

# PENERAPAN MEKANISME COMPLIANT PADA MEKANISME GERAK GRIPPER

Neil Harits Saptata  
Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta  
Jakarta, Indonesia  
ntsapta2@gmail.com

Mohammad Galbi Bethalembah  
Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta  
Jakarta, Indonesia

Muhammad Arifudin Lukmana  
Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta  
Jakarta, Indonesia

**Abstract**—Innovation is a term for applying an idea that can form a new product or improve an existing product. The parallelogram shape is the most popular mechanism used in gripper because of its configuration that causes the tip to hold its orientation when closed and open. The drawback of this form is the large number of components needed and requires an assembly process in order to achieve the desired motion. A compliant mechanism can overcome this shortcoming because objects can be made simpler without the need for an assembly process. The advantages and disadvantages of the compliant gripper have been obtained from the design, test results, and comparisons. The design obtained with dimensions of P 186.27 X W 157.55 X H 10 mm uses a leaf-type flexure with varying thickness. The thicker it is the greater the force required to use the gripper. The results printed using a 3d printer also reflect the data that has been obtained regarding the style. The thinner the flexure, the more susceptible the tool is to external forces such as shocks. The comparisons made show that the advantages of the gripper are the minimum required components, no assembly process required, and a smaller mass compared to the reference mechanism. Disadvantages obtained are the decrease in the width of the opening distance and the orientation of the finger that changes according to changes in the angle at the fulcrum.

**Keywords**—Design, Gripper, Compliant Mechanism

## I. PENDAHULUAN

Tangan adalah alat yang paling fleksibel yang dimiliki manusia. Walaupun begitu, dibutuhkan proses berjuta-juta tahun agar tangan manusia memiliki kemampuan motorik yang dibutuhkan agar bisa mengetik, menulis, dan menggunakan alat lainnya. Proses yang sama terjadi pada perkembangan alat genggam (Gripping tools), dimana gripper dengan kemampuan secure grip adalah fungsi pertama yang dibutuhkan untuk teknologi otomasi. Meningkatnya keragaman dalam proses manufaktur membutuhkan gripper dengan fungsi

yang juga beragam [1].

Bentuk paralelogram merupakan mekanisme yang populer dan sering banyak digunakan dalam desain gripper [2]. Model ini biasanya dibuat dengan menghubungkan komponen kaku menggunakan sendi putar. Konfigurasi ini menyebabkan gerakan yang dihasilkan pada ujung gripper dapat menahan orientasinya saat tertutup dan terbuka, dan biasanya dipakai pada gripper jenis parallel motion jaw.

Inovasi didefinisikan sebagai pengaplikasian dari sebuah ide yang menghasilkan produk baru atau meningkatkan produk yang ada [3]. Penelitian ini berlatar belakang dari pengaplikasian mekanisme compliant pada gripper. Mekanisme compliant memiliki beberapa kelebihan diantaranya mengurangi total komponen yang dibutuhkan dalam perakitan benda dan mempermudah proses pembuatannya [4]. Pengurangan komponen terutama pada bagian sendi dapat secara drastis mengurangi total komponen yang dibutuhkan pada perakitan benda sehingga benda dapat menjadi lebih sederhana. Penggunaan flexure hinge dapat menggantikan fungsi pin joint pada gripper. Gerakan yang terjadi pada flexure akan sama seperti sendi umumnya, yaitu rotasional. Perbedaan yang ada dari penerapannya adalah flexure menggunakan fleksibilitas untuk mencapai gerakan tersebut [5].

Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan konsep mekanisme compliant pada gripper untuk menunjukkan kemampuan benda monolitik dalam mobilitas dan kekuatan, membuat substitusi jaw pada gripper agar alat dapat dibuat lebih sederhana tanpa mengurangi fungsi utama.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Gripper

Gripper adalah subsistem dari mekanisme penanganan material yang menyediakan kontak sementara dengan barang yang digenggam [6]. Alat ini merupakan substitusi dari tangan manusia yang berfungsi untuk memanipulasi suatu objek. Penggunaannya berada pada pekerjaan yang berada diluar kemampuan manusia secara fisik seperti penanganan material berbahaya, pekerjaan yang repetitif, dan lain-lain. Kata gripper juga digunakan sebagai istilah proses menahan benda walaupun tidak ada bentuk menggenggam didalamnya.

