

ANALISIS KEGAGALAN DAN OPTIMASI RANCANGAN PRODUK *ROLLER BLIND* UNTUK CV. SAMA JAYA

Dadan Heryada Wigenaputra¹, Radi Hikmat Munandar²

(1) Dosen Jur. Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur

Negeri Bandung, Jl. Kanayakan 21 Bandung 40135

email : dadan_heryada@polman-bandung.ac.id

(2) Mahasiswa D4 Polman Jur. Teknik Rekayasa dan Pengembangan Produk

email : radze77@gmail.com

Abstrak

Proses pembuatan produk plastik menggunakan cetakan injeksi plastik, dalam prosesnya terdapat banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilannya. Salah satu parameter keberhasilan produk hasil *injection mold* adalah perancangan produk. Perancangan produk menjadi penting ketika produk mendapat perlakuan tertentu, seperti menerima beban luar. Kesalahan pada rancangan produk dapat berdampak buruk seperti kegagalan produk yang mengakibatkan proses produksi terganggu. *Roller blind* merupakan komponen hasil *injection mold* yang dipasang pada ujung *cone* yang berfungsi sebagai penutup sekaligus penahan beban akibat tumpukan gulungan kain lainnya. Akibat dari gulungan kain yang saling menumpuk, *roller blind* melenting atau mengalami perubahan bentuk permanen (deformasi plastis). Fitur penguat adalah salah satu cara untuk mengurangi/menghilangkan perubahan bentuk permanen pada produk sehingga kekakuan atau kekuatan produk bertambah. Kekuatan produk yang diukur yaitu berdasarkan gaya yang mampu ditahan produk. Fitur penguat diorientasikan pada daerah produk yang mengalami perubahan bentuk. Pada kasus penambahan dan pengembangan fitur penguat pada produk perlu dilakukan pengkajian terhadap kelayakan dan kekuatan fitur tersebut. Pengembangan produk yang sudah dilakukan dengan batasan perubahan dari daftar tuntutan berupa massa produk maksimal sebesar 129,86 gram, material PP, diameter produk yang berpasangan tidak dirubah, dan perubahan yang tidak terlalu besar pada bagian *core* dan *cavity* dari cetakan lama masih belum bisa mengatasi kegagalan produk akibat pembebanan. Hal ini dikarenakan produk tidak dapat memenuhi kekuatan menahan beban dari kondisi pembebanan statis dimana gaya yang harus ditahan produk minimal sebesar 1425 N dan dari hasil optimasi yang telah dilakukan hanya mampu menahan gaya hingga 1212,5 N. Maka dari itu, rancangan produk *roller blind* hasil pengembangan belum dapat diterima menjadi rancangan baru.

Kata kunci : *Pembebanan, Deformasi Plastis, Optimasi Rancangan.*

1. PENDAHULUAN

Proses pembuatan produk plastik dengan mesin injeksi dan *mold* sebagai cetakan dikenal dengan istilah *injection mold*. Dalam proses ini terdapat banyak parameter dan variabel yang mempengaruhi keberhasilannya. Salah satu parameter keberhasilan hasil *injection mold* adalah perancangan produk. Perancangan produk menjadi penting ketika produk

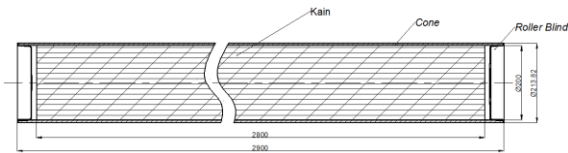
mendapat perlakuan tertentu, seperti menerima beban luar.

Kesalahan atau kekurangan pada perancangan produk mengakibatkan produk tersebut mengalami cacat. Salah satu contoh kasus kesalahan perancangan produk yang penulis dapat dari CV. Sama Jaya yaitu produk *Roller Blind*. *Roller blind* merupakan komponen hasil *injection mold* yang dipasang pada ujung *cone* yang berfungsi sebagai penutup sekaligus

penahan beban akibat tumpukan gulungan kain lainnya. Komponen pada *assembly* gulungan kain terdiri dari *cone*, kain, dan *roller blind* sebagaimana terlihat pada gambar 1.1 dan gambar 1.2.

