

DESAIN & ANALISIS PENCAPIT PADA *GRIPPER* PNEUMATIK UNTUK *PICK & PLACE* MENGGUNAKAN METODE FEA

Robin Averil, Agus Halim, Agustinus Purna Irawan

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara Jakarta

Email: robin.515200026@stu.untar.ac.id

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara Jakarta

Email: agush@ft.untar.ac.id

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara Jakarta

Email: agustinus@untar.ac.id

Masuk : 30-09-2024, revisi: 09-10-2024, diterima untuk diterbitkan : 10-10-2024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan menganalisis 2 *jaw gripper pneumatic* menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA) untuk mengangkat botol plastik dengan berat 850 gram. *Gripper* ini dirancang dari material plastik ABS, yang dikenal memiliki kekuatan dan ketahanan yang cukup baik untuk aplikasi industri ringan. Dalam simulasi ini, fokus utama adalah menentukan distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan *gripper* saat menangani beban yang telah ditentukan. Analisis menunjukkan bahwa *gripper* mampu menahan beban tanpa mengalami kegagalan struktural dengan gaya sebesar 28,3N dan dengan faktor keamanan 2 yang memenuhi standar industri. Deformasi maksimum terdeteksi pada rahang *gripper* yang langsung berinteraksi dengan botol, namun tetap dalam batas toleransi yang diizinkan. Penelitian ini menegaskan bahwa *gripper* pneumatik dua rahang yang terbuat dari plastik ABS efektif dan aman digunakan untuk mengangkat botol plastik seberat 850 gram. Studi ini memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dan implementasi *gripper* dalam aplikasi *pick and place* di lingkungan industri.

Kata Kunci: *Gripper*, FEA, *Pick & Place*, *Pneumatic*, Botol

ABSTRACT

This study aims to design and analyze a 2-jaw pneumatic gripper using the Finite Element Analysis (FEA) method to lift a plastic bottle weighing 850 grams. The gripper is designed from ABS plastic material, which is known for its strength and durability suitable for light industrial applications. The main focus of this simulation is to determine the stress distribution, deformation, and safety factor number 2 of the gripper when handling the specified load. The analysis shows that the gripper can withstand the load without experiencing structural failure, with a force of 28.3N and a safety factor that meets industry standards. Maximum deformation was detected on the gripper jaw directly interacting with the bottle, but it remained within the allowable tolerance limits. This study confirms that the two-jaw pneumatic gripper made of ABS plastic is effective and safe to use for lifting plastic bottles weighing 850 grams. This research provides a solid foundation for further development and implementation of the gripper in pick and place applications in industrial environments.

Kata Kunci: *Gripper*, FEA, *Pick & Place*, *Pneumatic*, Botol

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam industri manufaktur, sistem transfer linier memegang peranan penting dalam proses produksi untuk mengangkat dan memindahkan berbagai komponen dengan presisi dan efisiensi

yang tinggi. *Gripper* pneumatik digunakan untuk menjalankan tugas ini, karena desainnya yang kompak dan kemampuannya untuk memberikan gerakan linier yang akurat (Vaani et al., 2019).

Gripper pneumatik bekerja berdasarkan pada prinsip penggunaan udara terkompresi untuk menggerakkan komponen *gripper* dan menggenggam benda kerja. *Gripper* pneumatik menggunakan sistem pneumatik untuk mengatur aliran udara dan mengontrol gerakan mekanisnya. Ketika udara terkompresi disuplai ke dalam *gripper*, tekanan udara yang dihasilkan digunakan untuk membuka atau menutup rahang *gripper*, sehingga memungkinkan penggengaman dan pelepasan benda kerja (Long et al., 2020).

Capitan pada *jaw gripper pneumatic* berfungsi untuk mencapit benda kerja. *Gripper pneumatic* harus di desain sesuai dengan benda kerja yang akan di capit. Jika bentuk capitan dan benda kerja tidak kompatibel, maka proses gripping benda kerja akan terganggu dan cost untuk memproduksi capitan tersebut juga akan meningkat karena menggunakan banyak material berlebih yang tidak perlu (Jafarov & Mustafayev, 2019).