### B. Compliant Mechanism

Compliant mechanism adalah mekanisme yang menggunakan defleksi komponen fleksibel sebagai mobilitas mekanisme tersebut. Mekanisme yang biasa kita lihat setiap hari biasanya terdiri dari beberapa komponen kaku (rigid) dimana fleksibilitas dihindari karena dapat mengubah kinematik benda dan mengurangi kinerja total benda. Secara singkat, jika suatu mekanisme menggunakan fleksibilitas komponen untuk memenuhi fungsi kerjanya, mekanisme tersebut dapat dikatakan sebagai compliant mechanism [7].

### C. Flexure Hinge

Flexure hinge adalah bagian tipis yang menyediakan gerakan antara dua komponen kaku melalui fleksibilitas [7]. Sama seperti engsel, flexure hinge digunakan untuk menyatukan dua komponen atau lebih yang memerlukan gerakan terbatas untuk menjalanni fungsinya. Penggunaan komponen fleksibel ini menyebabkan bentuk gerak relatif yang terjadi berupa rotasi [5].

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam melaksanakan sebuah penelitian.

### A. Identifikasi Masalah

Untuk mendapatkan gripper yang diinginkan, kita perlu mendesain ulang keseluruhan gripper menggunakan acuan gripper model 2F-140 yang memiliki empat titik sendi. Kinematika ini dapat berubah mengikuti desain dari flexure hinge atau batasan mekanikal lainnya yang kemungkinan kita dapatkan setelah model dicetak.

### B. Prosedur Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan Pengujian melalui simulasi FEA dan dicetak menggunakan 3d print agar alat yang dihasilkan dapat memenuhi fungsinya secara langsung. Selain itu, kita dapat mengetahui batasan-batasan yang perlu diperhatikan sehingga hal-hal yang tidak diinginkan dapat dihindari seperti kegagalan material, gerakan yang tidak sesuai, dan lain-lain.

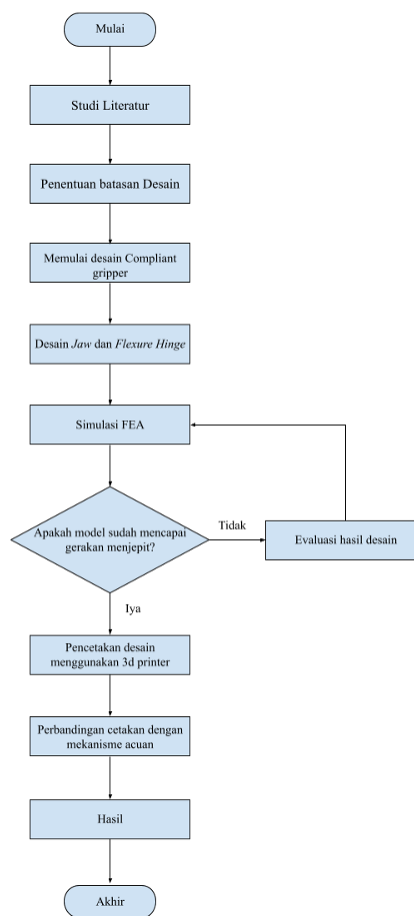


Fig. 1. Diagram Alir Penelitian

## IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN DATA

### A. Desain Compliant Gripper

Desain yang didapat dari compliant gripper menunjukkan peletakan komponen-komponen yang dibutuhkan dan lokasi penempatan mekanismenya dalam bentuk flexure agar gerakan menjepit dapat dihasilkan. Tipe flexure yang digunakan pada penelitian ini adalah model beam atau batang tipis yang divariasikan ketebalannya. Ketebalan yang diperlukan bergantung pada desain akhir alat setelah dilakukan pencetakan. Dengan menggunakan flexure ini kita dapat membiarkan compliant bergerak sebebannya, termasuk gerakan yang tidak diinginkan. Kita dapat membatasinya dengan mengecilkan jarak atau panjang total flexure sehingga meminimalisir gerakan yang tidak diinginkan dan memfokuskan gerakan yang diinginkan.

