

OPTIMASI DESAIN SIRIP PENGUAT PADA BANGKU PLASTIK

Didi Widya Utama

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara, Jakarta
e-mail: didiu@ft.untar.ac.id

Abstrak

Peningkatan kualitas produk dan penurunan cost produksi merupakan dua tujuan yang secara umum diinginkan dalam luaran sebuah desain produk. Optimalisasi dilakukan dalam desain produk bangku berbahan plastik polypropylene ini bertujuan untuk memperoleh desain yang optimal dari produk tersebut. Peningkatan kekuatan produk dengan cara melakukan modifikasi pada bagian sirip penguat dilakukan untuk mendistribusikan tegangan yang terjadi, sebelumnya terjadi konsentrasi tegangan pada bagian atas bangku dan setelah dilakukan penambahan sirip penguat maka konsentrasi tegangan ini dapat didistribusikan lebih merata ke bagian kaki bangku. Metode Elemen Hingga melalui komputasi dilakukan untuk mendapatkan variasi bentuk sirip yang optimal. Pertimbangan kemudahan penerapan modifikasi desain pada produk yang telah ada dijadikan faktor kriteria desain dan dengan tidak mengabaikan faktor berat produk, didapat desain yang optimal yakni tegangan rata-rata yang terjadi sebesar 16.7 MPa yakni 16.5% penurunan tegangan dan defleksi maksimum sebesar 13.39mm yakni penurunan 9.7 % namun penambahan berat produk sebesar 8.574gr atau 1,1% dari berat total keseluruhan produk.

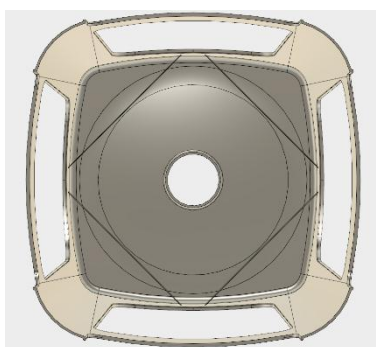
***Kata Kunci:** Metode elemen hingga, defleksi, optimalisasi.*

