

# Perancangan Lifter Kaca Kapasitas 100 kg untuk Pemasangan Kaca Atap Mobil

Hasan Hariri<sup>1</sup>, Naviel Mahkail Haikal

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

\* *Corresponding author*: haikalnvl@gmail.com

**Abstrak.** Seiring berkembangnya teknologi, para praktisi industri otomotif mengembangkan fitur-fitur yang ada pada mobil, salah satunya adalah opsi untuk menambahkan kaca atap mobil. Pada proses produksi di PT XYZ memproduksi mobil SUV (Sports Utility Vehicle) dengan fitur sunroof. Namun dalam proses pemasangan kaca atap mobil masih menggunakan tenaga manusia, dan memerlukan minimal 3 orang untuk proses pemasangan. Selain karena berat sunroof yang berkisar antara 40-60 kg, jenis material yang memerlukan perlakuan khusus dan juga area kerja yang kurang leluasa membuat potensi kecelakaan kerja semakin tinggi. Diperlukan peralatan material handling khusus untuk alat angkat kaca. Maka dari itu dibuatlah perancangan Glass Lifter untuk pengangkatan kaca atap mobil, sebagai solusi untuk mengefisienkan man power dan meminimalisir potensi kecelakaan akibat kerja mengangkat. Perancangan Glass Lifter menggunakan metode Pahl and Beitz dengan kapasitas pengangkatan maksimal 100 kg. Hasil perancangan Glass Lifter menghasilkan spesifikasi alat, (1) Dimensi alat 2788 mm x 833 mm x 1200 mm (2) Penggerak menggunakan motor listrik dengan tenaga 3 kW (3) Menggunakan fluida Hydraulic sebagai transmisi daya dengan 3 silinder actuator (4) menggunakan Suction Cup berdiameter 150 mm dan (5) Desain linkage mampu berputar 150°.

**Kata kunci**— perancangan, kaca, Glass Lifter, hidraulik, linkage.

## 1. Pendahuluan

Penggunaan *material handling* dalam proses produksi, salah satunya adalah proses pemasangan kaca atap mobil bertipe *sunroof* pada mobil, di dalam proses tersebut terdapat aktifitas memindahkan dan mengangkat part kaca *sunroof* yang masih dilakukan secara manual. Berat dari part *sunroof* ini sendiri bervariasi tergantung dari model yang diproduksi dan berkisar antara 40 kg – 60 kg. Proses pemasangan yang berada di atas kepala dan kurang luasnya area kerja karena posisi pemasangan berada di dalam mobil, maka proses pemasangan masih membutuhkan sekurang-kurangnya 3 *man power*.

Solusi untuk menghilangkan proses angkat ini adalah dengan membuat alat bantu angkat *portable*. Alat yang sesuai dengan kebutuhan permasalahan di atas adalah dengan menggunakan *Lifter* kaca. Proses desain *Lifter* atau alat angkat untuk kaca selain memperhitungkan beban dari kaca juga harus memberi perhatian khusus terhadap bagian pemegang kaca, karena sifat dari material kaca yang mudah pecah maka diperlukan pemegang berbahan karet dan untuk proses pengangkatan menggunakan teknologi vakum. Seperti yang dibahas pada penelitian sebelumnya, Menggunakan *suction cup* untuk mengangkat kaca merupakan pilihan yang paling tepat, namun untuk pengaplikasian pada pemasangan kaca *sunroof*, belum ada yang membahas tentang alat angkat kaca. Karena itu kondisi tersebut akan saya jadikan bahan penelitian untuk tugas akhir dengan judul “Perancangan *Lifter* kaca kapasitas 100 kg untuk pemasangan kaca atap mobil”

Pada alat yang sudah ada, kebanyakan mesin, diperuntukkan untuk pemasangan kaca pada bangunan. Sehingga tidak memerlukan perputaran *Vacuum Gripper* sampai 150° lebih dan *Vacuum Gripper* bisa berputar sampai ke atas jika mesin sudah full berada di posisi atas (ketinggian lebih dari 3 meter). [1] Penelitian ini berfokus pada pemasangan kaca atap mobil dan tidak bisa menggunakan ketinggian 3 Meter untuk pemasangan karena keterbatasan area, sehingga *Vacuum Gripper* harus bisa berputar 1500 – 1800 agar bisa mendukung pemasangan kaca atap mobil.

