

**PENERAPAN ALGORITMA GENERATIF SEBAGAI SARANA UNTUK MENJEMBATANI NON-ENGINEER USER DALAM MENGGUNAKAN ADDITIVE MANUFACTURING PADA STUDI KASUS PEMBUATAN ORTHOSIS**

**APPLICATION OF GENERATIVE ALGORITHM AS A MEANS TO DEVELOP USER NON-ENGINEER USING ADDITIVE MANUFACTURING IN CASE STUDY OF ORTHOSIS MAKING**

**Ahmad Rizani<sup>1</sup>, Rino Andias Anugraha<sup>2</sup>, Teddy Sjafrizal<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[ahmadrizani@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:ahmadrizani@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[rinoandias@telkomuniversity.ac.id](mailto:rinoandias@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[teddysjafrizal@telkomuniversity.ac.id](mailto:teddysjafrizal@telkomuniversity.ac.id)

**Abstrak**

Saat ini penerapan additive manufacturing (AM) telah luas, tetapi kebanyakan penggunaannya adalah engineer. Sehingga pengguna non-engineer masih kesulitan dalam penerapan teknologi ini. Hal ini disebabkan karena untuk membuat sebuah produk harus melalui tahapan perancangan desain menggunakan software computer aided-design (CAD) (Chua, Leong, & Lim, 2003). Software yang tersedia saat ini juga masih sulit untuk dioperasikan sehingga membutuhkan bimbingan dari professional. Bahkan seseorang pemula di sekolah desain atau teknik, masih kesulitan untuk mengoperasikan software CAD (Li & Tanaka, 2018). Oleh sebab itu dibutuhkan sebuah langkah atau usaha yang dapat menjembatani non-engineer user dalam proses perancangan desain. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah menyederhanakan proses perancangan dengan menggunakan software CAD Rhinoceros dan Grasshopper untuk menerapkan algoritma generatif dalam mempermudah non-user engineer dalam proses perancangan desain sehingga mereka dapat menggunakan AM layaknya seorang engineer.

**Kata kunci:** *Computer Aided-Design, Additive manufacturing, Orthosis, Algoritma Generatif.*

**Abstract**

Currently the application of additive manufacturing (AM) has been widespread, but most users are engineers. So that non-engineer users are still difficult in the application of this technology. This is because to create a product must go through the design stage design using computer software aided-design (CAD) (Chua, Leong, & Lim, 2003). Software available today is still difficult to operate and requires professional guidance. Even a novice at a design or engineering school, it is still difficult to operate CAD software (Li & Tanaka, 2018). Therefore it takes a step or effort that can bridge the non-engineer user in the design process design. One effort that can be done is to simplify the design process using CAD Rhinoceros and Grasshopper software to implement generative algorithms in simplifying non-user engineers in the design design process so they can use AM like an engineer.