PENDAHULUAN

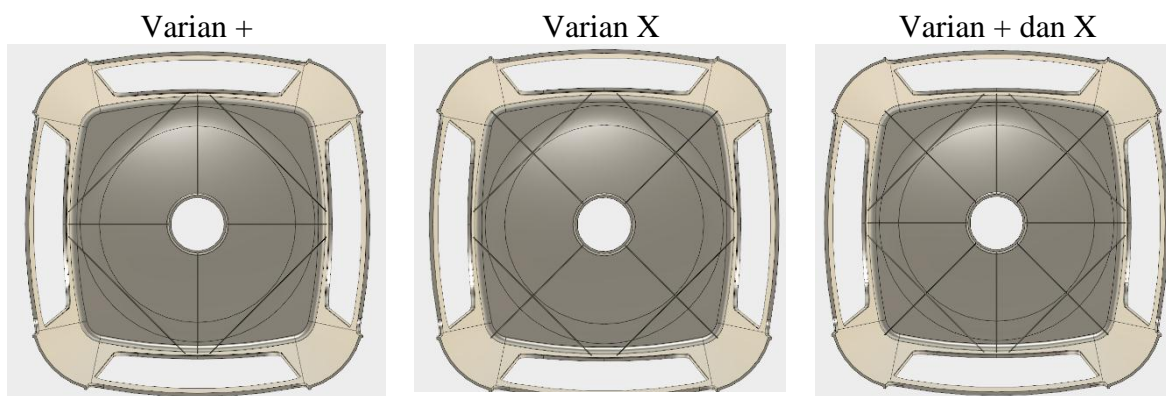
Produk plastik banyak dijumpai di kehidupan sehari-hari manusia, dari produk rumah tangga, otomotif, furniture, perkakas teknik, interior otomotif, alat kesehatan, dan masih banyak lagi aplikasi produk plastik. Produk plastik dinilai murah, ringan namun kuat, dan dengan skala produksi yang besar, produk plastik memiliki mampu bentuk yang baik. Dalam melakukan desain produk plastik, perlu dipertimbangkan faktor kekuatan terhadap berat, karena harga dari produk plastik sebanding dengan beratnya, jika produk tersebut semakin berat maka tentunya hal ini akan mempengaruhi harga dari produk tersebut, terlebih jika skala produk diproduksi dalam jumlah besar. Produk yang diteliti dalam penelitian ini adalah produk bangku plastik, dimana produk ini merupakan produk yang mudah dijumpai di masyarakat sehari-hari yang berfungsi secara umum berhubungan langsung dengan manusia. Produk bangku banyak beredar di pasaran dengan berbagai merek dan harga, tentunya semakin ringan produk tersebut maka harga produk akan semakin murah. Salah satu cara untuk mengurangi berat produk adalah dengan mengurangi ketebalan dari produk, karena produk plastik umumnya berbentuk cangkang, maka untuk mengatur ketebalan produk secara otomatis akan secara signifikan berefek pada berat keseluruhan. Namun demikian faktor kekuatan dan kekakuan produk juga menjadi pertimbangan yang harus dilakukan, hal ini terutama menyangkut fungsi produk dalam hal ini adalah bangku yang langsung menerima beban statis dari beban yang diletakkan di atasnya. Desain bangku yang tipis dapat menjadi kuat, berpengaruh terhadap bentuk bangku itu sendiri dan juga pada bagian tertentu diberikan sirip penguat. Fungsi dari sirip ini adalah untuk mendistribusikan beban sehingga merata ke seluruh bagian ketebalan bangku. Pada penelitian ini akan dibahas pengaruh bentuk sirip penguat pada bagian bawah tempat duduk bangku plastik yang mana bagian ini menerima beban langsung dari tempat duduk tersebut. Pertimbangan modifikasi desain dilakukan dengan menambahkan sirip penguat baru tanpa merubah desain sirip yang telah ada, hal ini untuk meminimalisasi perombakan cetakan plastik secara keseluruhan.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan adalah dengan cara melakukan pemodelan CAD 3Dimensi dengan perangkat lunak Autodesk Fusion 360 dan diukur dari produk asli dengan teknik reverse engineering. Metode ini dilakukan dengan cara mengukur produk dan memodelkan menjadi 3Dimensi CAD data. Selain itu ada model fisik yang diamati dan diidentifikasi terhadap kegagalan akibat beban lalu dilakukan analisis Stress dengan metode elemen hingga. Lokasi kegagalan pada produk fisik dilakukan analisa pendekatan visual terhadap hasil analisis FEA dan dibandingkan. Jika secara visual tervalidasi maka dapat disimpulkan bahwa model CAD mendekati produk fisik yang dimodelkan. Langkah selanjutnya dibuatkan tiga buah model bentuk sirip dengan ketebalan yang sama dengan sirip yang sebelumnya namun bersifat tambahan sirip penguat. Ada dua macam bentuk sirip yang dikombinasikan dengan bentuk sirip yang sebelumnya, adapun bentuk sisip yang divariasikan adalah berbentuk + dan x. Setelah dimodelkan bentuk sirip yang baru maka dikombinasikan ke model sehingga muncul varian bentuk sirip sejumlah tiga buah yakni seperti pada gambar dibawah ini:



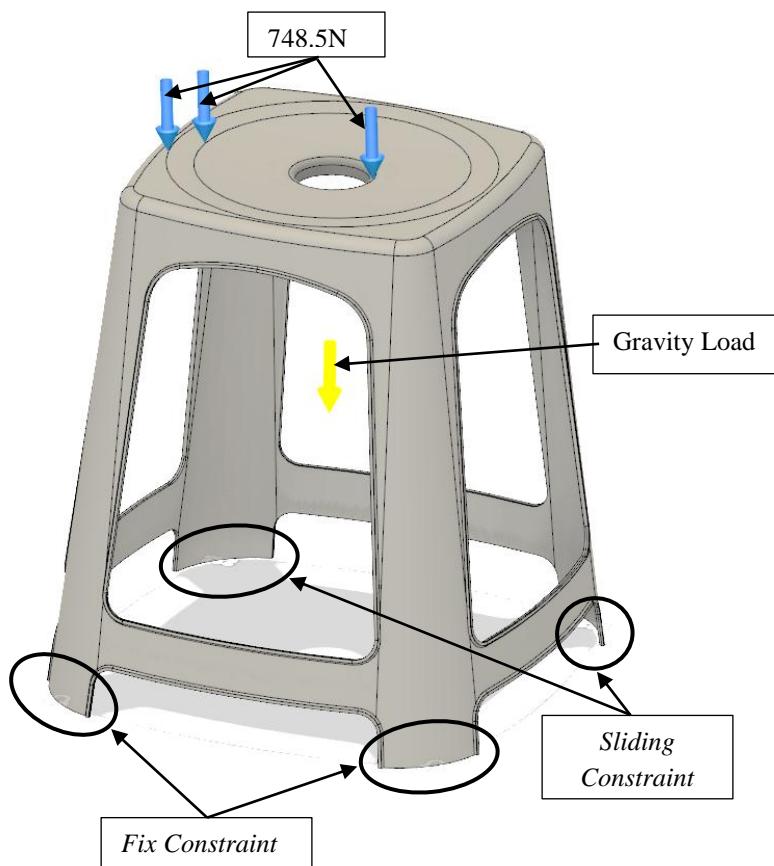
Gambar 1. Bentuk sirip produk awal



Gambar 2. Varian desain bentuk sirip penguat

Dari ketiga bentuk model sirip tersebut dilakukan analisa stress untuk didapatkan desain yang kuat dan optimal, dalam melakukan pemilihan bentuk yang terbaik dipertimbangkan juga berat dari masing-masing varian. Dalam melakukan analisis metode elemen hingga menggunakan perangkat lunak maka diperlukan kondisi pembebanan, posisi tumpuan. Dalam hal ini tumpuan yang digunakan adalah Fix Constraint pada dua buah kaki bangku yang dikombinasikan dengan Sliding Constraint pada kedua kaki bangku sisanya. Beban statis yang merepresentasikan manusia duduk adalah sebesar 784.5 N diletakkan pada bagian permukaan atas bangku, ditambah beban berat bangku itu sendiri

akibat gaya gravitasi. Secara visual kondisi pembebanan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. Kondisi pembebanan

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisa kegagalan pada produk awal

Pada produk bangku plastik yang diamati merupakan bangku plastik yang umum beredar di pasaran dengan spesifikasi produk adalah berbahan polypropylene dengan material properties adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Material Properties Polypropylene

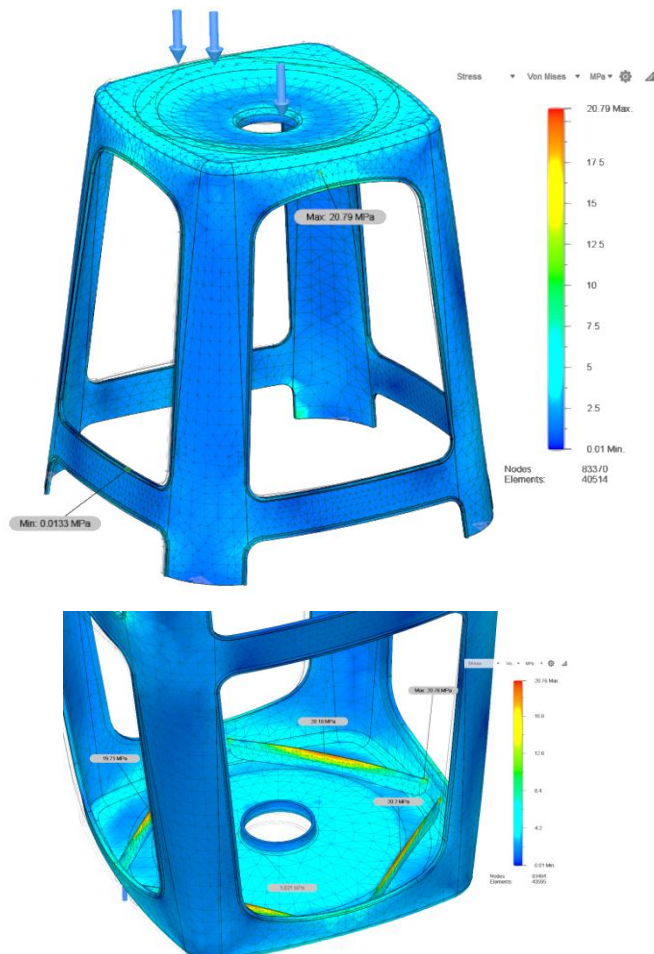
Material	Polypropylene
Density	8.99E-07 kg/mm ³
Poisson's Ratio	0.392
Young's Modulus	1340 Mpa
Yield Strength	30.3 Mpa
Ultimate Tensile Strength	36.5 Mpa
Thermal Conductivity	1.98e-04 W/(mmC)
Specific Heat	2731 J/(kgC)

