



Optimasi topologi pada komponen penampun mesin printer 3dimensi dengan metode generative desain

D.W. Utama

Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara, Jln. Let Jend S Parman no 1. Jakarta Barat
Kode Pos 11440, Telp. (021) 5672548, ext 351.

*Email: didiu@ft.untar.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received February 2017

Accepted October 2017

Available online 30 December 2017

Keywords:

Product development

Finite element analysis

Generative design

3D printer

In cooperation with SNMI XI 2017

Special Edition

ABSTRACT

The process of developing a product is currently demanded faster implementation, where the use of CAD can help speed up the process of product development. The commonly CAD software used is parametric method software, where the user can change the shape of the model by changing the parameters accordingly, after which, the model can be directly analyzed using finite element analysis method. If the design is needed to be changed, then the designer should change the parameters in CAD module and then performed FEA analysis again. This process is often done repeatedly to produce a product model that meets the needs and criteria specified. Generative design method is a method that uses a series of design criteria and design limitations. In this paper the generative design method is a feature in CAD where topology optimization is applied in creating the design of the tray table. The tray table is the main component of the 3D printer that has design criteria such as static load of 17.912N and geometric boundaries. The generative design used to optimize the weight of the component is reshaped again according to the criteria and aesthetics of the form. The CAD model is retested with the FEA method to ensure safe design. The results show that the best optimization is at 55% weight reduction with the von mises stress 2.12 MPa and the deflection about 0.129mm.

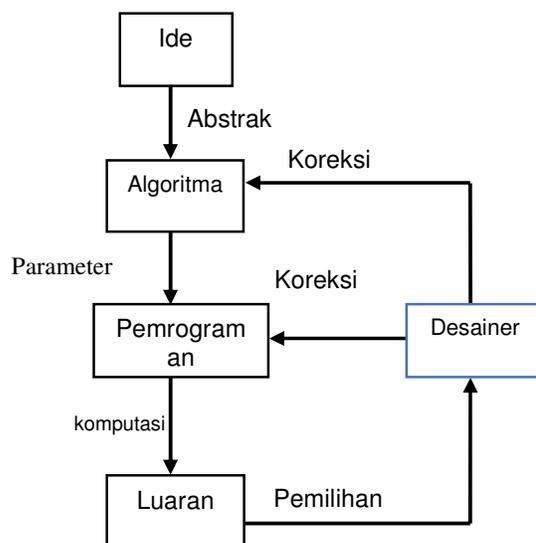
PENDAHULUAN

Pada era persaingan global saat ini, para desain engineer dituntut untuk dapat menghasilkan produk yang semakin inovatif, dimana serangkaian ide yang kreatif dan inovatif berasal dari desainer. Hal ini terjadi pula pada industri manufaktur dimana para desainer dituntut tidak hanya menghasilkan desain yang berfungsi dengan baik,

aman, dan kuat namun secara estetika produk yang dihasilkan dapat diterima oleh pasar dan memiliki inovasi. Seringkali desain engineer menggunakan anatomi alam untuk membantu memperoleh ide agar menghasilkan desain yang memiliki estetika yang baik (Aziz and El-Sherif, 2016)

Komputer dalam hal ini adalah *Computer Aided Desain (CAD)* merupakan alat bantu yang sering digunakan tidak hanya untuk melakukan proses desain namun terbukti juga dapat mempercepat proses desain dengan melakukan otomatisasi pemodelan geometri dari desain, salah satu metode yang berkembang adalah parametrik modeling dimana serangkaian parameter yang merupakan indikator kuantitas digunakan untuk melakukan kontrol terhadap hasil desain dan bentuk desain sesuai dengan kriteria desain yang ingin dituju namun terbatas pada kuantitas bukan kualitas (Gavacova et al., 2014).