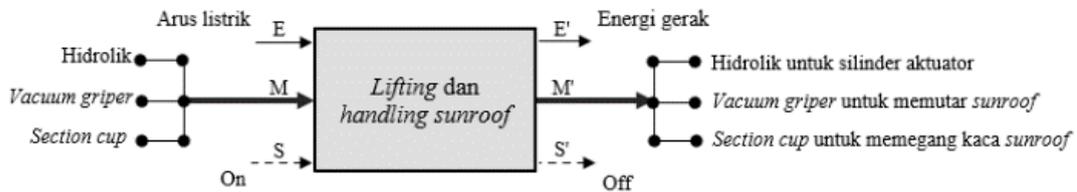
## 2. Metodologi

Penulis memulai penelitian dengan menentukan tema yang akan dibahas. Tema merupakan bagian dari pemikiran utama suatu rencana. Penentuan tema bisa berlandaskan masalah yang terjadi atau modifikasi alat yang sudah ada. Tema yang akan dibuat adalah tentang perancangan *lifter* kaca untuk mengangkat kaca *sunroof* pada mobil SUV, Penelitian ini menggunakan metode penelitian Pahl and Beitz [2]. Mengidentifikasi kebutuhan alat merupakan survey kepada calon pelanggan guna mengetahui apa yang dibutuhkan. Studi Literatur digunakan untuk memahami konsep serta teori-teori

mengenai *lifter* dan sistemnya sehingga diharapkan mampu memberikan Gambaran dalam pembuatan desain alat. Konsep Perancangan dengan mempertimbangkan tema, identifikasi kebutuhan dan studi literatur agar konsep sesuai dalam pembuatan rancangan. Analisa dan Perhitungan Rancangan untuk menganalisis setiap komponen alat yang dirancang dan memeriksa apakah penggunaan material yang dipilih sudah aman dan menghitung setiap komponen hingga dapat menentukan kekuatan dan fungsi tiap komponen. Desain Alat Proses desain merupakan pembuatan Gambar 3D dari alat yang kita buat. Proses ini menggunakan *software engineering*. Pengujian desain merupakan hal terpenting dalam membuat atau memodifikasi desain, hal ini dilakukan untuk mengetahui bahwa desain yang dibuat aman. Pembuatan Laporan dalam tahap ini, seluruh proses mulai dari menentukan tema hingga tahap pengujian, akan dituangkan ke dalam sebuah laporan yang menjelaskan tentang rincian kegiatan yang dilakukan dari awal hingga akhir.

**Struktur Fungsi**

*Lifter* merupakan *material handling* yang sangat umum, fungsinya menyesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan.



**Gambar 1.** Fungsi Keseluruhan

**Solusi Alternatif**

Pilihan komponen dari beberapa alternatif dibuat berdasarkan fungsi yang telah ditentukan sehingga dapat dikembangkan sebagai acuan. Pemilihan fungsi menghasilkan lebih dari satu varian referensi untuk dijadikan alternatif pilihan.

**Tabel 1.** Alternatif Solusi

Kode	Bagian	Alternatif Solusi		
		1	2	3
A	Motor Penggerak	Motor listrik	Motor diesel	Motor bensin
B	Pemindah Daya	Silinder elektrik	Rantai	Silinder hidrolis
C	Tiang Penyangga	Mast stacker	Crane	
D	Vacuum Grip	Elektrik suction cup	Pneumatik suction cup	Manual suction cup
E	Roda	Roda troli	Roda biasa	
F	Base Profil	Fix base	Wheel base	Squar base

Dari kombinasi alternatif desain yang terdapat pada Tabel 1 dihasilkan varian-varian sebagai berikut :  
 Varian 1: A-1, B-3, C-2, D-3, E-2, F-2  
 Varian 2: A-2, B-2, C-1, D-2, E-1, F-1  
 Varian 3: A-3, B-1, C-2, D-1, E-1, F-3