**Keywords:** *Computer Aided-Design, Additive manufacturing, Orthosis, Generative Algorithm.*

**1. Pendahuluan**

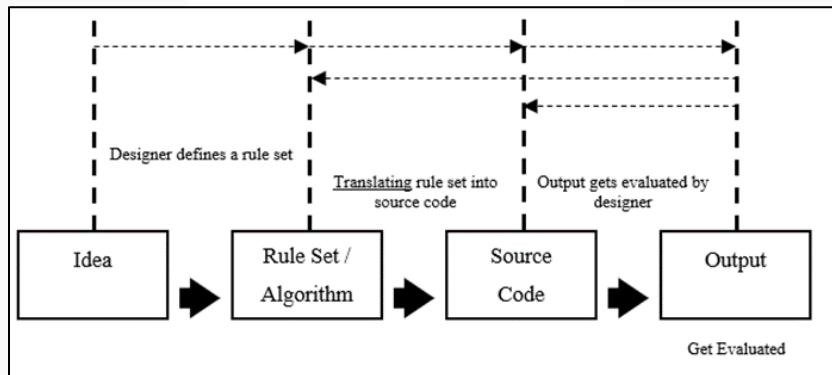
*Addive Manufacturing* (AM) merupakan sebuah teknologi yang mampu membuat sebuah produk dengan cara melapisi lapisan demi lapisan dengan berbagai bahan [1]. Meskipun penerapan AM telah luas, tetapi kebanyakan penggunaannya adalah engineer. Sehingga pengguna non-engineer masih kesulitan dalam penerapan teknologi ini. Hal ini disebabkan karena untuk membuat sebuah produk harus melalui tahapan perancangan desain menggunakan software computer aided-design [2]. Menurut Wade, Garland, & Underwood (2017), saat ini banyak software and hardware designer mengabaikan para non-engineer user. Mereka terlalu fokus dalam memenuhi kebutuhan user yang terampil serta industri. Padahal non-engineer user saat ini merasa frustrasi dalam proses modifikasi dan perancangan desain produk mereka. Software yang tersedia saat ini juga masih sulit untuk dioperasikan sehingga membutuhkan bimbingan dari professional. Bahkan seseorang pemula di sekolah desain atau teknik, masih kesulitan untuk mengoperasikan software CAD [3]. Sehingga dibutuhkan sebuah langkah atau usaha yang dapat menjembatani non-engineer user dalam proses perancangan desain. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah menyetarakan kemampuan non-engineer user dengan engineer dengan menggunakan aplikasi tambahan. Saat ini beberapa pengembang software CAD (SOLIDWORKS, Rhinoceros, AutoCAD dll) telah membuat program untuk mengembangkan aplikasi tambahan adapula yang bekerjasama dengan pihak ketiga, salah satu contohnya adalah software CAD Rhinoceros dan programnya yang bernama Grasshopper.

Grasshopper merupakan bahasa pemrograman visual yang mampu merancang sebuah desain dengan menggunakan palet dan kanvas [4] aplikasi ini dapat membuat berbagai model CAD baik yang mudah seperti meja, maupun yang sulit seperti orthosis dengan menggunakan metode algoritma generatif. Menurut Fredian & Mustikarukmi (2012) metode generatif algoritma merupakan sebuah metode desain yang berbasis logic thinking desainer dalam mengendalikan geometri untuk mendapatkan transformasi bentuk yang dibutuhkan. Metode ini dimulai dengan mendefinisikan permasalahan utama pada desain, yang kemudian dibagi menjadi beberapa sub-permasalahan. Solusi untuk setiap sub-permasalahan akan diurutkan sesuai dengan instruksi rangkaian algoritma yang ditentukan [5]. Rangkaian algoritma tersebut memungkinkan user untuk melakukan desain parametrik konseptual, yang artinya user mampu mengubah bentuk dan ukuran dari desain hanya dengan mengubah nilai parameternya saja. Namun, pada umumnya metode ini digunakan oleh para arsitek dalam merancang bangunan. Seperti studi yang dilakukan oleh Khidmat (2018), yang mana menggunakan metode algoritma generatif dalam membuat konsep desain gedung Asean Sekretariat, sehingga menghasilkan berbagai solusi desain dan juga menghasilkan desain yang tidak pernah terpikirkan serta merekomendasikan solusi desain yang efektif yang didapatkan dari generasi setiap perubahan pergerakan parameter.