Pada pengamatan beberapa produk plastik serupa muncul fenomena kegagalan yang sama pada saat penggunaan normal bahwa lokasi kegagalan muncul di area samping dan atas bangku seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



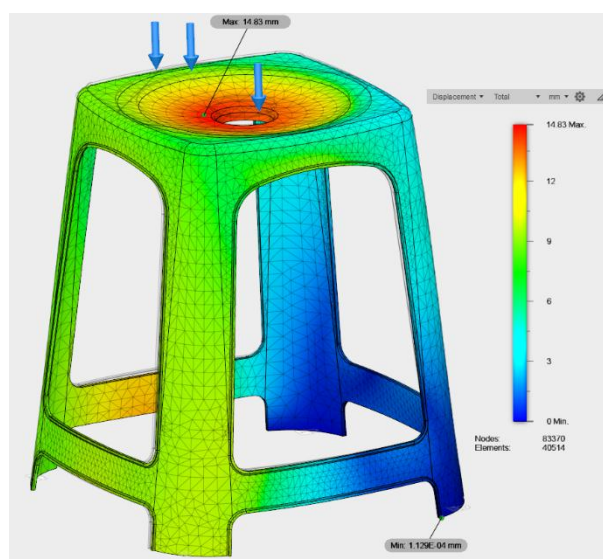
Gambar 4. Kegagalan pada produk

Hipotesis awal mengindikasikan kegagalan diakibatkan dari adanya pembebanan yang didistribusikan ke bagian pinggir bangku namun tidak terletak pada bagian tumpuan kaki bangkunya, sehingga hal ini akan menumbulkan konsentrasi tegangan pada bagian tersebut lalu terjadi patahan disekitar lokasi tersebut. Untuk memvalidasi hipotesis tersebut maka dibuktikan dengan analisis tegangan dengan metode elemen hingga melalui komputasi dimana hasilnya seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Stress analisis produk awal

Dengan membandingkan hasil analisis komputasi dan lokasi kegagalan maka dapat disimpulkan bahwa kegagalan terjadi akibat adanya pendistribusian beban melalui sirip penguat yang awal disalurkan ke bagian tepi bangku dimana bagian ini tidak langsung didistribusikan ke kaki bangku dimana beban seharusnya terdistribusi merata ke seluruh area bangku. Hal ini juga terlihat dengan besarnya defleksi yang terjadi terpusat pada bagian tengah area tengah bangku bagian atas seperti terlihat pada Gambar 6 berarti dapat disimpulkan beban tidak terdistribusi secara merata pada seluruh bagian bangku. Stress maksimum terdapat pada bagian keempat sirip dan seperti terlihat pada Gambar 5 sirip terlihat mengalami konsentrasi tegangan pada bagian tengahnya rata-rata sebesar 20.21 MPa, dan bagian pinggir sirip.