Metode *generative design* merupakan sebuah metode dimana desainer menggunakan komputer untuk membantu menghasilkan sejumlah solusi berdasarkan suatu kriteria, batasan, dan goal yang dikehendaki yang kemudian di masukkan dalam program, maka komputer melalui algoritmanya melakukan iterasi dan hasil solusi yang diperoleh menjadi dasar ide untuk diputuskan dan diterapkan. Melalui gambar 1 berikut maka penjelasan tentang generative design adalah bahwa ide yang berasal dari desainer membuat sejumlah algoritma yang digunakan untuk memerintahkan komputer cara dan bagaimana proses penyelesaian masalah tersebut dilakukan lalu algoritma tersebut di terjemahkan menjadi bahasa program lalu komputer akan melakukan komputasinya sehingga menghasilkan luaran yang terdiri dari berbagai macam varian solusi yang baru. Dari varian solusi tadi, desainer mengambil keputusan dalam pemilihan varian yang dikehendaki, biasanya faktor estetika menjadi pertimbangan dalam memutuskan (Bohnacker, 2009)



Gambar 1. Proses generative desain

Dalam penelitian ini *generative design* digunakan dalam melakukan optimasi topologi dari komponen penampun pada mesin printer 3dimensi, dimana komponen ini merupakan komponen yang vital dalam keberhasilan dan kualitas hasil cetak 3 Dimensi. Optimasi topologi ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor 2017R2*, dimana fitur *Shape Generator* digunakan dalam perangkat lunak tersebut untuk melakukan optimasi dari model awal namun dengan reduksi massa dan tetap mempertahankan integritas dari struktur (Brown, 2016), selain itu hasil dari bentuk model geometri yang diperoleh diuji kembali dengan metode FEA agar memastikan hasil dari bentuk geometri tersebut memenuhi kriteria desain dan aman.

METODOLOGI PERANCANGAN

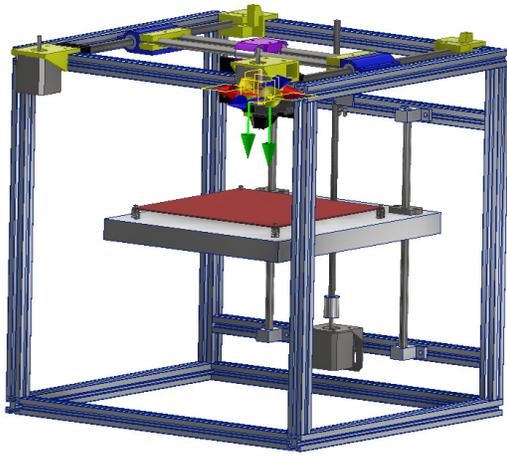
Kriteria dan batasan desain

Utama dkk. 2017 mengatakan bahwa komponen penampun mesin printer 3Dimensi merupakan komponen yang berfungsi sebagai landasan pada mesin printer 3Dimensi dalam mencetak hasil objek 3Dimensi, mesin printer yang digunakan adalah tipe *Fused Deposition Modeling (FDM)* seperti yang terlihat pada gambar 2. dengan ukuran maksimal hasil cetak adalah panjang 200mm, lebar 200mm dan tinggi 200mm. Material yang digunakan dalam mencetak adalah polimer tipe ABS, dimana dalam menentukan kriteria pembebanan adalah dengan mensimulasikan massa sebuah kubus berukuran 200mm x 200mm x 200mm dengan *infill* berjenis *cross* sebesar 20%, tebal cetak setiap lapisan adalah 0,2mm. Parameter pembebanan diperoleh dari hasil simulasi besaran massa yang hasil ini didapat dari perangkat lunak MatterControl 1.6 dimana perangkat lunak ini adalah berfungsi sebagai slicer yang bertugas melakukan *slicing* pada objek geometri, menghasilkan data posisi lintasan nosel pada setiap lapisan, suhu nosel, dan volume material yang digunakan untuk mencetak obyek geometri sesuai dengan parameter diatas. Data volume material diambil untuk mengetahui pembebanan maksimal pada komponen penampun pada saat hasil cetak mencapai 100%. Dari data yang diperoleh sebesar 1826,37 gram maka digunakan untuk menentukan kondisi pembebanan dengan jenis beban yang didistribusi melalui 4 titik.