**2. Dasar Teori Perancangan**

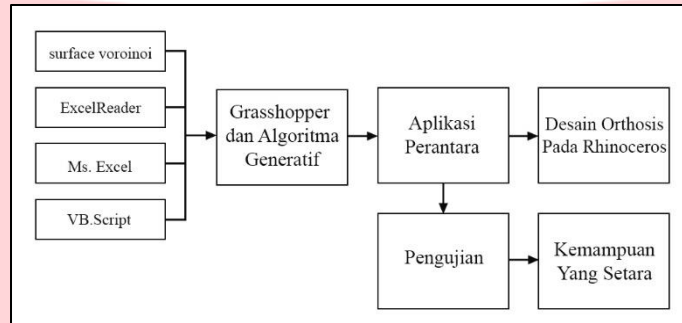
Teknologi AM teknik stereolithography (SL) dari sistem 3D, stereolithography merupakan sebuah proses memadatkan lapisan tipis dari cairan polimer sinar ultraviolet (UV) menggunakan laser [6]. Seiring perkembangan zaman, teknik AM juga semakin bertambah seperti FDM (Fused Deposition Modeling), MJM (Multi-Jet Modelling), SLS (Selective Laser Sintering) dll dimana teknologi ini memberikan keuntungan seperti mempercepat proses pembuatan prototype, mampu mencetak produk yang lebih ringan tetapi tetap kuat, serta mampu mencetak part yang memiliki kompleksitas tinggi. Bahkan saat ini, beberapa pengembang hardware AM telah membuat versi untuk rumahan sehingga bisa digunakan oleh siapapun, baik untuk kebutuhan pribadi maupun untuk bisnis. Versi AM rumahan juga didukung oleh pengembang software, yang mana mereka menyediakan koneksi langsung dari software CAD ke teknologi AM.

Rhinoceros R5 merupakan sebuah software CAD yang mampu terhubung langsung pada teknologi AM, sehingga tidak membutuhkan software tambahan (slicer software). Selain itu, software ini juga mampu mempermudah proses perancangan model CAD dengan menggunakan program tambahan, yaitu grasshopper. Grasshopper memanfaatkan algoritma generatif dalam perancangan model CAD. Penggunaan program ini juga terbilang mudah, dikarenakan grasshopper hanya menggunakan beberapa objek dasar, tetapi untuk permulaan hanya perlu mengetahui dua diantaranya, yaitu parameters dan components.



Gambar.1 Generative Algorithm design method

Algoritma generatif adalah susunan instruksi atau langkah dalam membuat atau menggenerasi rancangan desain dengan menggunakan komputer. Algoritma generatif memungkinkan user membuat sebuah model dari yang simple sampai yang rumit tanpa pengetahuan pemrograman atau script [7]. Proses pembuatan generative membutuhkan empat elemen, yaitu input (start conditions and parameters), proses (generative algorithm and rules mechanism), output (the act of generation of the variants), dan seleksi (selection of the best variant). Pada proses perancangan menggunakan algoritma generatif, sebuah desain tidak akan terbentuk samapai keempat elemen tersebut terpenuhi [8]. Dari proses tersebut akan menghasilkan generative design yang mana generative design mampu menghasilkan berbagai model konstruksi.



Gambar.2 Model Konseptual

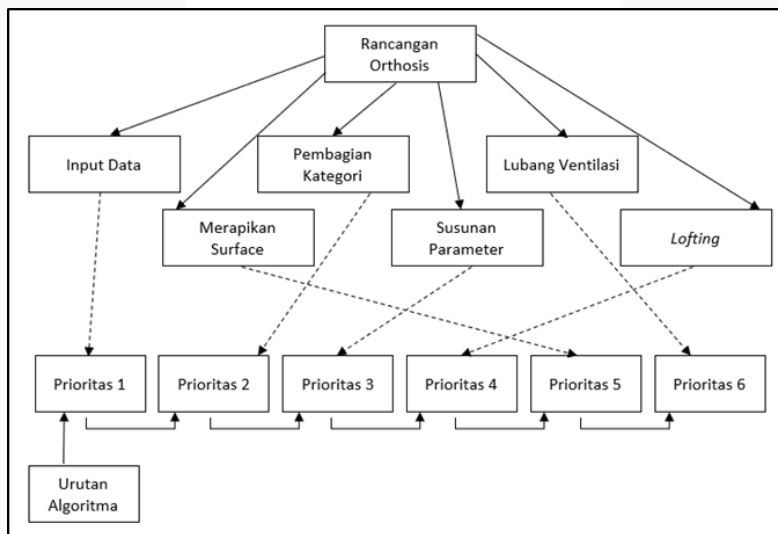
Dengan membuat algoritma generatif, yaitu diawali dengan merumuskan permasalahan utama desain, yaitu perancangan desain orthosis. Kemudian permasalahan tersebut dibagi menjadi beberapa sub-permasalahan yaitu menginput data dari ms. Excel, pembagian kategori, susunan parameter, lofting, merapikan surface, serta lubang ventilasi. Kemudian mencari solusi dari sub-permasalahan tersebut. Setelah solusinya ditemukan, berikutnya menyusunnya menjadi rangkaian algoritma yang kemudian diubah menjadi komponen pada grasshopper. Pada proses perancangan algoritma generatif, dibutuhkan beberapa plugin tambahan seperti excelreader, vb.script, dan surface voronoi, serta microsoft excel sebagai database dan media untuk menginputkan nilai parameter bagi user. Rancangan algoritma generatif yang telah terintegrasi dengan ms. Excel kemudian dapat disebut aplikasi perantara, aplikasi ini mampu menampilkan desain orthosis pada software rhinoceros secara realtime.