**Teknikal Evaluasi**

Tabel 2 merupakan referensi untuk pemilihan bagian desain yang terdiri dari 3 varian alternatif. Dari tabel tersebut, setiap varian akan ditentukan nilainya sesuai dengan kriteria desain yang

dibutuhkan. Kriteria disesuaikan berdasarkan parameter desain untuk mendapat hasil yang maksimal. Berikut ini Tabel 2 terkait *technical evaluation* dari krtiga varian yang disarankan

**Tabel 2.** Evaluasi Solusi

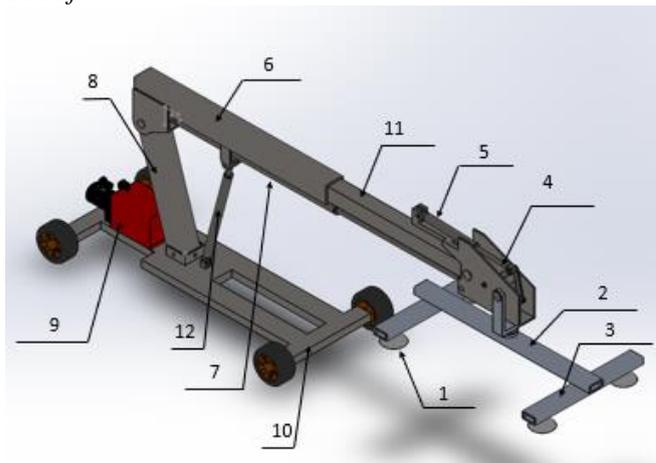
No	Technical criteria	Wi (Bobot)	Parameter	Varian 1		Varian 2		Varian 3	
				Vi (Nilai)	Sub Total ( Wi.Vi)	Vi (Nilai)	Sub Total ( Wi.Vi)	Vi (Nilai)	Sub Total ( Wi.Vi)
1	Fungsi Vacuum griper	0,3	Mekanisme gerak yang mudah Mampu berputar > 150 derajat	8	2,4	7	2,1	7	2,1
2	Operasi yang baik	0,25	Kemampuan menopang kaca Mudah dioperasikan	7	1,75	6	1,5	7	1,75
3	Keamanan	0,25	Konstruksi yang kuat Mengurangi handling manusia	7	1,75	7	1,75	7	1,75
4	Dimensi	0,2	Panjang jangkauan 3m Jangkauan tinggi 3m	7	1,4	7	1,4	7	1,4
<b>Total</b>					<b>7,3</b>		<b>6,75</b>		<b>7</b>

Dari teknikal evaluasi diatas berdasarkan penilaian Wi yang ditentukan oleh Pohon Obyektif maka didapat desain yang akan digunakan adalah Varian 1 dengan skor 7,3

**Analisa dan pembahasan**

Pada proses kerja sebelum perbaikan proses *handling* pemasangan atap kaca mobil dilakukan oleh 3 orang operator. Hal tersebut dilakukan karena pada proses *handling* kaca *sunroof* yang diangkat berukuran besar dan berat, dimensi dari kaca *sunroof* sendiri bervariasi berkisar antara, panjangnya 1000 mm – 1300 mm dan lebarnya 400 mm – 600 mm. Berat dari *sunroof* sendiri juga bervariasi berkisar di antara 50 kg – 80 kg. Pada proses pengangkatan ini tidak terdapat alat bantu kerja untuk pengangkatan. Proses pemasangan atap kaca mobil tidak bisa dilakukan jika operator bantu masih melaksanakan proses kerja utama.

Dari analisa tersebut, solusi untuk menghilangkan kegiatan mengangkat kaca *sunroof* yang dilakukan oleh pekerja adalah dengan menyediakan alat bantu angkat untuk proses pemasangan kaca *sunroof*. Konsep alat bantu angkat *lifter* dirancang dengan kapasitas maksimum 100 kg diatas berat maksimum dari kaca *sunroof*.