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa komponen penampun memiliki desain dengan bentuk kantilever dimana beban yang ditumpu pada empat buah titik dan sebuah lead screw dan dua buah bantalan luncur sebagai penumpu kantilever tersebut. Bentuk desain awal dari penampun merupakan sebuah empat persegi

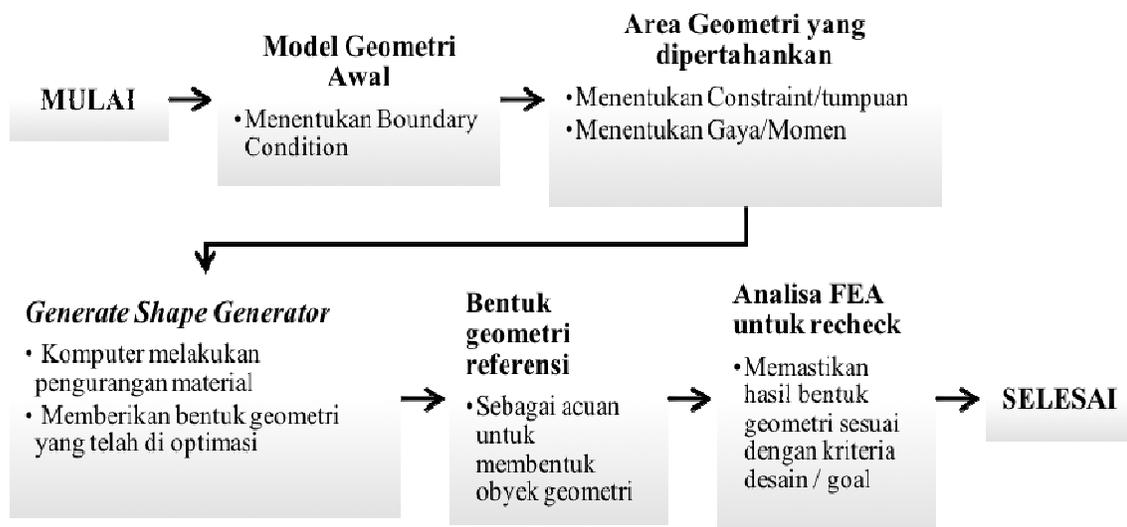
panjang dengan ukuran 350mm x 250mm dengan tebal 8mm.

Gambar 2. Mesin printer 3dimensi tipe FDM (Utama dkk., 2017)



Optimasi topologi

Salah satu fitur dalam perangkat lunak Autodesk Inventor adalah *shape generator* dimana ini merupakan sebuah konsep *generative design* yang diterapkan untuk melakukan optimasi topologi dari bentuk/model yang telah ada sebelumnya. Penerapan optimasi ini mengendepankan kekakuan dalam melakukan optimasi terhadap bobot / massa dari model geometri berdasarkan sejumlah batasan dan kriteria desain yang dimasukkan. Prosedur dalam melakukan optimasi ini adalah sebagai berikut (Ambayec, 2017).

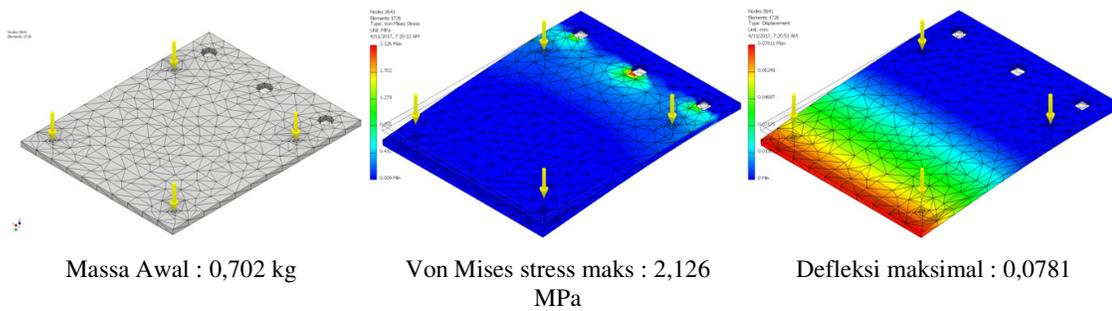


Gambar 3. Proses optimasi topologi dengan fitur shape generator

Proses optimasi topologi

Geometri awal yang merupakan sebuah pelat dengan material aluminium dengan dimensi

320mm x 260mm x 8mm dikondisikan seperti sebuah kantilever seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Simulasi FEA kondisi awal pembebanan.

