

## Modifikasi Mekanisme Penggerak Pada Modul Penggerak Concentrated Solar Power Tipe Parabolic Dish

Dhidik Mahandika<sup>1</sup>, Dwi Rahmalina<sup>1</sup>, Naufal Rifqi Ramadhan<sup>1</sup>

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

Email: [dhidik\\_mahandika@univpancasila.ac.id](mailto:dhidik_mahandika@univpancasila.ac.id), [drahmalina@univpancasila.ac.id](mailto:drahmalina@univpancasila.ac.id), [naufalr065@gmail.com](mailto:naufalr065@gmail.com)

### ABSTRAK

Energi matahari adalah sumber energi yang tidak akan pernah habis sehingga layak untuk dikembangkan. Selanjutnya masa depan, energi surya dapat dimainkan peran mendasar untuk menggantikan pembangkit bahan bakar fosil, dan untuk beralih dari karbon teknologi ke teknologi hijau. Salah satu cara untuk memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi adalah mengembangkan sistem Concentrated Solar Power (CSP). Untuk membuat suatu alat Concentrated Solar Power sangat diperlukan rangkaian proses manufaktur yang meliputi pembentukan dan perakitan terhadap komponen berdasarkan desain yang telah dibuat dan metode manufaktur yang digunakan adalah DFMA (Design For Manufacturing and Assembly). Setiap langkah pengerjaan tiap komponen dijelaskan pada SOP (Standard Operating Procedure), dan juga peta kerja untuk pembentukan komponen dan perakitan komponen dijelaskan pada OPC (Operation Process Chart) yang bertujuan untuk menggerakkan alat Concentrated Solar Power dengan gerak altitude. Dari hasil proses manufaktur dan perakitan modul penggerak alat Concentrated Solar Power ini didapatkan menggunakan roda gigi penggerak pada Concentrated Solar Power (CSP) Tipe Parabolic Dish, roda gigi yang digunakan yaitu dengan torsi 6.86 Nm, dikarenakan pada torsi 6.86 Nm memiliki nilai yield strength yang terkecil dibandingkan dengan torsi lainnya yaitu dengan nilai yield strength 5.571 MPa. Jenis Roda Gigi pada penggerak yang digunakan yaitu Roda Gigi Lurus, dengan nilai Torsi yaitu 6.86 Nm, nilai Daya (P) yaitu 0.26 hp, Kecepatan (Np) yaitu 150 putaran/menit, Jumlah Mata Gigi Penggerak (Z1) yaitu 10, Jumlah Mata Gigi (Z2) yaitu 67, Diameter Roda Gigi (D2) yaitu 134 mm, Diameter Roda Gigi Penggerak (D1) yaitu 20 mm, Modul (M) yaitu 2 mm, Pitch (P) yaitu 6.28 mm.

**Kata kunci:** Concentrated Solar Power, DFMA (Design for Manufacturing and Assembly), Roda Gigi

### ABSTRACT

*Solar energy is a source of energy that will never run out so it is feasible to develop. Furthermore, in the future, solar energy may play a fundamental role to replace fossil fuel generation, and to shift from carbon technology to green technology. One way to utilize solar energy as an energy source is to develop a Concentrated Solar Power (CSP) system. To make a Concentrated Solar Power tool, a series of manufacturing processes is needed which includes the formation and assembly of components based on designs that have been made and the manufacturing method used is DFMA (Design For Manufacturing and Assembly). Each step of work on each component is explained in the SOP (Standard Operating Procedure), and also the work map for component formation and component assembly is explained in the OPC (Operation Process Chart). Which aims to move the Concentrated Solar Power tool with altitude motion. From the results of the manufacturing process and assembly of the driving module for the Concentrated Solar Power tool, it was obtained using the driving gear on the Parabolic Dish Type Concentrated Solar Power (CSP), the gear used is with a torque of 6.86 Nm, because the torque of 6.86 Nm has the smallest yield strength value compared to other torques that is, with a yield strength value of 5.571 MPa. The type of gear on the drive used is a straight gear, with a torque value of 6.86 Nm, a power value (P) of 0.26 hp, a speed (Np) of 150 revolutions/minute, the number of actuating gears (Z1) is 10, the number of eyes Teeth (Z2) is 67, Gear Diameter (D2) is 134 mm, Drive Gear Diameter (D1) is 20 mm, Module (M) is 2 mm, Pitch (P) is 6.28 mm.*

**Keywords:** Concentrated Solar Power, DFMA (Design for Manufacturing and Assembly), Gear

### PENDAHULUAN

Energi matahari adalah sumber energi yang tidak akan pernah habis sehingga layak untuk dikembangkan. Selanjutnya masa depan, energi surya dapat dimainkan peran mendasar untuk menggantikan pembangkit bahan bakar fosil, dan untuk beralih dari karbon teknologi ke teknologi hijau. Salah satu cara untuk memanfaatkan energi

matahari sebagai sumber energi adalah mengembangkan sistem Concentrated Solar Power (CSP). Concentrated Solar Power adalah sistem yang menggunakan radiasi matahari langsung terkonsentrasi untuk menghasilkan panas ke area kecil untuk menghasilkan listrik. Sistem ini telah dikembangkan di beberapa negara seperti

Aljazair, Mesir, Yunani, India, Italia, Mexico, Maroko, Spanyol, dan Amerika.[1]