Gambar 6. *Displacement* pada atas permukaan bangku

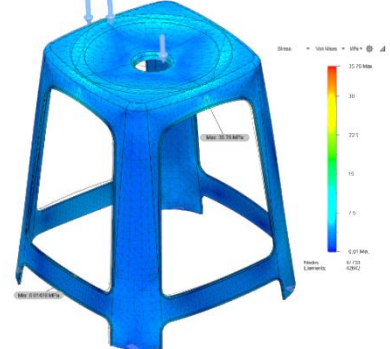
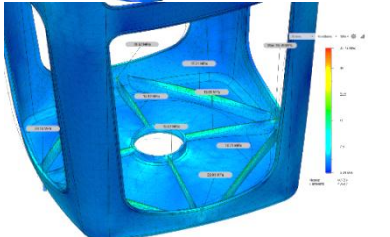
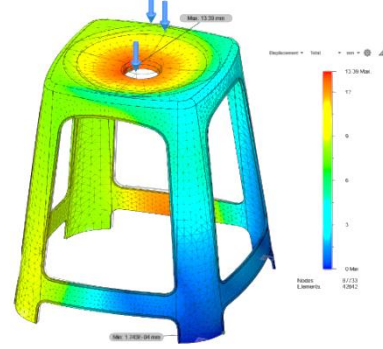
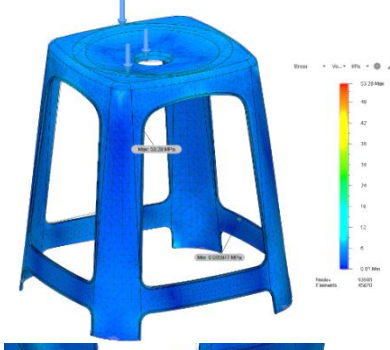
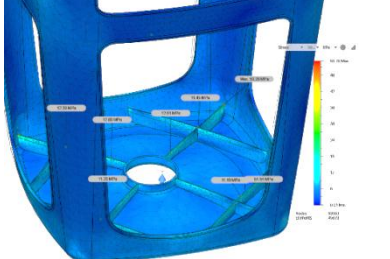
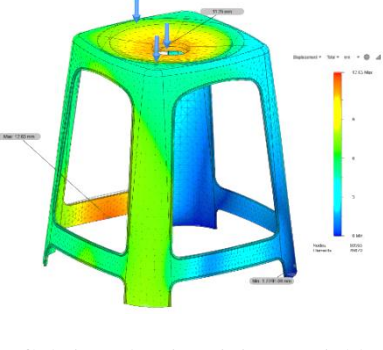
Bagian atas bangku terlihat terjadi defleksi maksimum pada bagian tengah sebesar 14.83mm dimana hal ini menunjukkan beban terkonsentrasi pada bagian tengah saja.

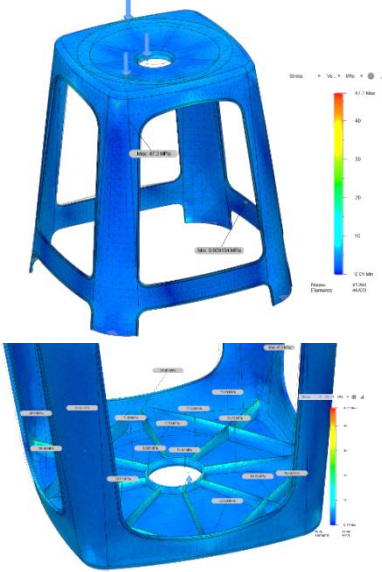
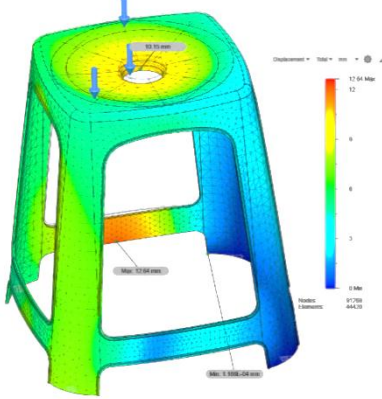
b. Optimasi desain sirip