Pada bagian lead screw tengah dikondisikan sebagai tumpuan jepit, dan dua buah bagian bantalan luncur dikondisikan dengan tipe tumpuan roll. Beban yang dibebankan pada penampang merupakan empat buah gaya dengan masing-masing 4,478N. Pada bagian di daerah tumpuan dan titik beban dibuat batasan yang dimana batasan ini merupakan volume yang dipertahankan. Selanjutnya pengurangan material dilakukan oleh komputasi dengan metode *generative* dan akan menghasilkan bentuk baru namun masih dalam area dalam penampang mula-mula, dan setelah hasil dari *generative* ini ditransfer ke CAD kembali untuk dilakukan idealisasi bentuk dengan mempertimbangkan *manufactureability*. Pada tahap ini model yang telah dilakukan idealisasi diuji kembali dengan metode FEA untuk mengetahui besaran tegangan yang terjadi dan defleksi yang terjadi. Proses ini dilakukan dengan batasan volume pada bagian tumpuan agar proses pengurangan material menghindari area ini. Selain itu batasan lain adalah parameter massa, pengurangan massa dilakukan dengan persentase antara 30-70% dengan interval sebesar 10% pada setiap kondisi pengurangan massa akan dihasilkan sesuai dengan kriteria tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

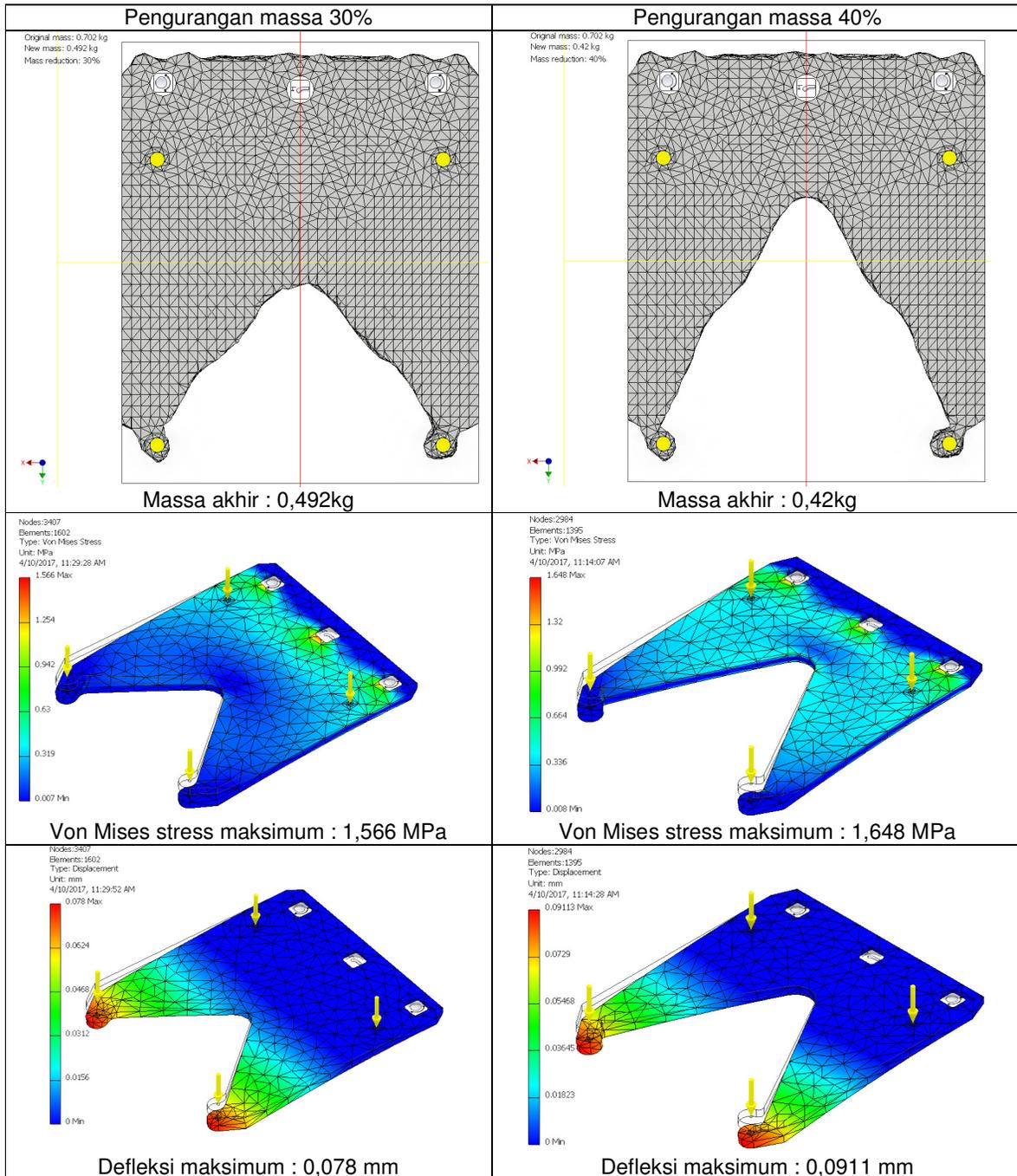
Pada hipotesa awal dalam penelitian ini adalah jika sebuah benda dengan bentuk kantilever akan meraih optimal jika terjadi pengecilan penampang permukaan saat menjauhi tumpuan nya, hal ini menjadi dasar dimana pengecilan penampang dilakukan oleh proses yang ada dalam algoritma generative design di perangkat lunak Autodesk Inventor. Namun demikian stress akan meningkat seiring dengan mengecilnya penampang tersebut, dan juga defleksi yang terjadi akan membesar, dalam hal ini defleksi menjadi suatu batasan dimana saat defleksi mendekati titik maksimal yang ditentukan dalam kriteria desain tercapai maka proses