Tahap berikutnya adalah melakukan pengujian terhadap aplikasi tersebut, yang mana pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah non-engineer user mampu mengoperasikan dan nyaman saat menggunakan aplikasi ini. Hasil dari pengujian ini adalah sebuah aplikasi perantara yang diharapkan mampu menyetarakan kemampuan antara non-engineer user dan engineer user dalam membuat desain orthosis.

**3. Pembahasan**

Berdasarkan kondisi eksisting yang dialami oleh non-engineer user saat ini, terdapat beberapa masalah yang teridentifikasi diantaranya:

1. User tidak mampu membayangkan objek yang akan dibuat
2. User masih kaku dalam mengoperasikan software CAD
3. User tidak mengetahui fungsi dari tools yang ada pada software CAD
4. User kesulitan untuk memodifikasi model yang telah ada



Gambar.3 Algoritma Generatif

Identifikasi kebutuhan aplikasi dilakukan berdasarkan permasalahan yang dialami oleh user, yang mana harapannya mampu mengatasi permasalahan tersebut. Berikut beberapa kebutuhan aplikasi yang teridentifikasi

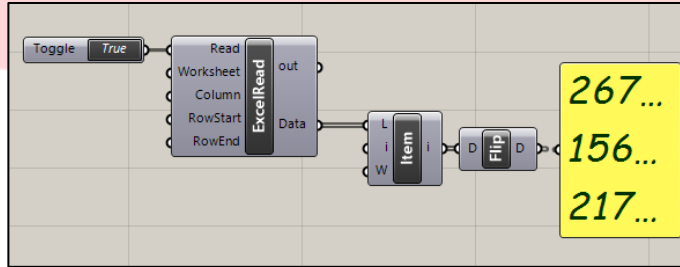
diantaranya:

1. Aplikasi mampu menjadi perantara antara user dengan software CAD
2. Aplikasi mampu menghilangkan penggunaan tools software CAD pada proses perancangan produk.
3. User mampu memodifikasi bentuk yang telah dibuat tanpa menggunakan tools pada software CAD

Permasalahan utama adalah perancangan orthosis, lalu dijabarkan menjadi beberapa sub-permasalahan. Kemudian dari sub-permasalahan tersebut diurutkan sesuai dengan prioritasnya. Berikut solusi dari sub-permasalahan pada perancangan desain orthosis yang telah diubah menjadi komponen pada grasshopper.

1. Menginput Data Dari Ms. Excel

Berikut solusi dari sub-permasalahan menginput data dari Ms. Excel.