Produk plastik ini dibuat dengan menggunakan proses injeksi plastik ke dalam cetakan, dimana jika hendak melakukan perubahan desain maka harus mempertimbangkan efisiensi penggunaan cetakan plastik yang telah ada sebelumnya, hal ini mencegah untuk melakukan penggantian cetakan yang relatif mahal. Unsur kepraktisan dalam melakukan modifikasi cetakan maka yang dapat dilakukan adalah penambahan sirip pada bagian bawah bangku dengan tujuan sirip tersebut berfungsi untuk mendistribusikan gaya ke seluruh area bangku. Bentuk sirip tambahan juga dipilih yang sederhana yakni berbentuk lurus dengan ketebalan yang sama dengan ketebalan sirip yang telah ada sebelumnya untuk memudahkan dalam melakukan modifikasi cetakan plastik yang telah ada. Pertimbangan terhadap berat keseluruhan juga menjadi parameter optimasi, berat awal produk adalah sebesar 772.471 gr.

Bentuk varian sirip adalah berbentuk + dan X, dari kedua bentuk tersebut dikombinasikan dengan bentuk sirip yang telah ada maka muncul menjadi tiga buah varian seperti terlihat pada Gambar 2. Dengan kondisi pembebanan yang sama dilakukan komputasi stress dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Simulasi FEA 3 Varian bentuk sirip

Jenis Varian	Stress	Displacement	Berat
<p style="text-align: center;">Varian +</p>	  <p>Tegangan yang terjadi pada varian ini relatif menurun dari sebelumnya, rata-rata tegangan maksimum pada sirip adalah 16.7 Mpa dimana mengalami penurunan tegangan sebesar 16.5 % dan ini masih dibawah yield stress material Penurunan ini akibat terdistribusinya beban melalui sirip tambahan ini.</p>	 <p>Pada tipe ini defleksi sedikit terdistribusi sehingga bagian permukaan atas bangku nilainya mengalami penurunan sebesar 1.44mm atau sebesar 9.7% dari mula-mula</p>	<p>Berat keseluruhan varian ini adalah 781.045 gr selisih terhadap berat awal sebesar 8.574gr atau 1.1 %</p>
<p style="text-align: center;">Varian X</p>	  <p>Pada varian ini tampak distribusi tegangan secara signifikan merata, rata-rata tegangan yang terjadi adalah 11.955 MPa, terjadi penurunan tegangan sebesar 40% dibandingkan dengan mula-mula.</p>	 <p>Defleksi pada tipe ini menunjukkan bahwa distribusi tegangan lebih terdistribusi merata ke kaki bangku terlihat pada bagian atas permukaan sudah bukan merupakan defleksi maksimum lagi, penurunan yang terjadi sebesar 3.58mm atau sebesar 24.14% pada permukaan atas bangku.</p>	<p>Berat keseluruhan varian ini adalah 784.364 gr selisih terhadap berat awal sebesar 11.893gr atau 1.53 %</p>

Jenis Varian	Stress	Displacement	Berat
<p>Varian + & X</p>	 <p>Pada varian terakhir ini yang mengkombinasikan kedua tipe sirip mengalami distribusi tegangan yang merata namun tidak signifikan dibandingkan dengan varian X, adapun tegangan rata-rata yang terjadi pada varian ini adalah sebesar : 9.8MPa atau sebesar 51% mengalami penurunan stress jika dibandingkan produk awal.</p>	 <p>Pada varian ini terlihat bahwa distribusi beban cukup merata dan tidak signifikan dibandingkan varian X, penurunan defleksi pada permukaan atas bangku sebesar 4.68 atau 31.5 %.</p>	<p>Berat keseluruhan varian ini adalah 792.933 gr selisih terhadap berat awal sebesar 20.462 gr atau 2.64 %</p>