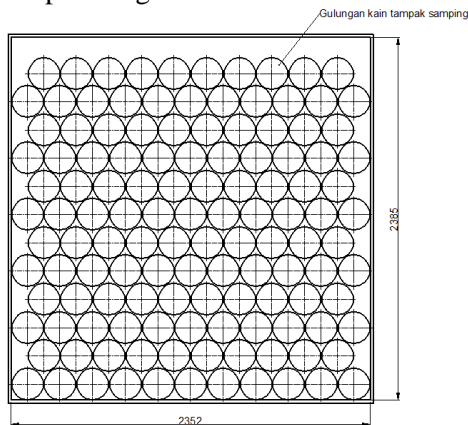


Gambar 1.1 Roller blind dipasang pada cone

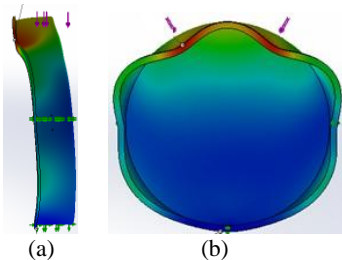


Gambar 1.2 Komponen pada gulungan kain

Gulungan kain disusun dalam suatu kontainer dengan ukuran 2352 x 2385 x 5898 mm. Dalam satu tumpukan terdapat 126 gulungan kain. Akibat dari gulungan kain yang saling menumpuk, *roller blind* melenting atau mengalami perubahan bentuk permanen. Gambar 1.3 menunjukkan ilustrasi produk ketika berada di kontainer. Beban terbesar yang diterima oleh produk *roller blind* yaitu yang berada pada bagian bawah kontainer.



Gambar 1.3 Layout pemasangan gulungan kain pada kontainer



Gambar 1.4 (a) Roller blind pandangan depan (b) roller blind pandangan samping

Gambar 1.4a dan 1.4b merupakan ilustrasi perubahan bentuk akibat pembebanan pada *roller blind*. Daerah produk yang mengalami perubahan bentuk paling besar yaitu pada bagian dinding (gradien hijau dan merah).

Dengan meninjau dari permasalahan yang ada, terdapat rumusan masalah yaitu pembahasan mengenai penyebab produk mengalami kegagalan berupa deformasi plastis dan solusi yang dapat mengurangi/menghilangkan permasalahan tersebut.

Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini yaitu untuk mengatasi kegagalan produk akibat mengalami deformasi plastis, dan meningkatkan kekuatan produk berupa peningkatan gaya yang mampu ditahan produk. Kajian yang akan dilakukan penulis dibatasi oleh dimensi produk mengacu pada produk jadi dan gambar kerja produk, simulasi pembebanan pada produk menggunakan *software Solidworks Simulation*, analisis yang dilakukan pada produk hasil *injection mold*, alternatif produk, *rapid prototyping*, dan analisis hasil pengujian digunakan sebagai verifikasi kekuatan produk.

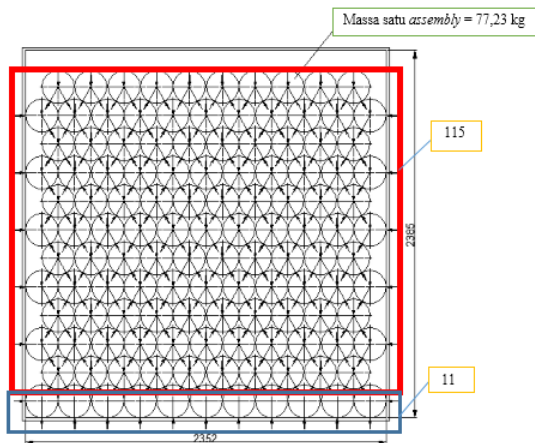
2. PENELUSURAN MASALAH

Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang terjadi pada produk, setelah proses identifikasi dilanjutkan dengan pengumpulan data dan analisis kemungkinan penyebab masalah tersebut. Lalu diambil hipotesis awal penyebab dan metoda penyelesaiannya. Setelah tahapan awal dilakukan, dilanjutkan dengan mensimulasikan pembebanan pada produk menggunakan *software Solidworks Simulation*.