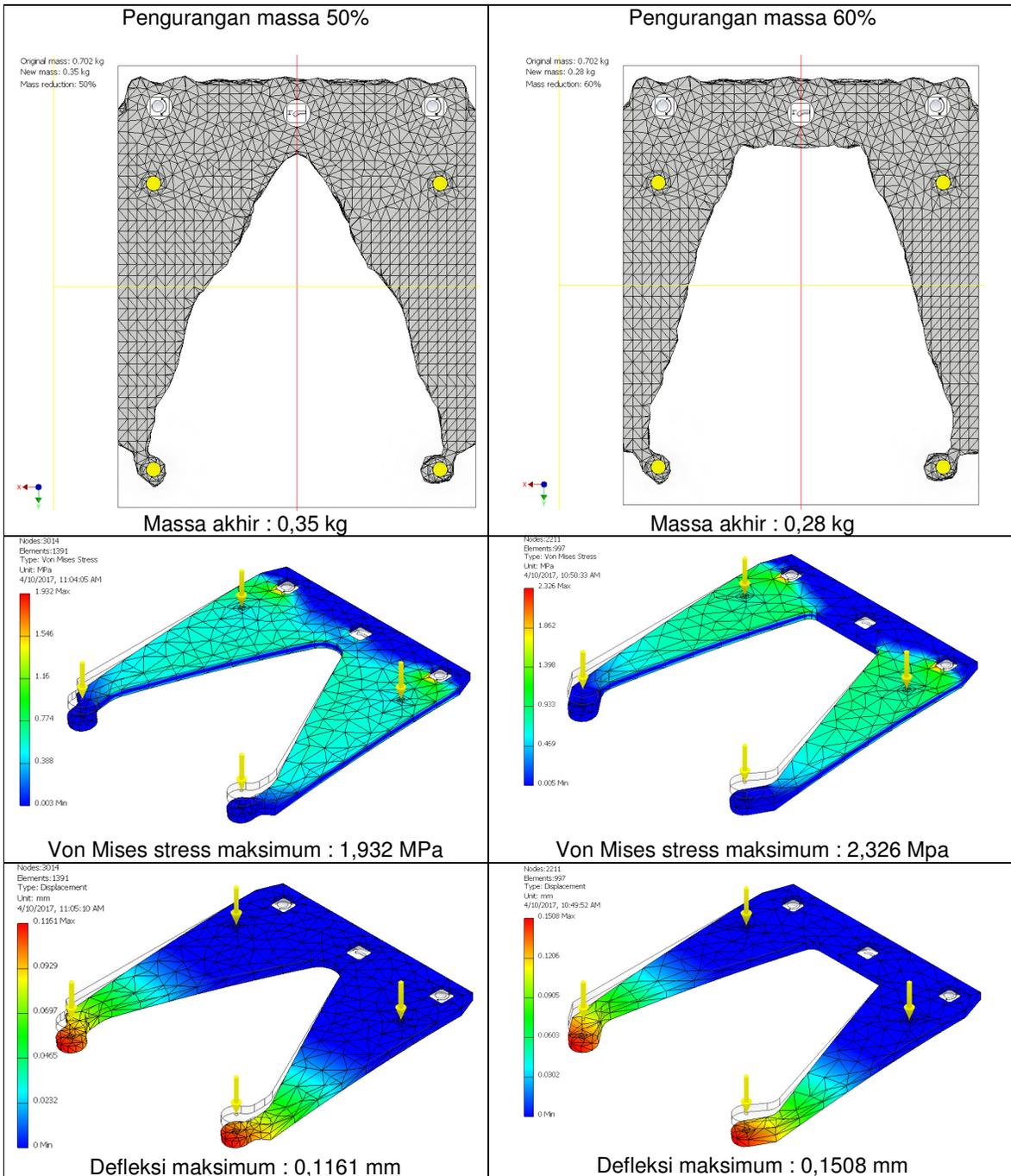
pengurangan massa dihentikan. Untuk lebih jelasnya maka hasil dari proses optimalisasi topografi ini telah dilakukan dan hasilnya dapat dilihat pada table 1.