### B. Analisa Kinematika

Kekurangan dari penggunaan flexure ini salah satunya adalah titik sendinya yang dapat berpindah-pindah karena mobilitasnya didapat dari deformasi material. Kita dapat menggambar kinematikanya secara kasar untuk

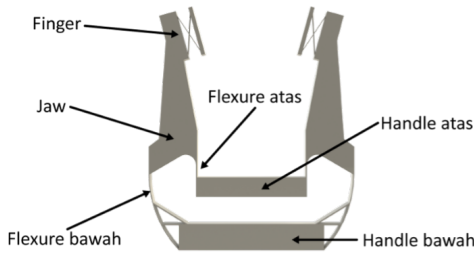


Fig. 2. Desain dan Bagian Compliant Gripper

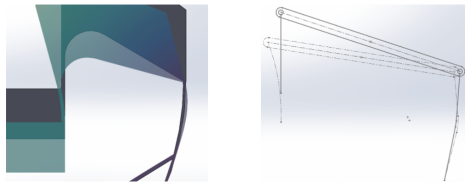


Fig. 3. Gerakan yang dihasilkan dan kinematika yang didapat dari gerakan tersebut

menunjukkan gerakan yang terjadi. Dengan mengasumsikan bahwa deformasi yang terjadi pada gripper hanya terjadi pada flexure dan bagian yang dihubungkannya merupakan bagian kaku, kita dapat menggambarkan gerakannya secara kinematik sebagian dari compliant gripper. Psuedo-Rigid Body Model (PRBM) dari gerakan yang telah didapat, handle atas diasumsikan hanya dapat bergerak secara vertikal sehingga dapat kita gambarkan ujung yang mewakili perpindahan pada handle atas berbentuk slider.

C. Hasil Simulasi FEA

Dari Simulasi yang telah dilakukan dengan input pada handle atas berbentuk prescribed displacement yang

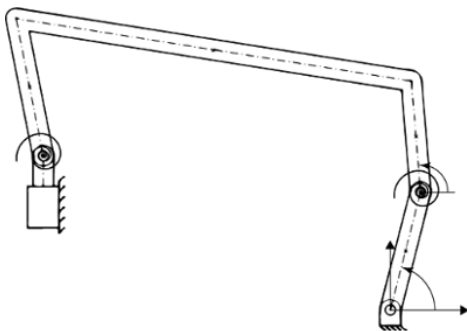


Fig. 4. Pseudo-Rigid Body Model dari Compliant Gripper

TABLE 1  
TABEL PERPINDAHAN DAN PERUBAHAN SUDUT

Input Perpindahan	$\Delta\theta_1$	$\Delta\theta_2$
5	2,6 deg	7,7 deg
10	1,86 deg	15,61 deg
15	2,55 deg	23,86 deg



Fig. 5. Hasil Simulasi FEA yang menunjukkan gerakan dan lokasi tegangan

TABLE 2  
TABEL PERPINDAHAN DAN PERUBAHAN SUDUT

No	Tebal Flexure (mm)	Input Perpindahan (mm)	Output Perpindahan (mm)	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Reaksi gaya (N)
1	1	5	17,77	33,3	5,98
2		10	36,13	59,1	8,81
3		15	55,13	76,4	10,6
4	0,75	5	17,89	28,4	3,2
5		10	36,31	50,4	4,79
6		15	55,31	64,9	5,54
7	0,5	5	17,73	19,2	1,5
8		10	36,04	33,9	2,25
9		15	55,03	44,8	2,65

divariasikan, alat compliant gripper menunjukkan gerakan yang terjadi dengan lokasi bending yang mengalami nilai tegangan lebih tinggi dibandingkan bagian yang lain. Hal ini ditandai oleh tingkat gradasi warna dari biru ke merah. Semakin merah warnanya semakin besar tegangan yang terjadi pada lokasi tersebut. Perbedaan ketebalan pada flexure memengaruhi tegangan yang ada pada lokasi bending. Semakin tebal flexure semakin tinggi tegangan yang dialaminya. Panjang flexure juga dapat mempengaruhi tegangan dan lokasi dimana terjadinya bending.

D. Hasil Cetak Compliant Gripper

Reaksi gaya yang didapatkan pada Tabel 2. dapat mencerminkan keseluruhan respon hasil cetak terhadap gaya-gaya lain diluar gaya masuk yang diberikan. Saat alat compliant gripper dengan tebal flexure 0.5 mm digunakan, gaya yang diperlukan untuk mencapai gerak menjepit sangatlah kecil dibandingkan variasi ketebalan flexure lainnya. Selain gaya masuk, gaya lain juga sangat mempengaruhi kekokohan alat saat digunakan. Benda lebih rentan bergerak saat diberi guncangan atau goyangan dibanding variasi flexure yang lebih tebal.