2.1 Perhitungan Berat Kain

Massa gulungan kain (m) = massa kain + massa cones/tabung + massa *roller blind* = 77,23 kg.

2.2 Perhitungan Gaya pada *Roller Blind*



Gambar 2.1 Layout pemasangan gulungan kain pada kontainer

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa gaya terbesar yang diterima gulungan kain yaitu pada posisi paling bawah. Gaya akibat tumpukan gulungan kain digantikan dengan W_t karena merupakan gaya terdistribusi.

Tahapan berikutnya setelah mendapatkan massa gulungan kain, yaitu mencari nilai gaya yang terjadi pada gulungan kain. Tabel 2.1 merupakan petunjuk untuk menerangkan variabel perhitungan.

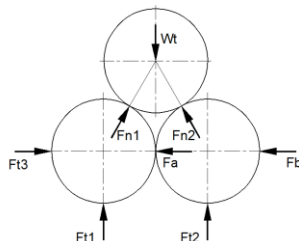
Tabel 2.1 Variabel dan parameter perhitungan

Variabel	Keterangan	Satuan
W_t	Gaya distribusi	N
W	Gaya berat	N
g	Percepatan gravitasi (9,81)	$\frac{m}{s^2}$
n	Jumlah produk	-

a. Gaya berat

$$W = m \times g = 757,63 \text{ N}$$

b. Gaya distribusi



Gambar 2.2 Diagram Benda Bebas pada gulungan kain

$$W_t = \frac{(W \times n)}{\text{jumlah produk di bawah (11)}}$$

$$= 7920,68 \text{ N}$$

c. Gaya pada gulungan kain

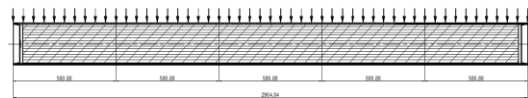
Tabel 2.2 Hasil perhitungan gaya pada gulungan kain

Variabel	Nilai
F_{n1}/F	4573,14 N
F_{n2}/F	4573,14 N
F_{t1}	8678,53 N
F_{t2}	4524,25 N
F_{t3}	2174,66 N
$F_a = F_b$	0 N

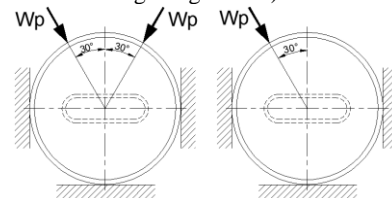
Tabel 2.2 merupakan hasil perhitungan gaya pada gulungan kain dengan berdasarkan diagram benda bebas yang sudah didapat.

d. Pencarian gaya pada *roller blind*

Untuk mencari gaya yang terjadi pada *roller blind*, dilakukan pendekatan perhitungan gaya pada *roller blind* dengan pemotongan jarak dari 1/5 panjang gulungan kain sebagaimana terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pemotongan jarak (1/5 panjang gulungan kain)