Dari hasil optimalisasi diatas bahwa terlihat fenomena pengecilan penampang pada area menaui titik tumpuan adalah benar terjadi, dapat disimpulkan bahwa pengecilan penampang ini dilakukan untuk mendistribusikan tegangan yang terjadi sehingga meminimalisasi konsentrasi tegangan pada area tumpuan.

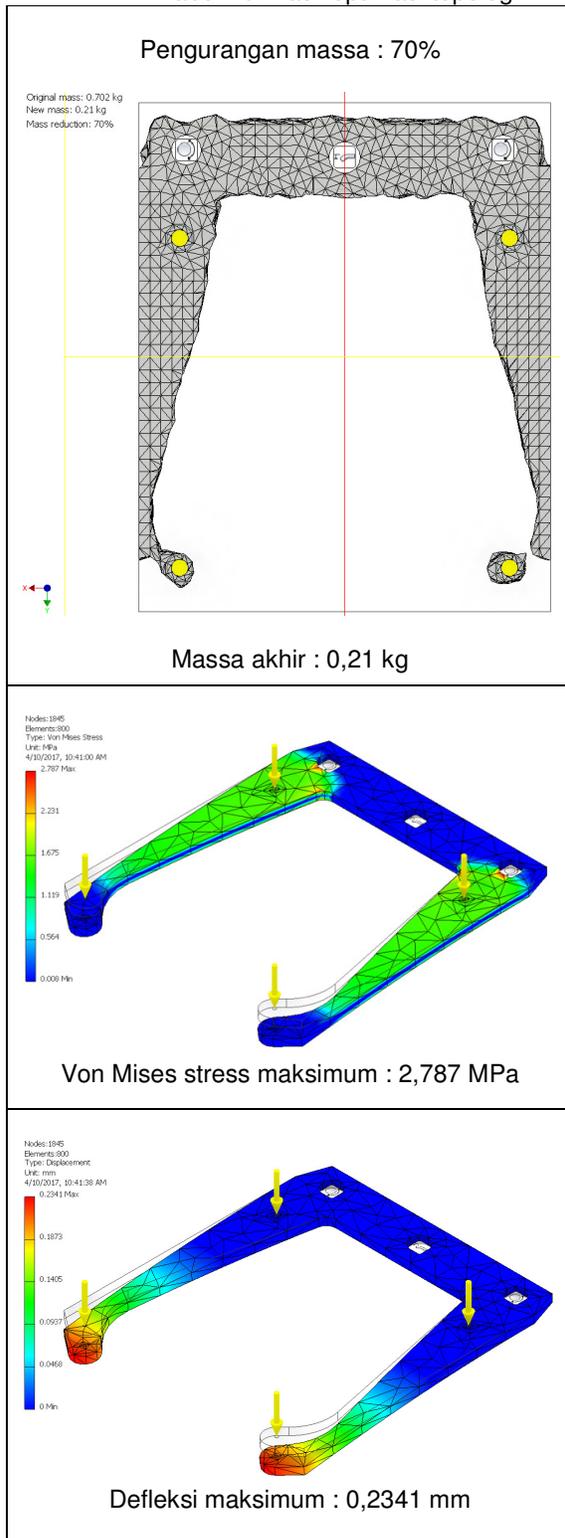
Pada gambar 5. terlihat bahwa grafik pada bentuk awal dari penampang memiliki tegangan maksimal sebesar 2,216MPa dimana kondisi ini memiliki massa yang paling maksimal, seiring dengan berkurangnya massa saat proses optimalisasi topografi maka terlihat bahwa defleksi meningkat mendekati linier, namun stress yang terjadi menurun secara dratis pada 30% pengurangan massa, hal ini disebabkan mulai terjadi distribusi tegangan ke bagian penampang kantilever tersebut, lalu fenomena bahwa semakin penampang dkecilkan dengan mengurangi massa, maka stress meningkat mendekati linier.

