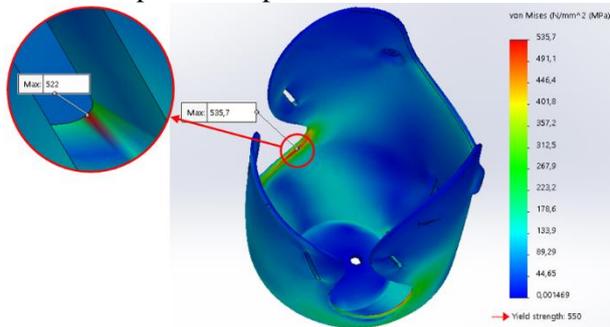
Gambar 15. Hasil simulasi material komposit *carbon fiber* ketebalan 3 mm lubang baut 6mm dengan pembebanan kondisi 1



Gambar 16. Hasil simulasi material komposit *carbon fiber* ketebalan 3 mm lubang baut 6mm dengan pembebanan kondisi 2

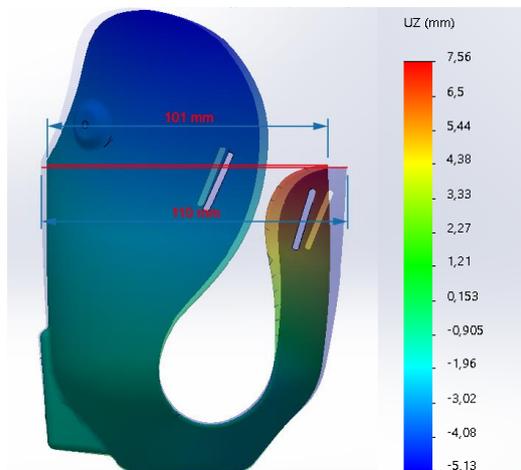
Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa material yang sesuai adalah material komposit *carbon fiber* ketebalan 3 mm dengan lubang baut 6 mm. Material tersebut

kemudian disimulasikan dengan kondisi tali dikencangkan. Simulasi dengan kondisi saat tali dikencangkan dilakukan dengan memberikan gaya 1050 N. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan terbesar terjadi pada bagian bawah celah bagian kiri dengan nilai 532,7 MPa. Nilai tegangan terbesar tersebut sudah mendekati tegangan izin dari material, sehingga tidak memungkinkan untuk memberikan gaya di lebih dari 1050 N. Hasil dari simulasi dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Tegangan terbesar saat tali dikencangkan

Displacement maksimal arah sumbu Z yang dapat dicapai pada saat tali dikencangkan adalah 3,69 mm. Dari hasil *displacement* tersebut menghasilkan diameter terkecil sebesar 105 mm. Berdasarkan hasil tersebut maka soket tidak dapat dikencangkan hingga lingkaran terkecil. Hal tersebut dikarenakan tegangan terbesar yang terjadi sudah mendekati tegangan izin dari material yang digunakan, sehingga apabila gaya yang diberi ditambah, maka soket beresiko mengalami kegagalan. *Displacement* hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 18.



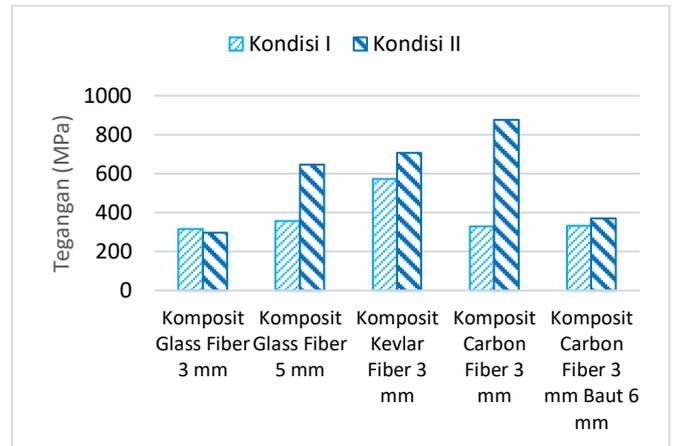
Gambar 18. Displacement saat tali dikencangkan

Lingkar soket terkecil yang dapat dicapai untuk desain ini adalah sebesar 317 mm. Nilai tersebut lebih besar dari nilai awal yang diinginkan, yaitu 307 mm. Perhitungan diameter terkecil yang dapat

dicapai ini menggunakan pendekatan bahwa bentuk soket saat dikencangkan membentuk lingkaran sempurna.

Pembahasan

Hasil simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tegangan terbesar yang terjadi pada setiap material memiliki nilai yang berbeda. Pada kondisi 1 tegangan terbesar terjadi pada soket dengan material *glass fiber* ketebalan 5 mm dengan nilai 356,2 MPa, sedangkan tegangan terkecil terjadi pada dengan material *glass fiber* ketebalan 3 mm dengan nilai 314,8 MPa. Untuk Kondisi 2 tegangan terbesar terjadi pada soket dengan material *carbon fiber* ketebalan 3 mm dengan nilai 876,3 MPa, sedangkan tegangan terkecil terjadi pada soket dengan material *glass fiber* ketebalan 3 mm dengan nilai 297,7 MPa. Data hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** dan Tabel 2.