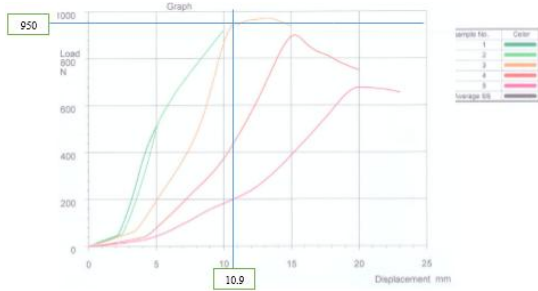
Gambar 2.4 Pemotongan jarak (1/5 panjang gulungan kain)

$$W_p = \frac{1}{5} x F$$

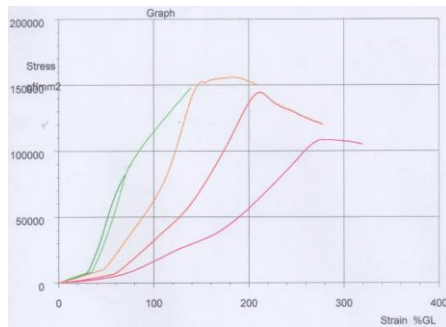
$$= 914,63 \text{ N}$$

Gambar 2.4 merupakan ilustrasi arah gaya hasil pemotongan jarak yang diaplikasikan pada kondisi pembebanan nyata di dalam kontainer. Nilai W_p yang didapat merupakan pendekatan gaya yang terjadi pada *roller blind*. Namun, nilai spesifik gaya pada *roller blind* belum bisa didapat. Maka dari itu, dilakukan pengujian untuk mencari nilai gaya spesifik yang menyebabkan *roller blind* mengalami deformasi plastis.

2.3 Uji Tekan pada *Roller Blind*



Gambar 2.5 Kurva load-displacement



Gambar 2.6 Kurva stress-strain

Gambar 2.5 merupakan kurva *displacement-force* hasil uji tekan pada *roller blind*. Pada kurva *load-displacement* ini diperoleh data berupa gaya yang mengakibatkan produk mengalami deformasi plastis atau melewati *yield point* material yaitu pada kurva kedua (warna hijau muda). Gaya tersebut sebesar 950 N dan defleksi sebesar 10,9 mm.

Sub bab 2.2 membahas tentang perhitungan gaya pada gulungan kain dimana nilai gaya yang terjadi pada gulungan kain (*Wp*) yaitu sebesar 914,63 N. Dengan membandingkan nilai tersebut terhadap hasil pengujian didapat korelasi bahwa gaya dari hasil perhitungan bukan merupakan gaya yang terjadi pada *roller blind* melainkan gaya yang menimpa *assembly* gulungan kain, yaitu *roller blind*, *cone*, dan kain.

Tabel 2.3 Gaya dan tegangan maksimum

TestID=2927	Sectional ar	Maximum poin	Maximum poin	MaxPoint	Elong0.5mm	Elong1mm
Test No	mm2	Load N	Stress N/mm2	Stress gf/mm2	Load N	Load N
1	0.6352	508.42	10.168	1036.9	11.801	23.443
2	0.6352	919.19	18.384	1874.6	10.248	20.273
3	0.6352	969.57	19.391	1977.4	9.1706	17.204
4	0.6352	898.30	17.966	1832.0	2.3609	6.7633
5	0.6352	675.90	1064.1	108503	2.2154	5.0273
Average	0.6352	794.27	225.99	23045.	7.1592	14.542
Max.	0.6352	969.57	1064.1	108503	11.801	23.443
Min.	0.6352	508.42	10.168	1036.9	2.2154	5.0273
Range	0.0000	461.14	1053.9	107466	9.5859	18.416
Standard Deviation(=1)	0.0000	195.50	468.50	47774.	4.5442	8.2189
Coefficient of variation	0.0000	24.613	207.31	207.31	63.474	56.518

Dengan memanfaatkan data hasil pengujian pada kurva kedua dengan tabel 2.3, dilakukan interpolasi untuk menentukan nilai *yield strength roller blind*.