Kegunaan *gripper* pneumatik dalam mengangkut benda kerja berupa silinder sangat banyak, termasuk dalam sistem *pick and place*, proses perakitan, dan aplikasi otomasi industri lainnya. *Gripper* pneumatik memberikan keunggulan dalam kecepatan, presisi, dan fleksibilitas dalam menangani berbagai ukuran dan bentuk benda kerja. *Gripper* pneumatik dapat menjadi solusi yang efektif untuk menangani tugas pengangkutan silinder dalam berbagai aplikasi industri (Chen, 1982).

Desain *gripper* yang tepat akan mengurangi penggunaan bahan yang tidak perlu sehingga dapat mengurangi cost produksi. *Gripper* akan dibuat menggunakan bahan plastic ABS dengan cara 3D printing sehingga pembuatan akan menjadi lebih cepat dan murah. Software analisis 3D juga akan digunakan untuk menganalisa dan mensimulasi gaya-gaya yang bekerja pada *gripper* sehingga akan tercipta desain *gripper* terbaik dengan bentuk paling efisien dan kompak (Velineni et al., 2020).

Rumusan Masalah

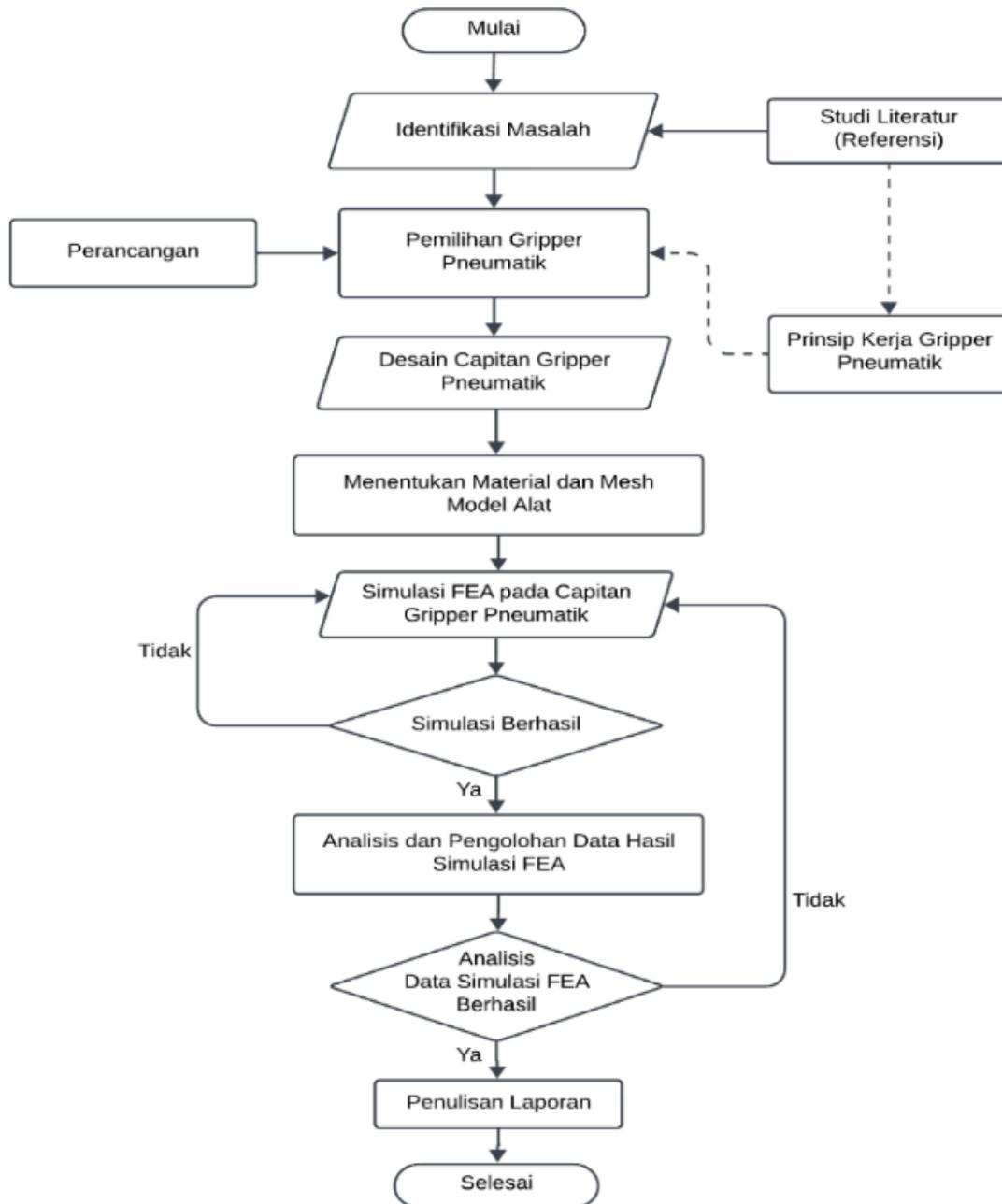
Pada penelitian ini terdapat beberapa rumusan masalah yang dapat dibahas berdasarkan latar belakang yaitu, apakah bahan plastic ABS pada *gripper* yang didesain dapat menahan beban objek yang diangkat yang berupa botol plastic dengan berat maksimum 850g. Simulasi FEA dilakukan pada capitan *gripper* dengan memberikan beban pada rangka dengan variabel *safety factor*, *strain*, dan *displacement*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode simulasi numerik *Finite Element Analysis* (FEA) dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Autodesk Fusion 360 untuk simulasi beban berupa botol plastic dengan berat maksimum 850g pada capitan *gripper*. Terdapat berbagai tahap untuk mendapatkan hasil simulasi yaitu:

- a. *Pre-processing*: Mendesain model 3D, tentukan material, menetapkan kondisi batas, beban yang diterima, kondisi kontak pada geometri komponen, dan melakukan *constraints* dan *meshing*
- b. *Processing*: Simulasi untuk mendapatkan hasil simulasi.
- c. *Post-processing*: Menganalisa hasil simulasi, memverifikasi, dan mendapatkan kesimpulan hasil simulasi.

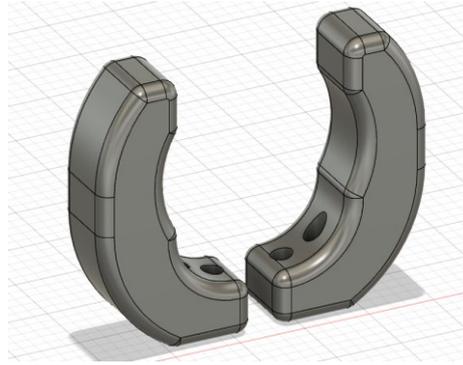
Pada simulasi dilakukan analisis statis untuk mengevaluasi *displacement*, tegangan, regangan, dan *safety factor* dalam capitan *gripper* sehingga dapat mendapatkan nilai optimum dalam gaya capit dan mengetahui gaya maksimum yang bisa diterima oleh *gripper*.



Gambar 1. Diagram Alir Simulasi Penelitian

Tahap Geometri Capitan Untuk *Gripper*

Tahap pertama yang dilakukan dalam simulasi metode FEA ini adalah dengan membuat geometri mesin pada perangkat lunak Autodesk Fusion 360. Model geometri berupa pembuatan model tiga dimensi berdasarkan sketsa awal. Berikut adalah tampak atas, depan, isometri, dan samping dari alat:



Gambar 2. *Design* Geometri Tampak Isometri

Kelebihan & Kekurangan *Gripper Pneumatic*

1. Angular *Gripper*

Kelebihan:

- Cocok untuk Ruang Terbatas: Desain yang memungkinkan pergerakan radial membuatnya ideal untuk aplikasi dengan ruang terbatas. (D'Avella et al., 2020)
- Cengkraman Kuat: Lebih baik dalam mencengkeram objek dengan permukaan yang tidak rata atau berbentuk aneh. (kumar et al., 2016)

Kekurangan:

- Presisi Lebih Rendah: Gerakan radial dapat menghasilkan presisi yang lebih rendah dibandingkan dengan *gripper* paralel. (Deaconescu & Deaconescu, 2017)
- Desain Lebih Kompleks: Membutuhkan desain dan kontrol yang lebih kompleks dan tidak cocok dengan bentuk silinder.