**Gambar 3.** Desain Lifter

**Perancangan Suction Pad**

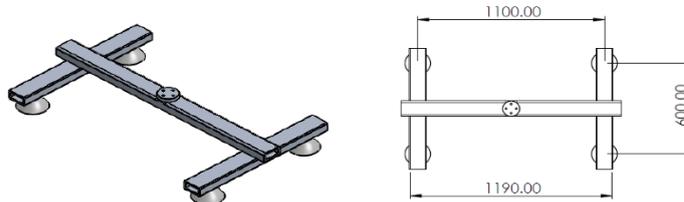
*Suction Pad* yang digunakan pada *lifter* ini sebanyak 4 buah. Setiap *suction pad* menerima beban kerja masing masing.



**Gambar 4.** Suction Pad

### Perencanaan Vacuum Gripper

*Vacuum Gripper* yang dirancang terdiri dari 2 buah balok sambungan di mana setiap lengannya menerima beban kerja masing masing. Berikut beban kerja yang diterima oleh lengan *Vacuum Gripper*.



Gambar 5. Vacuum Gripper

Spesifikasi aluminium alloy 2014

Tabel 3. Spesifikasi material *Vacuum Gripper*

Item	Jenis Material	Yield Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Modulus Elastic (GPa)	Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )
Lengan Vacuum gripper	2014 Aluminium Alloy	125	190	73	2800

### Perancangan Arm

*Arm* yang digunakan adalah jenis *Arm telescopic* dimana menggunakan material *mild steel* yang dibentuk dengan alas persegi. Menggunakan mild steel jenis *EN 10219-1 (1997) Cold Formed Welded structural hollow*, dengan spesifikasinya yang kuat diharapkan mampu untuk menopang beban secara kantilever. [5]

Tabel 4. Spesifikasi Material Arm

Specification	Grade	Min. Yield strength N/mm <sup>2</sup>	Tensile strength N/mm <sup>2</sup>	Charpy V-Notch Impact Joules	°C
EN 10219-1 (1997)	S235JRH	235	340-470	27	20
JIS G 3444 (1994)	STK400	235	min. 400	-	-
JIS G 3466 (1988)	STKR400	245	min. 400	-	-
AS 1163 (1991)	C250L0	250	min. 320	27	0
EN 10219-1 (1997)	S275J0H	275	410-560	27	0
EN 10219-1 (1997)	S275J2H	275	410-560	27	-20
ASTM A500 (1996)					
Round tubing	Grade A	228	min. 310	-	-
Shaped tubing	-	269	min. 310	-	-
Round tubing	Grade B	290	min. 400	-	-
Shaped tubing	-	317	min. 400	-	-
JIS G 3466 (1988)	STKR490	325	min. 490	-	-
AS 1163 (1991)	C350L0	350	min. 430	27	0
JIS G 3444 (1994)	STK500	355	min. 500	-	-
EN 10219-1 (1997)	S355J0H	355	490-630	27	0
EN 10219-1 (1997)	S355J2H	355	490-630	27	-20
JIS G 3444 (1994)	STK540	390	min. 540	-	-
AS 1163 (1991)	C450L0	450	min. 500	27	0

Pada perhitungan ini, *Arm* menggunakan kinematika beban kantilever, dimana beban bersifat terpusat dan di tumpu oleh dua tumpuan (tumpuan utama dan tumpuan silinder aktuator). Dengan sistem ini maka didapatkan perhitungan dengan rumus, dengan F memiliki tambahan beban dari *Vacuum Gripper* maka dapat ditentukan dengan Persamaan 4 dan 5

$$F = 1,5 \times (100 + 12) \text{kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.646 \text{ N}$$

$$R_a + R_b - F = 0$$

$$\sum MA = 0 \rightarrow (F \times (a + b)) - (R_b \times a) = 0$$

$$R_b = \frac{(F \times (a+b))}{a}$$

$$R_b = \frac{(1646 \text{ N}) \times (585 + 2047) \text{mm}}{585 \text{mm}} = 7.407 \text{ N}$$

$$\sum MB = 0 \rightarrow -(R_a \times a) - (F \times b) = 0$$

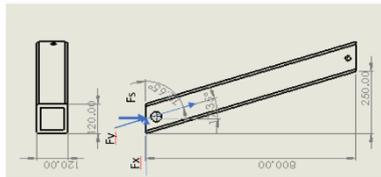
$$R_a = -\frac{1646 \text{ N} \times 2047 \text{mm}}{585 \text{mm}} = -5.761 \text{ N}$$