$$\frac{969,57}{19,391} = \frac{950}{yield\ strength}$$

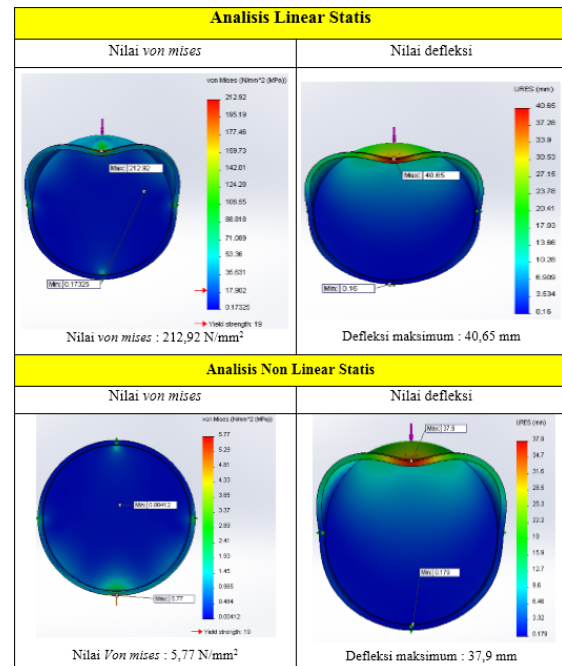
$$yield\ strength = 18,999\ N/mm^2$$

$$\approx 19\ N/mm^2$$

Didapat *yield strength roller blind* sebesar $19\ N/mm^2$, nilai ini digunakan sebagai acuan batas tegangan produk agar tidak terdeformasi plastis.

2.4 Simulasi Uji Tekan pada *Roller Blind*

Tabel 2.4 Hasil analisis tegangan *von mises* dan defleksi



Berdasarkan hasil analisis *software* seperti terlihat pada tabel 2.4, pada analisis linear statis didapat data bahwa pembebanan dengan gaya 950 N membuat produk mengalami deformasi plastis sedangkan pada analisis non linear, produk tidak mengalami deformasi plastis. Pada tahapan selanjutnya, analisis yang akan dilakukan yaitu dengan analisis non linear karena plastik merupakan material nonlinear.

3. PENGEMBANGAN PRODUK

Sebelum melakukan pengembangan produk baru, perlu didefinisikan terlebih dahulu sejauh mana perubahan produk yang dapat dibuat. Aspek tuntutan yang diinginkan berupa batasan perubahan pada produk dan cetakan seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Daftar tuntutan

No.	Aspek Tuntutan	Daftar Tuntutan	Spesifikasi Tuntutan	Skala Prioritas
1.	Produk	Ukuran produk	Diameter produk yang berpasangan tidak dirubah	*
			Perubahan pada lebar produk	**
		Material produk	Polypropelene (PP)	*
		Massa produk	Massa tambahan produk maksimal 10 gram	*
2.	Cetakan/mold	Perubahan cetakan	Tidak dilakukan penggantian cetakan. Perubahan pada konstruksi cetakan lama sedikit, yaitu hanya pada bagian <i>core</i> dan <i>cavity</i>	*

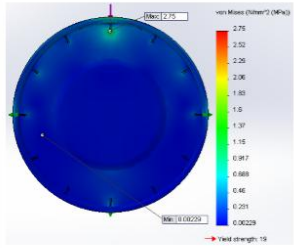
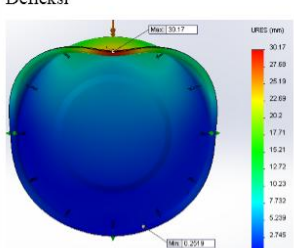
Keterangan :

(*) Tuntutan utama yang harus terpenuhi.

(**) Tuntutan sekunder yang dapat disesuaikan.

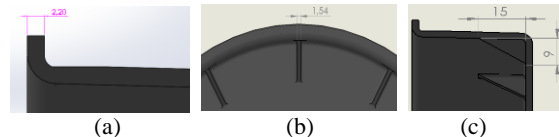
Hasil dari tahap ini adalah dihasilkannya konsep rancangan produk terpilih yang akan dikembangkan yaitu alternatif dengan fitur penguat *gusset*. Tabel 3.2 merupakan hasil analisis tegangan *von mises* dan defleksi pada *software* dimana merupakan alternatif yang optimal.