Tabel 1a. Hasil optimasi topologi



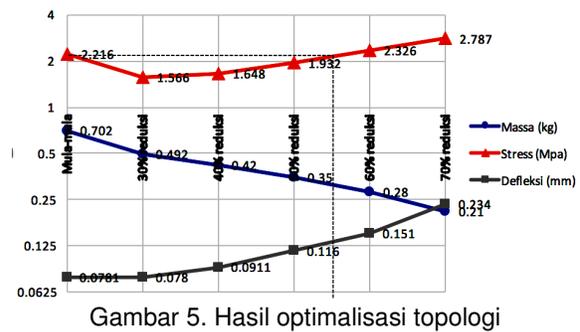


Tabel 1b. Hasil optimasi topologi

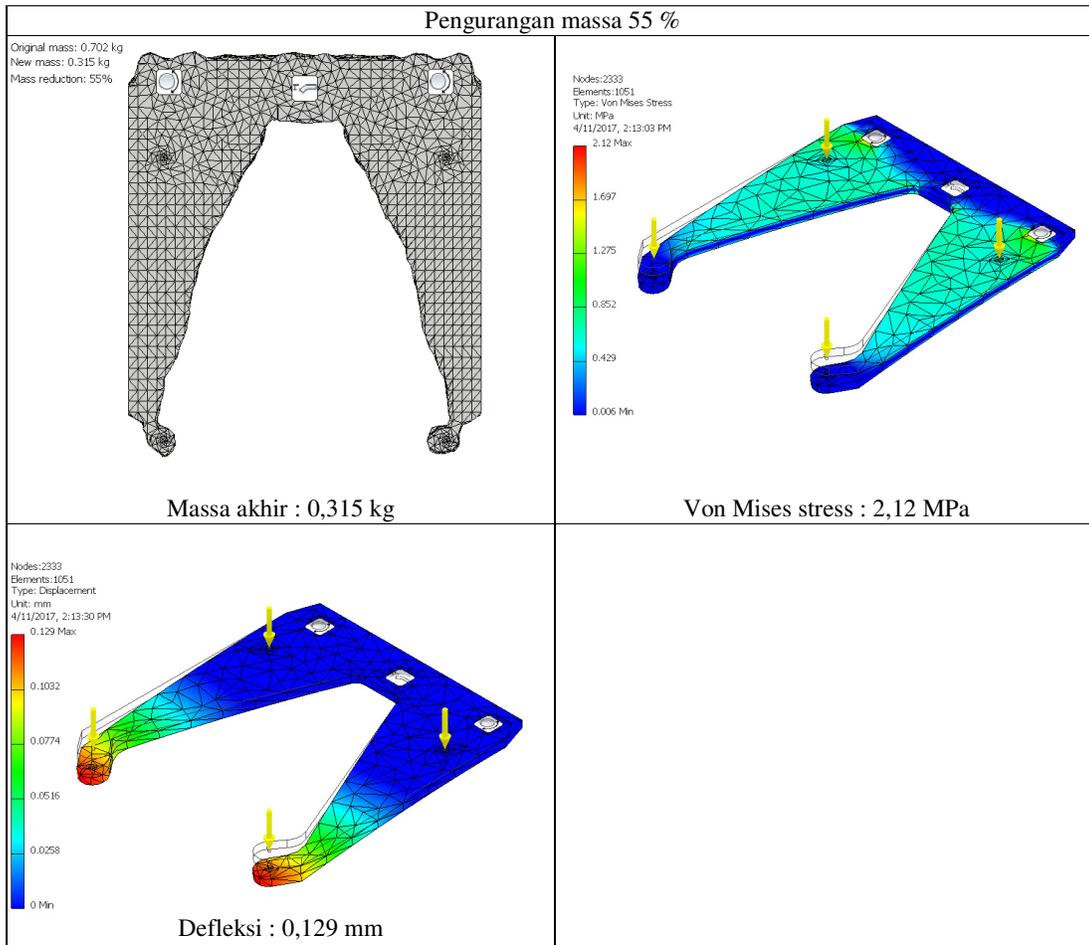


Pemilihan desain optimum

Pada pemilihan desain dalam hal ini bentuk yang ideal maka diperlukan kriteria yang cocok, jika melihat grafik pada gambar 5 maka kriteria utama adalah tidak melebihi stress pada desain bentuk mula-mula dalam hal ini stress maksimum yang terjadi pada bentuk mula-mula adalah 2,216MPa maka dari grafik tersebut jika ditarik garis horisontal ke arah X positif (garis putus-putus) maka akan bertemu dengan garis interpolasi stress dan pada titik pertemuan ditarik garis vertikal ke arah Y negatif (garis putus-putus) maka garis itu terletak pada kisaran 55% reduksi/ pengurangan massa. Melalui analisis ini dilakukan proses optimasi komputasi kembali pada titik tersebut, hasil dari simulasi pada titik tersebut dapat dilihat pada gambar 6, pada hasil final nilai stress maksimal terjadi sedikit lebih kecil dari desain awal yakni sebesar 2,12 MPa dengan jumlah massa akhir adalah sebesar 0,315 kg dan defleksi maksimal terjadi adalah sebesar 0,129. Jika dilihat dari hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa kriteria desain terpenuhi yakni defleksi yang terjadi masih lebih kecil dari 0,4mm.



Gambar 5. Hasil optimalisasi topologi



Gambar 6. Hasil akhir optimasi desain

KESIMPULAN