Dengan nilai  $R_a$  yang negative, maka diperlukan *counterweight / counterjibs* yang bisa mengimbangi beban dari nilai  $R_a$ , yang nantinya akan dihitung pada pembahasan rangka.

### Perancangan Boom

#### Menggunakan material yang sama dengan Arm

Pada perhitungan ini, *Boom* menggunakan rumus euler, untuk menentukan momen yang bekerja dan kekuatan yang masih bisa di gunakan, dimana beban bersifat terpusat dan pertama kita harus meenentukan  $F_x$  dan  $F_y$  nya. Pada bagian yang menjadi lawan dari beban, biasanya bernilai negative dan harus diseimbangkan dengan menggunakan *counterweight* agar *lifter* tidak terguling. [5]



**Gambar 6.** Boom

Titik berat yang diterima oleh batang menggunakan sumbu x dan y, karena *Boom* berbentuk persegi maka nilai x dan y adalah sama dari titik tengah yaitu 60 mm

Maka tegangan pada Boom yang di akibatkan momen lentur adalah

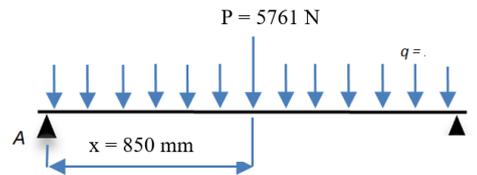
$$\sigma_l = \frac{Ma \times s}{I} = \frac{4134872 \times 60}{7761600} = 31,96 \text{ N/mm}^2$$

### Perancangan Rangka

Dengan kebutuhan rangka yang cukup kuat maka digunakan plat mild steel P460 dengan ketebalan 10 mm.

**Tabel 5.** Spesifikasi material rangka

Specifications	Yield strength N/mm <sup>2</sup>		Tensile strength N/mm <sup>2</sup>	Elongation min. %	Charpy V-notch Temp. (°C) Energy (J)		
	t<16mm	16<t<40			20	0	-20
Cont'd.							
PRESSURE VESSELS, GENERAL							
Cont'd. EN 10028-6							
F460	Q, QH QL1 QL2	R <sup>m</sup> 460	R <sup>m</sup> 440	R <sup>m</sup> 400	R <sup>m</sup> 500-720	19	60 40 27 - -
F500	Q, QH QL1 QL2	R <sup>m</sup> 500	R <sup>m</sup> 480	R <sup>m</sup> 440	R <sup>m</sup> 500-770	17	60 40 27 - -
F690	Q, QH QL1 QL2	R <sup>m</sup> 690	R <sup>m</sup> 670	R <sup>m</sup> 630	R <sup>m</sup> 770-940	14	60 40 27 - -



**Gambar 7.** Kinematika beban rangka

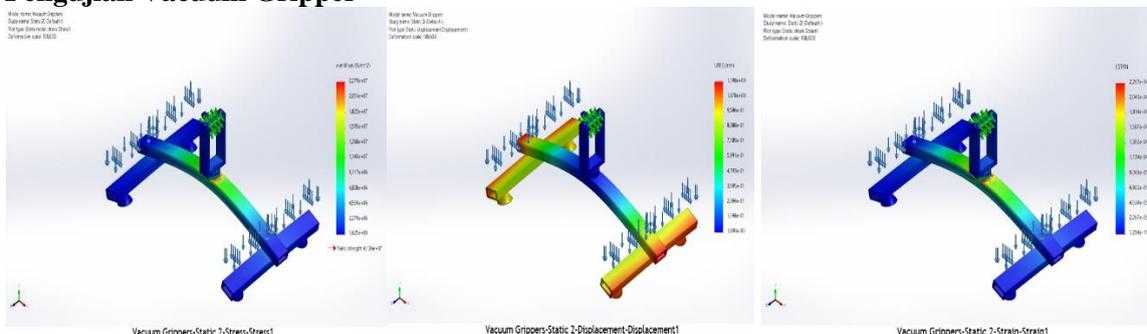
Beban yang dialami oleh rangka bisa ditentukan menggunakan Persamaan 7. [6]