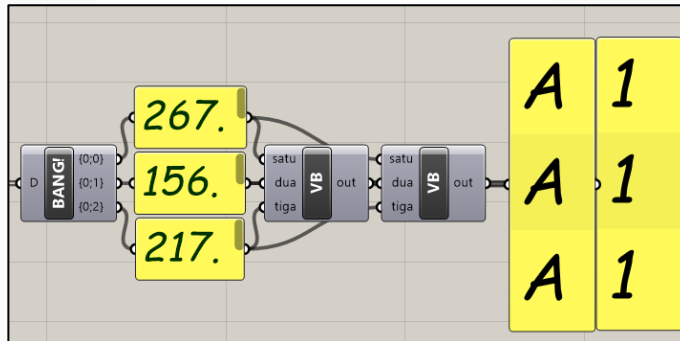


Gambar.4 Sub-Permasalahan Menginput Data Dari Ms. Excel

Komponen ExcelReader akan membaca cell pada Ms. Excel, kemudian cell yang terbaca akan dilis. Setelah itu, cell yang memiliki input parameter akan ditampilkan pada panel.

2. Pembagian Kategori

Berikut solusi dari sub-permasalahan pembagian kategori.

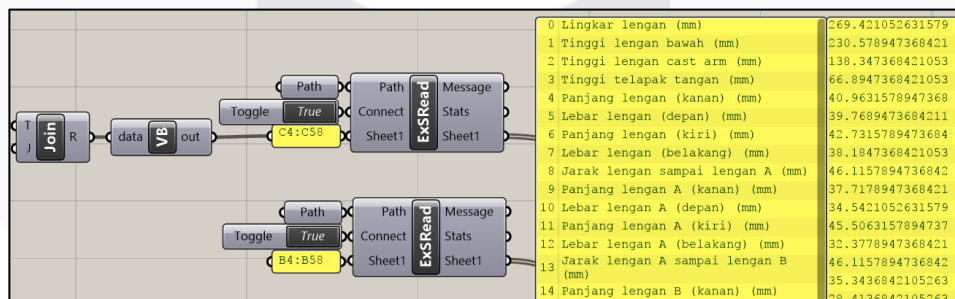


Gambar.5 Sub-Permasalahan Pembagian Kategori

Parameter yang terbaca akan dibagi menjadi tiga, kemudian komponen VB.script akan mengidentifikasi ketiga parameter dan akan menghasilkan indikator yang sesuai dengan parameter yang diinputkan.

3. Susunan parameter

Berikut solusi dari sub-permasalahan susunan parameter.

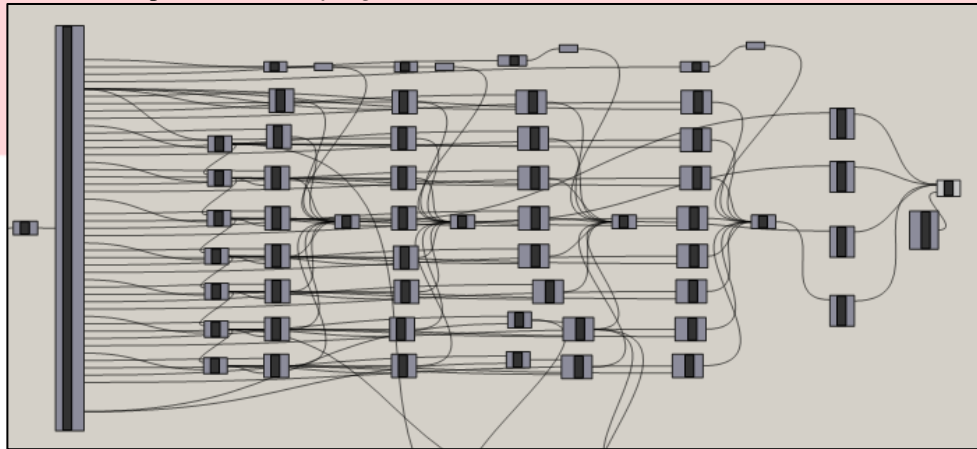


Gambar.6 Sub-Permasalahan Susunan Parameter

Indikator kemudian akan digabungkan sehingga menghasilkan kombinasi parameter. Kemudian komponen VB.script akan mengidentifikasi kombinasi parameter dan akan mengeluarkan semua ukuran parameter yang ada pada *database* Ms. Excel .