2. 2 Jaw *Gripper*

Kelebihan:

- Serbaguna: Cocok untuk berbagai aplikasi dan mudah diadaptasi untuk menangani objek dengan berbagai bentuk dan ukuran khususnya yang berbentuk silinder panjang. (Abdul Wahab & Thangaraj, 2018)
- Desain Kompak: Ukuran yang lebih kecil membuatnya cocok untuk aplikasi dengan ruang terbatas. (Mass et al., 2013)

Kekurangan:

- Cengkraman Terbatas: Mungkin tidak memberikan cengkraman yang cukup kuat untuk objek dengan bentuk yang sangat tidak teratur.

3. 3 Jaw *Gripper*

Kelebihan:

- Fleksibilitas: Dapat menyesuaikan dengan bentuk objek yang lebih bervariasi. (Ohara et al., 2022)

Kekurangan:

- Tidak Stabil: 3 *jaw gripper* tidak stabil jika membawa objek dengan cepat.
- Ukuran Lebih Besar: Membutuhkan lebih banyak ruang untuk beroperasi. (Anthony Mabanta et al., n.d.)

4. Internal *Gripper*

Kelebihan:

- Cengkraman Dari Dalam: Ideal untuk menangani objek dengan permukaan dalam yang bisa dicengkeram, memberikan kontrol yang baik.

- Stabilitas Tinggi: Memberikan stabilitas yang tinggi untuk objek yang cocok.

Kekurangan:

- Aplikasi Terbatas: Tidak cocok untuk semua jenis objek, terutama yang tidak memiliki permukaan dalam yang bisa dicengkeram.
- Desain Khusus: Membutuhkan desain yang sangat khusus untuk setiap aplikasi.

5. External Gripper

Kelebihan:

- Fleksibilitas: Dapat mencengkeram objek dari permukaan luar, cocok untuk berbagai bentuk dan ukuran.(Pukkella et al., 2017)
- Desain Sederhana: Lebih mudah dirancang untuk aplikasi umum.

Kekurangan:

- Keterbatasan Cengkaman: Mungkin tidak memberikan cengkaman yang kuat pada objek dengan permukaan yang sangat halus atau tidak rata.(Kumar & Rajurkar, 2020)
- Resiko Deformasi: Mungkin menyebabkan deformasi pada objek yang rapuh atau mudah rusak.(Bisht et al., 2015)

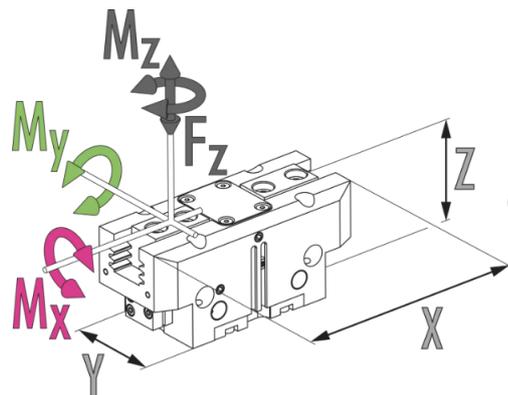
Pemilihan Gripper Pneumatic

Berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis *gripper* tersebut, maka disortir *gripper-gripper* yang sesuai dengan objek kerja berupa botol berbentuk silinder dengan berat 850g. *Gripper* yang sesuai adalah 2 *Jaw Gripper* dan 3 *Jaw Gripper* untuk mengangkat botol. Dengan pergerakan yang cepat, 2 *Jaw Gripper* bisa memberikan kestabilan lebih tinggi terhadap botol berbentuk silinder, karena *gripper* mencengkrum pada bagian badan botol dan bukan di bagian kepala botol seperti 3 *jaw gripper*. Maka dari itu dipilihlah 2 *jaw gripper* untuk sistem *pick & place* ini. 2 *Jaw Gripper* yang di gunakan adalah SCHUNK PGN-Plus-64-1.