$$M = \frac{1}{2} F_{total} = \frac{1}{2} \times 5761 = 2.880,5 \text{ N}$$

### 3. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan melakukan uji pembebanan statis dengan menggunakan software Solidwork. Nilai yang didapat berupa Tegangan (*Stress*), *Displacement*, dan Regangan (*Strain*).

#### Pengujian Vacuum Gripper



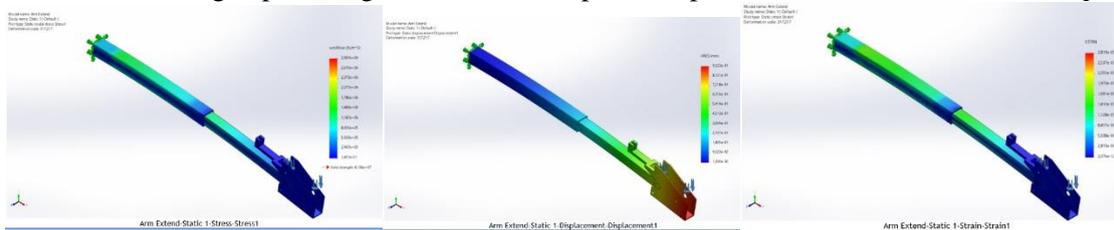
**Gambar 8.** Nilai Tegangan, Nilai Displacement, Nilai Regangan

Nilai tegangan (*Stress*) paling tinggi dan terendah yang dialami oleh *Vacuum Gripper* setelah dilakukan simulasi pembebanan statis yaitu seperti yang terlihat pada Gambar 5a. Yaitu tegangan tertinggi 22,79 N/mm<sup>2</sup> dan 1,625 × 10<sup>-6</sup> N/mm<sup>2</sup> untuk tegangan minimum. Pada gambar 5b, Nilai *Displacement* yang tertinggi 1,198 mm dan *Displacement* minimum yang terjadi adalah 0 mm. Sedangkan Nilai regangan yang ditunjukkan gambar 5c adalah 0,000267 untuk nilai tertinggi dan 1,294 × 10<sup>-11</sup> untuk nilai regangan terendah. Dengan perhitungan nilai diatas, dapat disimpulkan bahwa desain *Vacuum Gripper* aman.

#### Pengujian Cylinder Arm

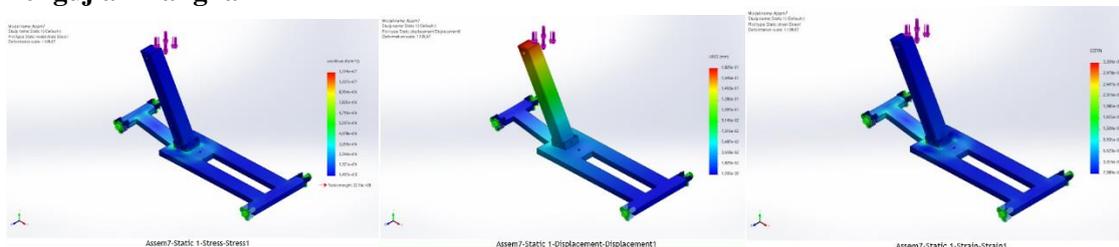
Nilai tegangan (*Stress*) paling tinggi dan terendah yang dialami oleh *Arm* teleskopik setelah dilakukan simulasi pembebanan statis yaitu seperti yang terlihat pada Gambar 6a. Yaitu tegangan tertinggi 0,2967 N/mm<sup>2</sup> dan 1,401 × 10<sup>-7</sup> N/mm<sup>2</sup> untuk nilai tegangan terendah. Nilai *Displacement* bisa