Tabel 3.2 Hasil simulasi pada alternatif 1

Hasil simulasi	Keterangan
<p>Tegangan Von Mises</p>  <p>Defleksi</p> 	<p>Tegangan <i>von mises</i> yang terjadi pada perbaikan rancangan produk alternatif 1 yaitu sebesar 2,75 N/mm², dan defleksi maksimum yang dihasilkan sebesar 30,17 mm.</p>

Massa dari *roller blind* pengembangan adalah 118,80 gram. Berikut ini merupakan dimensi *roller blind* pengembangan yang digunakan pada proses pengembangan produk yang telah dilakukan :

- Tebal produk : 2,2 mm (gambar 3.1a)
- Tebal *gusset* : 1,54 mm (gambar 3.1b)
- Tinggi *gusset* : 15 mm (gambar 3.1c)
- Panjang *gusset* : 9 mm (gambar 3.1c)



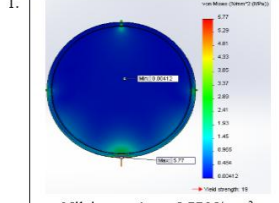
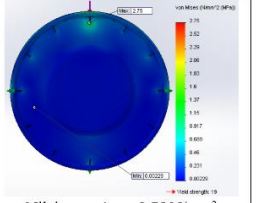
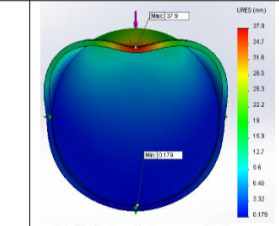
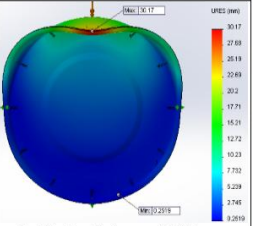
Gambar 3.1 (a) Tebal produk ; (b) tebal *gusset* ; (c) tinggi dan panjang *gusset*

4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS HASIL PENELITIAN

4.1 Hasil Simulasi

Hasil komparasi menunjukkan nilai tegangan *von mises* pada *roller blind* awal yaitu sebesar 5,77 N/mm² sedangkan pada *roller blind* pengembangan nilai tegangannya lebih rendah sebesar 2,75 N/mm². Kemudian defleksi pada *roller blind* pengembangan lebih kecil dibandingkan *roller blind* awal. Hal ini menunjukkan dengan adanya fitur *gusset* kekuatan dan kekakuan produk telah meningkat. Secara garis besar dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan hasil simulasi *roller blind* awal dan *roller blind* pengembangan

	<i>roller blind</i> awal	<i>roller blind</i> pengembangan
1.	 <p>Nilai <i>von mises</i> : 5,77 N/mm²</p>	 <p>Nilai <i>von mises</i> : 2,75 N/mm²</p>
	 <p>Defleksi maksimum : 37,9 mm</p>	 <p>Defleksi maksimum : 30,17 mm</p>

4.2 Analisis Hasil Penelitian

Tabel 4.2 Perbandingan *roller blind* awal dengan *roller blind* pengembangan

Variabel	<i>Roller blind</i> awal	<i>Roller blind</i> pengembangan
Gaya pada <i>yield strength</i> (N)	950 N	1067,23
<i>Yield strength</i> (N/mm ²)	19	18,03
Kekuatan tekan maksimum (N/mm ²)	19,391	18,32
Defleksi pada <i>yield point</i> (mm)	10,9	11,22