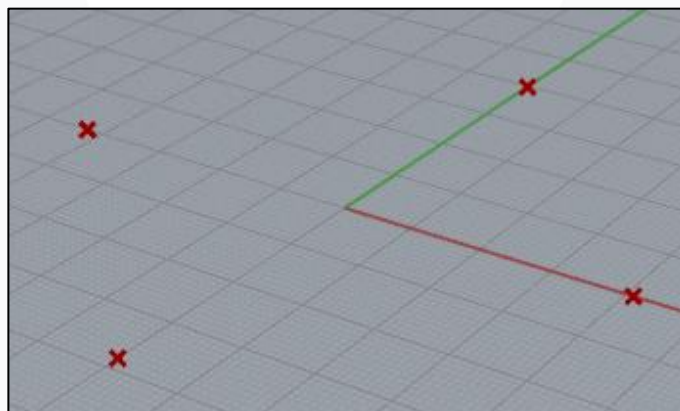
4. *Lofting*

Berikut solusi dari sub-permasalahan *lofting*.



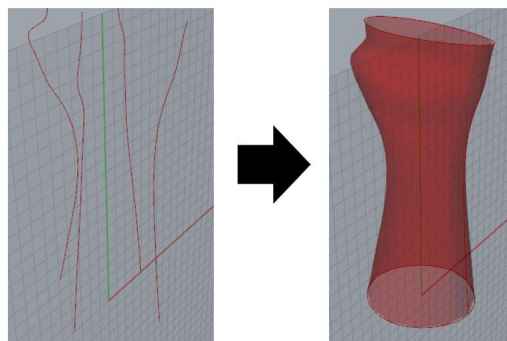
Gambar.7 Sub-Permasalahan Lofting

Setiap ukuran parameter akan membentuk *point* berdasarkan titik koordinatnya.



Gambar.8 Points Dari Parameter

Titik-titik koordinat tersebut kemudian dihubungkan dan akan menghasilkan rangka dari orthosis.

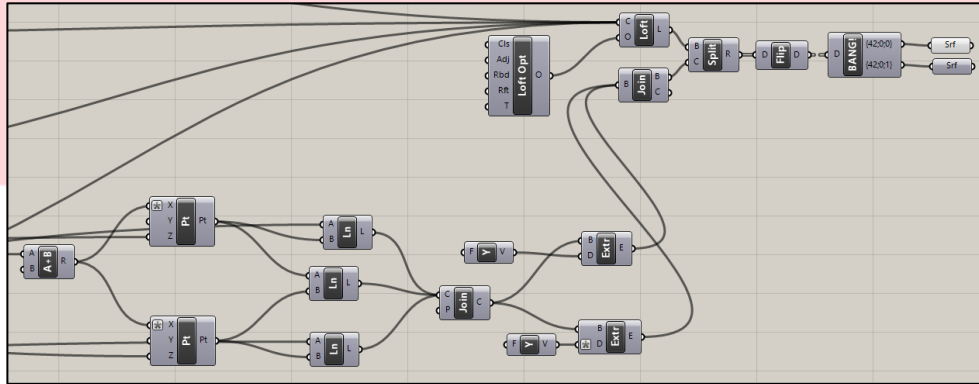


Gambar.9 Rangka Orthosis yang di Lofting

Kemudian dengan menggunakan *loft tool*, model orthosis akan terbentuk.

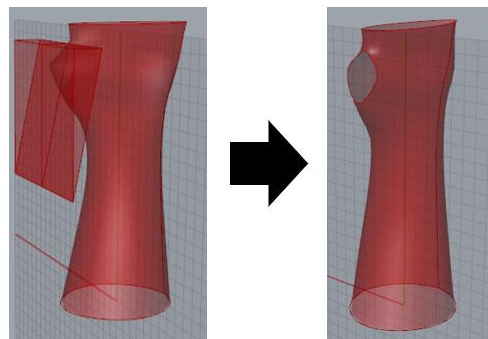
5. Merapikan *Surface*

Berikut solusi dari sub-permasalahan merapikan *surface*.