dilihat pada gambar 6b paling tinggi adalah 0,9022 mm dan nilai *Displacement* minimum yang terjadi pada *Arm* teleskopik yaitu 0 mm. Sedangkan nilai regangan (*strain*) yang bisa dilihat pada gambar 6c, Nilai tertinggi adalah  $2,819 \times 10^{-5}$  dan nilai regangan minimum yang terjadi pada *Arm Teleskopik* yaitu  $2,076 \times 10^{-12}$ . Dengan perhitungan nilai diatas, dapat disimpulkan bahwa desain *Arm telescopic* aman.



Gambar 9. Nilai Tegangan, Nilai Displacement, Nilai Regangan

### Pengujian Rangka



Gambar 10. Nilai Tegangan, Nilai Displacement, Nilai Regangan

Nilai tegangan (*Stress*) paling tinggi dan terendah yang dialami oleh rangka setelah dilakukan simulasi pembebanan statis yaitu seperti yang terlihat pada Gambar 7a. Yaitu tegangan tertinggi 11,9 N/mm<sup>2</sup> dan nilai tegangan minimum yang terjadi pada rangka yaitu  $1,497 \times 10^{-3}$  N/mm<sup>2</sup>. Nilai *Displacement* yang bisa dilihat dari gambar 7b, Nilai paling tinggi yaitu 0,1829 mm dan nilai *Displacement* minimum yang terjadi pada rangka yaitu 0 mm. Nilai regangan (*strain*) yang bisa dilihat dari gambar 7c, nilai regangan tertinggi  $3,309 \times 10^{-5}$  dan nilai regangan minimum yang terjadi pada rangka yaitu  $7,989 \times 10^{-9}$ . Dengan perhitungan nilai diatas, dapat disimpulkan bahwa desain rangka aman.

### 4. Kesimpulan

Hasil yang didapat dari pembahasan dan analisa perancangan *lifter* kaca kapasitas 100 kg didapatkan kesimpulan:

1. *Lifter* kaca ini dirancang dengan metode Pahl & Beitz yang mana dari tabel evaluasi pembobotan variasi solusi didapatkan rancangan terpilih yaitu variasi 1 dengan nilai pembobotan tertinggi 7,3.
2. *Lifter* kaca mampu mengangkat kaca kapasitas maksimal 100 kg
  - a. Dimensi alat 2788 mm × 833 mm × 1200 mm
  - b. Sumber tenaga yang digunakan merupakan energi listrik dengan daya 2,6 kW
  - c. Fluida sebagai transmisi daya dengan media *Cylinder* actuator
  - d. *Lifter* kaca menggunakan 4 buah *Suction Pad* dengan diameter 150 mm
  - e. Desain *linkage* memungkinkan *Vacuum Gripper* berputar 150°
3. Hasil dari simulasi pembebanan statis bahwa setiap rangkaian yang terkena beban masih dapat menerima beban dengan kapasitas maksimal 100 kg ditambah dengan berat dari alat, dan tidak ada titik sambung yang kritis.

### 5. Referensi

- [1] Barbaric, "Glass Handling," *www.barbaric.at*, published online 2015.
- [2] G. Pahl and W. Beitz, "Engineering Design, A Systematic Approach". 2005.
- [3] A. K. Jaiswal and B. Kumar, "Vacuum Cup Grippers for Material Handling In Industri," *Int. J. Sci. Technol*, 2017.
- [4] E.P. Popov, Zainul Astamar. (1984). Mekanika Teknik. Jakarta.
- [5] Ucok Mulyo Sugeng and Deniyanto, "Perhitungan Lengan Excavator Kapasitas 450 kg Untuk Laboratorium," *TEKNOSAINS J. Sains, Teknologi. dan Informasi.*, 2020.
- [6] D. R. Putra, N. E. Setijogiaro, and M. Sholeh, "Perancangan *Lifter* dengan Kapasitas Angkat Maksimal 200 kg," Politeknik Negeri Jakarta, 2