Dari hasil analisa optimasi topografi dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan komputasi dalam membantu desainer menghasilkan desain yang optimum sesuai kriteria dan batasan desain terbukti dapat menghemat waktu dan dapat menghasilkan bentuk topografi yang unik dan bahkan diluar imajinasi dari desainer tersebut. Dari hasil yang didapat bentuk optimum adalah bentuk dengan pengurangan massa 55% menghasilkan massa sebesar 0,315 kg dan stress yang terjadi masih lebih kecil stress material yang di ijinakan dan defleksi yang terjadi juga masih lebih kecil yakni sebesar 0,129. Untuk penelitian lebih lanjut bahwa bentuk optimum ini dilakukan pengujian secara fisik dengan pembebanan sesuai kriteria guna mendapatkan data yang lebih akurat.

REFERENSI

- Aziz M.S., El-Sherif A.Y., 2016, Biomimicry as an approach for bio-inspired structure with the aid of computation, *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), 707-714.
- Ambayec N., 2017, Get started in inventor's shape generator. san rafael: Autodesk knowledge network.
- Bohnacker J.L., 2009, *Generative gestaltung*, Princeton Press, New York.
- Brown C., 2016, Insider article january 2016- inventor shape generator, Staines, Cadline Limited, United Kingdom.
- Gavacova J., Veres M., Grznar M., 2014, Computer aided generative design of automotive shaped components, *Buletin of*

- Engineering ACTA TEHNICA
CORVINIENSIS, 2(7), 19-22.
- Lars Brubaker, K. P. (2013). *Matter Control - Getting Started*. California: MatterHacker.Inc.
- Utama D.W., Darmawan S., Wijaya R.P., 2017, Desain dan aplikasi sistem gerak paralel, h frame, pemosisian gerak sumbu xy pada printer tiga dimensi, *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 1(1), 328-337.