Tabel 1. Tabel Spesifikasi *Gripper SCHUNK PGN-Plus-64-1*

<i>Stroke per Jaw [mm]</i>	6
<i>Closing force [N]</i>	250
<i>Opening force [N]</i>	270
<i>Closing force (with finger Lengths of 0 mm) [N]</i>	290
<i>Opening force (with finger Lengths of 0 mm) [N]</i>	315
<i>Weight [kg]</i>	0.28
<i>Recommended workpiece weight [kg]</i>	1.25
<i>Min. operating pressure [bar]</i>	2.5
<i>Max. operating pressure [bar]</i>	8
<i>Nominal operating pressure [bar]</i>	6
<i>Min. air purge pressure [bar]</i>	0.5
<i>Max. air purge pressure [bar]</i>	1
<i>Closing time [s]</i>	0.03
<i>Opening time [s]</i>	0.03
<i>Max. permissible finger Length [mm]</i>	90
<i>Max. permissible weight per finger [kg]</i>	0.35
<i>IP protection class</i>	40
<i>Min. ambient temperature [°C]</i>	5
<i>Max. ambient temperature [°C]</i>	90

Repeat accuracy [mm]	0.01
Cleanroom class ISO 14644-1	5
Length X [mm]	76
Width Y [mm]	36
Height Z [mm]	39
Moment M_x max. [Nm]	40
Moment M_y max. [Nm]	60
Moment M_z max. [Nm]	40
Max. axial force F_z max. [N]	1100



Gambar 3. Gaya Pada *Axis Gripper*

Perhitungan

Berat Botol Kosong = 100g

Berat Botol Terisi Air 750 ml

Total Berat Botol Terisi Air = 850g = 0,85kg

Koefisien Gesek Minimum Karet Pada Botol Plastik = 0,3

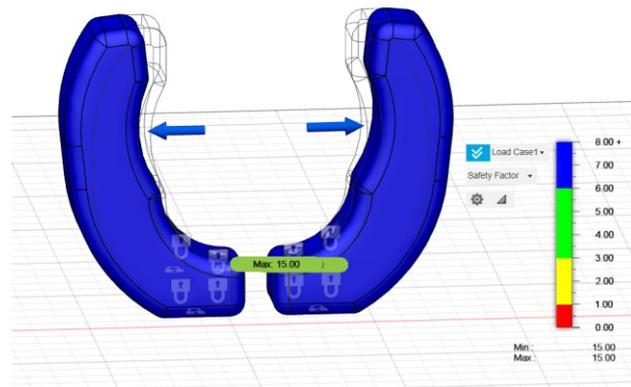
Gaya Minimum *Jaw* Untuk Mencapit Botol:

$$\begin{aligned}
 F \times \mu &= W \\
 F \times \mu &= 10 \text{ m/s}^2 \times 0,85 \text{ kg} \\
 F \times 0,3 &= 8,5 \text{ N} \\
 F &= \frac{8,5}{0,3} = 28,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Safety Factor } 2 &= 2F \\
 2F &= 28,3 \times 2 = 56,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

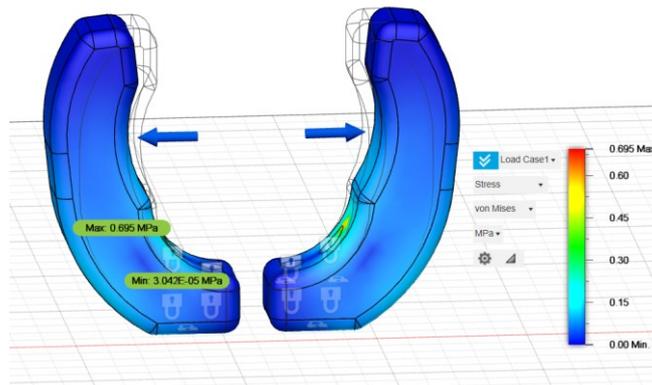
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi perhitungan terbagi menjadi empat bagian yaitu: *safety factor*, *stress*, *displacement*, dan *strain*. Dilakukan pembebanan sebesar 28,3 N dengan *safety factor* 2, sehingga terjadi gaya sebesar 56,6 N pada capitan dibagian kontak dengan badan botol.