Gambar.10 Sub-Permasalahan Merapikan Surface

Proses selanjutnya yaitu merapikan *surface* bertujuan untuk memberikan rongga pada ibu jari.

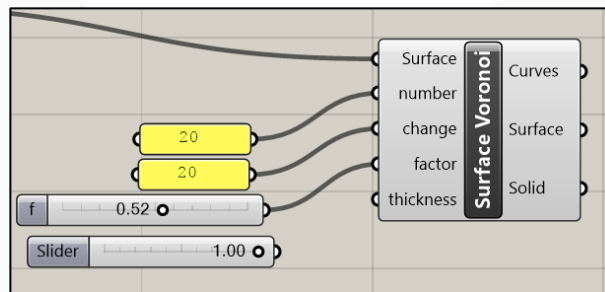


Gambar.11 Proses Merapikan Surface

Rongga dibuat dengan cara memotong *surface* menggunakan *surface* yang lain.

6. Lubang ventilasi

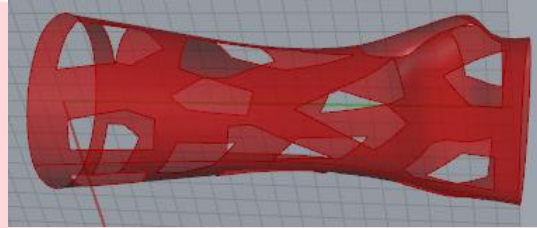
Berikut solusi dari sub-permasalahan lubang ventilasi.



Gambar.12 Sub-Permasalahan Lubang Ventilasi

Lubang ventilasi dibuat dengan menggunakan plugin *surface voronoi*, sehingga hasil akhirnya dapat dilihat pada gambar V.





Gambar.13 Hasil Akhir Desain Orthosis

### Kesimpulan

Metode algoritma generatif telah menjadi sesuatu yang umum bagi para arsitek. Segala keuntungan yang diperoleh arsitek dari metode ini ternyata dapat diterapkan pada bidang lain sehingga menguntungkan berbagai pihak, salah satunya adalah non-engineer user. Dengan menggunakan metode ini non-engineer user dapat membuat berbagai model CAD layaknya seorang engineer user dikarenakan metode ini menyajikan proses perancangan yang sederhana, mudah, dan cepat.

### Daftar Pustaka:

- [1] Chua, C. K., Leong, K. F., & Lim, C. S. (2003). *Rapid Prototyping: Principles and Applications* (2nd Edition). World Scientific.
- [2] Dino, I. G. (2012). Creative design exploration by parametric generative systems in architecture. *Metu Journal of the Faculty of Architecture*, 29(1), 207–224. <https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2012.1.12>
- [3] Ford, S. L. N. (2014). Additive Manufacturing Technology : Potential Implications for U . S . Manufacturing Competitiveness. *Journal of International Commerce and Economics (USA)*, 6(September), 1–35.
- [4] Fredian, Y. A., & Mustikarukmi, A. (2012). Desain parametrik konseptual dengan metode generative algorithm dalam eksplorasi geometri di bidang arsitektural dan desain produk.
- [5] Issa, R. (2013). *Essential Mathematics for Computational Design*, 74.
- [6] Kurdianto, & Laksono, S. P. (2016). *Kajian Penerapan Printer 3D Untuk Membuat Wahana Roket*.
- [7] Li, J., & Tanaka, H. (2018). Feasibility study applying a parametric model as the design generator for 3D–printed orthosis for fracture immobilization. *3D printing in Medicine*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s41205-017-0024-1>
- [8] Payne, A., & Issa, R. (2009). *The Grasshopper Primer* (2nd ed.). Retrieved from <http://www.liftarchitects.com/journal/2009/3/25/the-grasshopper-primer-second-edition.html>