Berdasarkan tabel 4.2 diperoleh data peningkatan kekuatan produk *roller blind* hasil pengembangan. Dengan kondisi gaya pada *yield strength*, gaya yang mampu ditahan oleh *roller blind* pengembangan sebesar 1067,23 N dari gaya awal sebesar 950 N. Hal ini menandakan terjadi peningkatan kekuatan dari *roller blind* pengembangan terhadap gaya yang mampu ditahan. Kemudian nilai *yield strength* dan *ultimate tensile strength* antara *roller blind* awal dengan *roller blind* pengembangan tidak memiliki perbedaan yang jauh karena material yang digunakan sama sehingga sifat mekaniknya juga sama. Lalu defleksi pada *yield point* untuk *roller blind* pengembangan lebih besar sehingga jarak yang dibutuhkan produk untuk mengalami deformasi plastis lebih jauh. Pada tahapan pengembangan produk, *roller blind* pengembangan yang digunakan masih memenuhi daftar tuntutan produk berupa massa tambahan maksimal ≤ 10 gram dimana massa akhir produk sebesar 118,80 gram dari massa awal sebesar 119,86 gram. Namun dikarenakan gaya yang mampu ditahan *roller blind* pengembangan masih tidak memenuhi gaya minimal yang harus ditahan produk sebesar ≥ 1425 N dari faktor keamanan pembebanan statis dimana faktor keamanan yang dipilih yaitu 1,5, maka dilakukan optimasi supaya didapat gaya terbesar yang mampu ditahan produk dengan memaksimalkan massa produk. Tahapan optimasi yang dilakukan meliputi perubahan ketebalan produk dan ukuran *gusset* yaitu pada tebal, tinggi, dan panjang *gusset*.

Tabel 4.3 Hasil analisis dan optimasi *roller blind*

Alternatif	1	2	3	4	5
Tebal produk (mm)	2,2	2,25	2,3	2,35	2,4
Tebal <i>gusset</i> (mm)	1,54	1,58	1,61	1,65	1,68
Tinggi <i>gusset</i> (mm)	29	29	29	23	15
Panjang <i>gusset</i> (mm)	21	21	21	21	9
Defleksi maksimum (mm)	23,4	22,18	21,1	20,59	24,57
Massa (gram)	122,24	125,05	127,82	129,52	129,71
Gaya (N)	1169,9	1188,4	1204,8	1212,5	1152,2

Pada tabel 4.3 menunjukkan perubahan ukuran pada tebal produk dan *gusset* dengan ukuran tinggi dan panjang *gusset* yang sama mengakibatkan penurunan defleksi dan peningkatan gaya seperti pada alternatif 1, 2, 3. Alternatif terpilih berdasarkan hasil optimasi

yang dilakukan didapat bahwa gaya terbesar yang mampu ditahan oleh *roller blind* adalah alternatif keempat dengan perolehan gaya sebesar 1212,5 N.

Pada kondisi nyata, *roller blind* mengalami pembebanan statis dimana ditemukan kegagalan pada produk berupa perubahan bentuk permanen. Untuk mengatasi kegagalan tersebut, diperlukan rancangan produk baru agar kekuatannya meningkat sehingga gaya yang ditahan produk lebih besar. Hasil analisis yang telah dilakukan diperoleh data gaya yang mengakibatkan produk mengalami deformasi plastis sebesar 950 N. Berdasarkan hal tersebut ditinjau dari segi faktor keamanan sebesar 1,5, rancangan produk baru harus mampu menahan gaya hingga ≥ 1425 N.

Hasil optimasi pengembangan produk yang telah dilakukan, diperoleh gaya terbesar yang mampu ditahan oleh produk sebesar 1212,5 N dengan massa 129,52 gram. Hal ini menunjukkan bahwa *roller blind* hasil pengembangan tidak mampu memenuhi kriteria yang diinginkan dilihat dari gaya minimal yang mampu ditahan produk. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa *roller blind* hasil pengembangan belum dapat diterima untuk dijadikan rancangan produk baru.