Gambar 19. Grafik tegangan terbesar

Tabel 2. Data tegangan terbesar

Material	Kondisi I	Kondisi II
Komposit <i>Glass Fiber</i> 3 mm	314,8 MPa	297,7 MPa
Komposit <i>Glass Fiber</i> 5 mm	356,2 MPa	645,8 MPa
Komposit <i>Kevlar Fiber</i> 3 mm	572,8 MPa	707,3 MPa
Komposit <i>Carbon Fiber</i> 3 mm	330,8 MPa	876,3 MPa
Komposit <i>Carbon Fiber</i> 3 mm Baut 6 mm	332,1 MPa	369,7 MPa

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa soket dengan material komposit *glass fiber* memiliki

tegangan terkecil baik pada Kondisi 1 maupun Kondisi 2, namun nilai tersebut masih jauh diatas tegangan *yield* dari material komposit *glass fiber* yang hanya 21,08 MPa. Dari hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa soket dengan material komposit *glass fiber* mengalami kegagalan karena tegangan terbesar yang terjadi berada diatas kekuatan material komposit *glass fiber*. Kegagalan tersebut terjadi pada lubang baut yang ukurannya hanya 3 mm. Pada lokasi tersebut terjadi konsentrasi tegangan. Untuk mengatasi hal tersebut, maka lubang baut diperbesar untuk meningkatkan distribusi tegangan. Hasil perubahan ukuran lubang baut tersebut menunjukkan dampak hilangnya konsentrasi tegangan pada lokasi tersebut. Sehingga tegangan terbesar yang terjadi terjadi pada Kondisi 2 menjadi 369,7 MPa. Hal tersebut masih lebih rendah dari tegangan *yield* dari material komposit *carbon fiber* yaitu 550 MPa.

III. PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa material yang cocok untuk digunakan pada desain soket ini adalah material komposit carbon fiber ketebalan 3 mm dengan lubang baut 6 mm. Soket yang telah dirancang dapat mengakomodasi lingkaran betis orang Indonesia dengan ukuran 307mm hingga 345 mm. Masa yang diperoleh dengan material tersebut adalah 188 gram.

IV. DAFTAR PUSTAKA

- Chuan, T. K., Hartono, M. & Kumar, N., 2010. Anthropometry of the Singaporean and Indonesian populations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Volume 40, pp. 757-766.
- El-wazery, M. S., El-elamy, M. I. & Zoalfakar, S. H., 2017. Mechanical properties of glass fiber reinforced polyester composites.. *International Journal of Applied Science and Engineering*, Volume 14, pp. 121-131.
- International Organization for Standardization, 2016. *Prosthetics — Structural testing of lower-limb prostheses — Requirements and test methods*, Geneva: International Organization for Standardization.
- Ismandari, F., 2019. *Situasi Disabilitas*, Indonesia: Pusat Data dan Informasi Kementerian.
- Junianto, A. D. & Kuswanto, D., 2018. Desain kaki palsu untuk membantu aktivitas berjalan pada tuna daksa transtibial dengan menggunakan rapid prototyping dan reverse engineering. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, pp. 15-18.
- Kementrian Kesehatan RI, 2014. *Situasi penyandang disabilitas*, Indonesia: Kementrian Kesehatan RI.
- Sari, E. D. R., Respati, S. B. & Nugroho, A., 2020. Analisis kekuatan tarik dan bending komposit serat karbon-resin dengan variasi waktu curing dan suhu penahanan. *Majalah Ilmiah MOMENTUM*, Volume 16, pp. 150-155.
- Suryawan, D., Khafidh, M., Kistriyani, L. & Ismail, R., 2021. *A systematic review and comparison of international. Submitted and Presented in International Conference on Design, Energy, Materials and Manufacture*. Pekanbaru, s.n.
- Suryawan, D., Ramadhan, M. N. & Dhewanto, S. A., 2021. Inovasi desain dan simulasi model prosthesis bawah lutut dengan adjustable shank berbasis ulir. *Submitted to Jurnal Sains dan Teknologi*.
- Suryawan, D., Ridlwan, M. & Setiadi, A., 2019. Inovasi desain dan simulasi model prosthesis bawah lutut berdasarkan antropometri orang indonesia. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, Volume 14, pp. 30-36.
- Tayyari & Smith, 1997. *Occupational Egronomics Principles and Applications*. New York: Chapment & Hall.
- Villela & aversa, I. M., 2013. 濟無no title no title. *Journal Of Chemical Information And Modeling*, p. 1689-1699.
- Wright, A. B., Tucson, A. & Peters, E. J., 2002. *System and method for selecting and transmitting images of interest to a user*. United States , Patent No. 45.