E. Efektivitas Compliant Gripper dengan Mekanisme Acuan

Salah satu keuntungan yang dapat langsung dilihat pada compliant gripper adalah sedikitnya komponen yang ada saat pembuatan. Compliant gripper dapat menjalankan fungsinya tanpa memerlukan proses perakitan sehingga meminimalisir proses manufakturnya. kekurangan yang ada pada compliant gripper dibandingkan pada mekanisme acuan adalah jarak buka tutup dan bentuk arah gaya masuknya. Compliant gripper pada penelitian ini memiliki bentuk arah gaya masuk linear yang terbatas

oleh jarak handle atas dan handle bawah, membatasi rotasi pada titik tumpu. Pada penelitian ini compliant gripper dapat menghasilkan gerakan pada satu sisi sebesar 64.55 mm dengan total jarak buka sebesar  $\pm 129$  mm, sedangkan gripper acuan dapat menghasilkan gerakan pada satu sisi sebesar 70 mm dengan total jarak buka sebesar 140 mm dengan catatan perbandingan dimensi compliant gripper dengan gripper acuan mendekati  $\pm 1:1$ . Selain itu, finger juga tidak dapat menahan orientasinya seperti pada gripper acuan. Finger akan ikut berotasi mengikuti perubahan sudut pada titik tumpu.

## V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan yang menjawab rumusan masalah yang ditetapkan

- Compliant gripper dibuat dengan menggunakan flexure hinge pada bagian sendinya.
- Dengan merubah susunan sendinya, kita dapat membuat compliant gripper mengalami gerakan menjepit seperti yang telah dilakukan pada mekanisme acuan.
- Rasio perpindahan input pada handle atas dan output pada ujung gripper yang terjadi adalah  $\pm 1:3,6$  pada setiap variasi ketebalan dan perpindahan.
- Compliant gripper yang didesain dapat menghasilkan fungsi yang sama seperti gripper walaupun memiliki total 1 komponen.
- Compliant gripper tidak memerlukan proses perakitan. Kekurangan yang didapat dari mencapai kelebihan tersebut adalah jarak buka-tutup yang lebih kecil dan orientasi finger yang dapat berubah mengikuti perubahan sudut tumpu.

## VI. SARAN

Agar penelitian selanjutnya dapat menjadi lebih baik, berikut merupakan saran yang dapat dilakukan untuk penelitian yang akan datang

- Menggunakan metode manufaktur lain seperti molding agar cetakan yang dibentuk dapat lebih presisi dan tidak meninggalkan rongga kosong pada cetakan.
- Jika menggunakan teknologi 3d print, disarankan menggunakan nozzle yang lebih kecil agar resolusi dimensi lebih akurat dan mengatur infill menjadi 100% sehingga tidak ada rongga kosong pada cetakan.
- Membuat desain agar lebih mendekati kinematik mekanisme acuan dengan menempatkan bagian compliant pada sendi-sendi yang sudah ada.

## REFERENCES

- [1] A. Wolf, R. Steinmann and H. Schunk, *Grippers in Motion : The Facination of Automated Handling Task*, Italy: Springer, 2005.
- [2] Z. Hu, W. Wan and K. Harada, "Designing a Mechanical Tool for Robots with Two-Finger Parallel Grippers," *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 4, no. 3, pp. 2981-2988, 2019.

- [3] J. A. Schumpeter, *The Theory of Economic Development*, Transaction Publishers, 1983.
- [4] L. L. Howell, *Compliant Mechanism*, 1st ed., Canada: John Wiley and Sons Ltd., 2001, p. 2001.
- [5] S. Lin<sup>3</sup>, S. Henning and L. Zentner, "Modeling and Design of Flexure Based Compliant Mechanism," *Kinematics - Analysis and Applications*, 2019.
- [6] G. J. Monkman, S. Hesse, R. Steinmann and H. Schunk, *Robotic Grippers*, Weinheim: Wiley-VCH, 2007.
- [7] L. L. Howell, S. P. Magleby and B. M. Olsen, *Handbook of Compliant Mechanism*, West Sussex: John Wiley and Sons Ltd., 2019.
- [8] N. Lobontiu, *Compliant Mechanism: Design of flexure Hinge*, CRC Press, 2003.
- [9] B. Redwood, F. Schöffner and B. Garret, *The 3D Printing Handbook*, Amsterdam: 3D Hubs B.V, 2017.
- [10] I. Gibson, D. Rosen and B. Stucker, *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*, 2nd ed., New York: Springer, 2015.