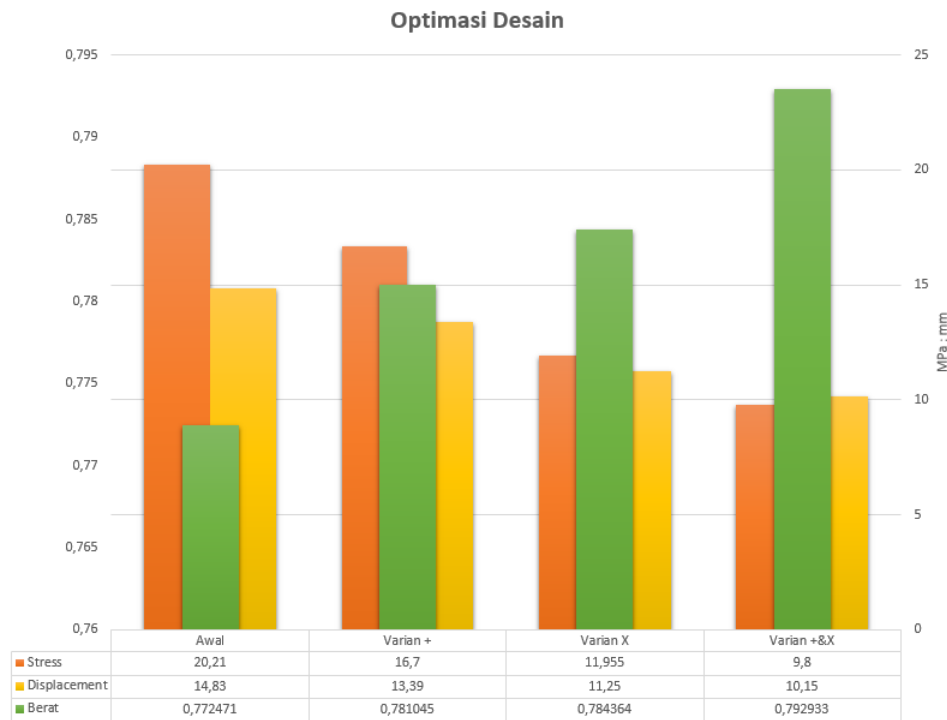
c. Analisis Optimasi Desain dan Pemilihan

Pada ketiga hasil analisis simulasi komputasi FEA tersebut perlu dilakukan pemilihan desain yang paling optimum berikut tabel hasil simulasi secara keseluruhan:

Tabel 3. Data hasil simulasi FEA

Varian Sirip	Stress (MPa)	Displacement (mm)	Berat (Kg)
Awal	20.21	14.83	7.72471 e-01
Varian +	16.7	13.39	7.81045 e-01
Varian X	11.955	11.25	7.84364 e-01
Varian + & X	9.8	10.15	7.92933 e-01

Dari grafik di bawah dapat dilihat bahwa pada produk awal merupakan produk yang paling ringan, namun dengan nilai stress dan displacement tertinggi, terlihat pula pada kombinasi kedua jenis sirip yakni + dan X terlihat pula bahwa stress yang terjadi dapat ditekan hingga dibawah 10MPa, namun dengan mengorbankan berat produk naik sebesar 2,67%. Dengan mempertimbangkan faktor berat produk dan merujuk ke gambar grafik diatas maka dapat dikatakan pada varian + memiliki desain yang optimum, dimana pada varian + ini terdapat penurunan nilai Stress dan Displacement namun tidak berdampak pada naiknya berat secara signifikan yakni sebesar 1,1 % saja.



Gambar 7. Grafik Optimasi Desain Sirip

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi FEA pada produk bangku plastik diperoleh nilai yang optimal antara stress, displacement dan berat, maka varian+ merupakan desain bentuk sirip yang paling optimal dengan nilai stress sebesar 16.7MPa dan dengan nilai displacement maksimum sebesar 13.39mm serta berat sebesar 0.781 Kg.

DAFTAR PUSTAKA

1. Paul D.Q. Campbell, Plastic Component Design, Industrial Press Inc, Newyork, 1996
2. D.V. Rosato, Plastics Engineered Product Design, ElSevier, 2003
3. Harold Belofsky, Plastics: Product Design and Process Engineering, Hanser Publisher, NewYork, 1995
4. http://www.celanese.com/-/media/Engineered%20Materials/Files/White%20Papers/CEM-014_CelaneseDesignInPlasticWP_AM_0913.pdf.