Untuk mengatasi kegagalan produk dan disetujuinya rancangan produk *roller blind* baru yang optimal terdapat beberapa perubahan yang bisa dilakukan pada penelitian selanjutnya. Perubahan tersebut diantaranya :

- Penambahan massa produk agar bisa dilakukan optimasi kembali pada ketebalan produk dan perubahan ukuran pada tebal, panjang dan tinggi *gusset*.
- Penggantian jenis material produk menjadi material yang memiliki sifat kekakuan yang lebih tinggi. Jenis material untuk produk *roller blind* adalah PP (*polyprohelene*), maka agar produk memiliki kekakuan yang lebih tinggi perlu dilakukan perubahan material dengan modulus elastisitas yang lebih besar dari PP.
- Penambahan jumlah *gusset* supaya daerah pada produk yang diperkuat menjadi lebih luas sehingga defleksi dan tegangan akibat pembebanan pada produk menjadi lebih kecil. Hal ini dilakukan supaya menghindari

penambahan tebal produk dan ukuran *gusset*.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan meliputi simulasi pembebanan menggunakan *software* dan hasil uji tekan dapat diambil kesimpulan, yaitu :

Pengembangan produk yang sudah dilakukan dengan batasan perubahan dari daftar tuntutan berupa massa produk maksimal sebesar 129,86 gram, material PP, diameter produk yang berpasangan tidak dirubah, dan perubahan yang tidak terlalu besar pada bagian *core* dan *cavity* dari cetakan lama masih belum bisa mengatasi kegagalan produk akibat pembebanan. Hal ini dikarenakan produk tidak dapat memenuhi kekuatan menahan beban dari kondisi pembebanan statis dimana gaya yang harus ditahan produk minimal sebesar 1425 N dan dari hasil optimasi yang telah dilakukan hanya mampu menahan gaya hingga 1212,5 N. Maka dari itu, rancangan produk *roller blind* hasil pengembangan belum dapat diterima menjadi rancangan baru.

Dihasilkan rancangan produk *roller blind* hasil pengembangan dari alternatif dengan fitur *gusset* pada bagian samping dan alas, karena memiliki tegangan terkecil dari hasil analisis *software*. Dimensi optimal untuk fitur *gusset* dimana memiliki gaya terbesar yang mampu ditahan produk sebesar 1212,5 N, yaitu :

- a. Tebal produk adalah 2,35 mm.
- b. Tebal *gusset* adalah 1,65 mm dengan sudut 0,5° per sisi.
- c. Tinggi *gusset* adalah 23 mm.
- d. Panjang *gusset* adalah 21 mm.

Massa *roller blind* hasil pengembangan sebesar 129,52 gram. Massa ini masih memenuhi massa yang diizinkan pada akhir produk yaitu sebesar 129,86 gram.

Daftar Pustaka

- [1] Zhou, Huamin. 2013. *Computer Modeling for Injection Molding : simulation, optimization, and Control*. New Jersey : Wiley.
- [2] Malloy, Robert A. 1994. *Plastic Part Design for Injection Molding*. New York : Hanser.
- [3] *Design Guide : Performance and Value with Engineering Plastics*. 2005. DSM Engineering Plastics.
- [4] Campo, E. Alfredo. 2006. *The Complete Part Design Handbook : For Injection Molding of Thermoplastics*. Munich : Hanser.
- [5] Kunwoo, Lee. 1999. *Principles of CAD/CAM/CAE System*. Addison Wisley Longman, Inc. Seoul National University, Korea.
- [6] *Understanding Nonlinear Analysis*. 2010. Dassault Systemes Solidworks Corp.
- [7] Ashby, Michael, Shercliff, Hugh, dkk. 2007. *Materials : Engineering , Science, Processing and Design*. Oxford : Elsevier.
- [8] Meriam, J.L dan Kraige, L.G. 1987. *Mekanika Teknik : Volume 1 Statika Jilid 1 Edisi Kedua*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- [9] Kutz, Myer. 2006. *Mechanical Engineers' Handbook : Materials and Mechanical Design Volume 1, Third Edition*. Wiley.
- [10] Menges, George, Michaeli, Walter dan Mohren, Paul. 2001. *How to Make Injection Molds :Third Edition*. Munich : Hanser.