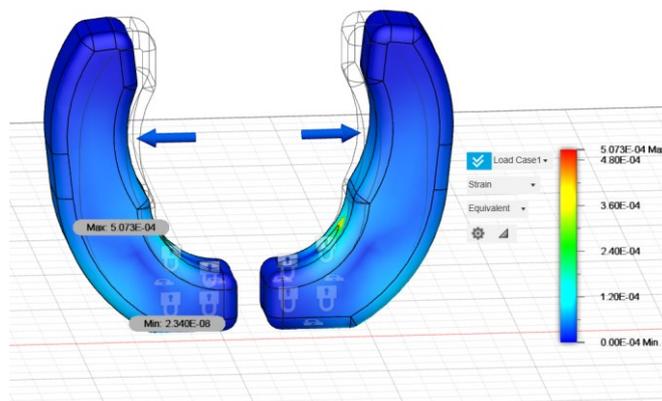
Gambar 4. *Safety Factor*

Desain struktur harus memberikan keamanan yang memadai sesuai dengan kondisi kerja yang diterima. Karena *yield strength* dari ABS adalah 40 Mpa dan faktor keamanan yang ditetapkan adalah 2, maka tegangan maksimum yang diijinkan pada konstruksi adalah 20 Mpa. *Safety factor* dari material berada pada 8 jadi tidak akan terjadi deformasi atau kerusakan pada capitan.



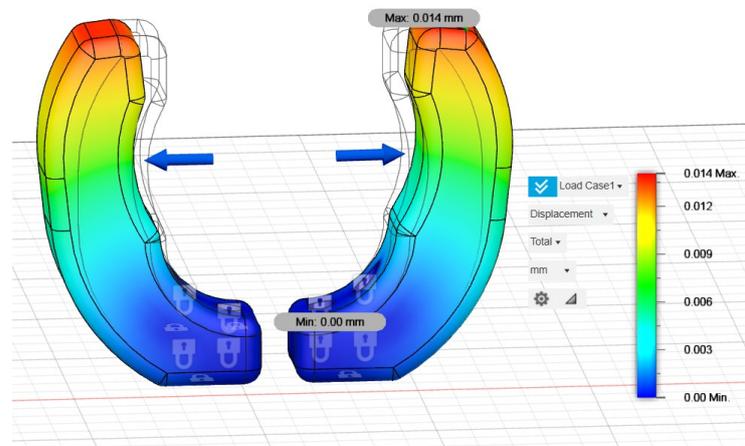
Gambar 5. *Stress Test*

Stress terbesar terjadi pada lubang baut dari capitan *gripper*. Karena baut yang menahan *gripper* dari pergerakan dan deformasi. Tetapi hasil *stress test* masih sangat aman di angka 0,45 MPa dan belum menyentuh tegangan luluh ABS yaitu 0,695 MPa.



Gambar 6. *Strain test*

Regangan terbesar terjadi pada lubang yang merupakan tumpuan dengan baut. Besar regangan adalah $3,06E-04$ dan batas maksimum regangan adalah $5,073E-04$.



Gambar 7. *Deflection test*

Gambar ini menunjukkan defleksi atau perubahan bentuk pada capitan *gripper*. Defleksi paling besar terjadi di bagian paling atas *gripper*. Ini sangatlah wajar karena bagian yang semakin jauh dari bagian tumpuan akan menerima gaya yang semakin besar juga. Tetapi defleksi yang terjadi masih sangat minimal dan aman dengan defleksi di permukaan kontak dengan objek hanya sekitar $0,009\text{mm}$ dan defleksi maksimum sekitar $0,014\text{mm}$.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Simulasi FEA menunjukkan bahwa capitan berbahan plastik ABS dapat secara efektif menahan beban dari botol plastik dengan berat maksimum 850g . Material ABS terbukti kuat dan elastis untuk aplikasi ini, memastikan kinerja *jaw* yang andal dan tahan lama. *Gripper* terbukti bisa menahan gaya sebesar $56,6\text{ N}$ tanpa terjadi kerusakan pada *gripper*. Hasil simulasi dilakukan dengan *safety factor* 2. *Stress* yang terjadi sebesar $0,45\text{ MPa}$ dan *stress* maksimum adalah $0,695\text{ MPa}$. *Strain* sebesar $3,06E-04$ dan *strain* maksimum adalah $5,073E-04$. Deflection sebesar $0,009\text{mm}$ dan deflection maksimum adalah $0,014$. Angka-angka tersebut berada pada kondisi yang sangat aman dan jauh dari maksimum. Capitan berbahan ABS ini terbukti kuat, durabel dan cocok digunakan untuk sistem *pick & place* ini.

Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgement*)

Proses penyusunan jurnal penelitian ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak, Maka dari itu, penulis secara khusus mengucapkan terima kasih kepada: Bapak Ir. Agus Halim, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama skripsi. Bapak Prof. Dr. Ir. Agustinus Purna Irawan, I.P.U., ASEAN Eng. Selaku Rektor Universitas Tarumanagara dan dosen pembimbing pendamping skripsi. Rekan seperjuangan skripsi dengan peminatan perancangan dan otomasi dari Teknik Mesin Universitas Tarumanagara Angkatan 2020, Jason Waworuntu, Satrio Tauladan, William Dae Panie, Bright Levin Tolukun, Yulius Tanuwijaya yang saling mendukung dalam jurnal penelitian ini.

REFERENSI

Abdul Wahab, N., & Thangaraj, J. (2018). Automation of *Pick and Place* Operation in Contact Lens Manufacturing. *ELEKTRIKA- Journal of Electrical Engineering*, 17(2), 25–29. <https://doi.org/10.11113/elektrika.v17n2.95>

- Anthony Mabanta, M. B., Pabillaran, J. P., & Engr Maridee Adiong, etal B. (n.d.). *Robotic Arm Pick and Place System*.
- Bisht, S., Jha, A., & Rautela, B. (2015). Experimental Performance *Analysis* of *Pneumatically Driven Mechanical Robotic Arm for Pick and Place Operation*. *International Journal on Emerging Technologies*, 6(1), 37–42. <http://www.researchtrend.net/ijet/ijet61/7 SHWETA BISHT.pdf>
- Chen, F. Y. (1982). Gripping mechanisms for industrial robots. An overview. *Mechanism and Machine Theory*, 17(5), 299–311. [https://doi.org/10.1016/0094-114X\(82\)90011-8](https://doi.org/10.1016/0094-114X(82)90011-8)
- D'Avella, S., Tripicchio, P., & Avizzano, C. A. (2020). A study on *picking* objects in cluttered environments: Exploiting depth features for a custom low-cost universal jamming *gripper*. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 63(June). <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101888>
- Deaconescu, T., & Deaconescu, A. (2017). *Pneumatic* muscle-Actuated adjustable compliant *gripper* system for assembly operations. *Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering*, 63(4), 225–234. <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2016.4239>
- Jafarov, A., & Mustafayev, M. (2019). *Designing and testing multi-functional robot gripper*. <https://odr.chalmers.se/handle/20.500.12380/300766>
- kumar, S. P., Varman, K. S., & murugan, R. B. (2016). Design and Implementation of multi handling *Pick and Place* Robotic Arm. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 33(3), 164–166. <https://doi.org/10.14445/22315381/ijett-v33p230>
- Kumar, S., & Rajurkar, K. P. (2020). *Advances in Manufacturing Systems*.
- Long, Z., Jiang, Q., Shuai, T., Wen, F., & Liang, C. (2020). A Systematic Review and Meta-analysis of *Robotic Gripper*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 782(4). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/782/4/042055>
- Mass, C., Dagstuhl, S., Albers, S., & Diehl, S. (2013). *Volume 3, Issue 12, December 2013*. 3(12), 14947.
- Ohara, K., Iwazawa, R., & Kaneko, M. (2022). Modeling and *Analysis* of a High-Speed Adjustable Grasping Robot Controlled by a *Pneumatic* Actuator. *Robotics*, 11(1), 1–16. <https://doi.org/10.3390/robotics11010027>
- Pukkella, S., Babu, V. S., & Abubacker, K. M. (2017). Design and Development of *Pick and Place* Robotics Arm. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 4(04), 4801–4807. <https://doi.org/10.21090/ijaerd.ee014>
- Vaani, I., Pal, S., Indu, V., & Sreedharan, P. (2019). Optimal Force Control and *Analysis* of Soft *Pneumatic* Actuator. *2019 2nd International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies, ICICICT 2019*, 501–506. <https://doi.org/10.1109/ICICICT46008.2019.8993383>
- Velineni, P., Suresh, J., Kumar, C. N., & Suresh, M. (2020). Design of *Pneumatic Gripper* for *Pick and Place* Operation (Four Jaw). *International Research Journal of Multidisciplinary Technovation*, 2(2), 1–8. <https://doi.org/10.34256/irjmt2021>

Halaman ini sengaja dikosongkan