*Parabolic trough collector tube* disebut juga *receiver tube*, menyerap energi panas dengan mengumpulkan radiasi matahari untuk memanaskan fluida transfer panas di dalam *collector tube*. Energi panas yang terkumpulkan oleh fluida perpindahan panas digunakan untuk membangkitkan listrik. *Parabolic trough collector tube* adalah komponen kunci dalam sistem solar parabolic trough.[2] *Solar tracking system* sebuah sistem tracking yang mampu untuk menggerakkan sebuah panel surya supaya dapat mengikuti pergerakan dari arah datangnya cahaya, ada 2 sistem tracking yang dapat digunakan yaitu *single axis tracking system* dan *dual axis tracking system*. [3]

Sistem gerak *parabolic* ada 2 akses *azimuth* dan *altitude*. *Azimuth* adalah suatu sudut antara arah utara dengan proyeksi benda langit ke bidang horizontal dan *altitude* adalah sudut ketinggian benda langit dari bidang horizontal, masing-masing menunjukkan posisi di titik *zenith* (tepat di atas kepala) dan nadir (tepat di bawah kaki). [4]

*Concentrated Solar Power tipe Parabolic Dish* membutuhkan pergerakan memutar secara *altitude* agar penyerapan sinar matahari dapat dilakukan secara maksimal berdasarkan arah sinar matahari. Untuk dapat menggerakkan *Concentrated Solar Power* diperlukan desain dan pemilihan modul mekanisme penggerak yang cocok. Salah satu modul penggerak *Concentrated Solar Power* adalah menggunakan roda gigi lurus dan pinion karena roda gigi lurus mampu menerima beban tinggi.

*Concentrated Solar Power tipe Parabolic Dish* yang dibuat menggunakan mekanisme modul penggerak dua roda gigi lurus dan pinion dengan dua buah motor DC untuk menggerakkan dua buah roda gigi yang terletak di kedua ujung poros untuk memutar alat *Concentrated Solar Power* secara *altitude* memiliki masalah yaitu mudahnya terjadinya slip pada salah satu roda gigi selama transmisi daya berlangsung. Selain itu, penggunaan dua buah motor DC juga menyebabkan daya pada kedua motor DC tidak maksimal ketika digunakan.

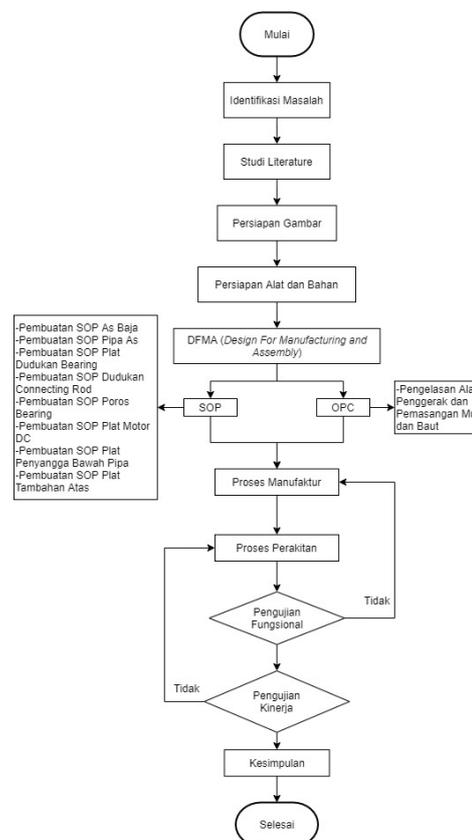
Tujuan penelitian ini adalah melakukan modifikasi dan proses manufaktur modul mekanisme penggerak yang digunakan pada alat *Concentrated Solar Power* dengan merubah rangka mekanisme penggerak, merubah daya motor yang digunakan beserta merubah spesifikasi roda gigi lurus dan pinion yang digunakan.

Mekanisme penggerak *Concentrated Solar Power* menggunakan satu roda gigi lurus dan pinion dengan satu motor DC sebagai penggerak untuk memutar *Concentrated Solar Power*.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode manufaktur yaitu metode DFMA (*Design For Manufacturing and Assembly*) yang mengacu pada bagian DFM dan DFA yang masing-masing memuat dokumen *Standard Operating Procedure* (SOP) dan *Operation Process Chart* (OPC).

Langkah-langkah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### A. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini merupakan langkah awal untuk mengidentifikasi masalah atau mencari permasalahan yang harus dipenuhi dalam perancangan. Perancangan harus sesuai dengan kebutuhan, yaitu mengetahui rasio roda gigi untuk penggerak *Concentrated Solar Power*.

### B. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari dan mengetahui referensi yang berkaitan dengan teori-teori yang berhubungan dengan sistem gerak pada *Concentrated Solar Power tipe Parabolic Dish*

serta kasus atau permasalahan yang di roda gigi dan motor servo.

Perhitungan jumlah mata gigi (Z) dapat ditentukan melalui persamaan 1 [5]

$$Z = \frac{D}{M} \quad (1)$$

Dimana:

Z = Jumlah gigi  
D = Diameter *pitch*  
M = Modul

Perhitungan jarak *pitch* roda gigi (T) dapat ditentukan melalui persamaan 2 [6]

$$T = \pi \times M \quad (2)$$

Dimana:

T = Jarak *pitch*  
M = Modul

Perhitungan Addendum ( $H_a$ ) dapat ditentukan melalui persamaan 3 [7]

$$H_a = 1 \times M \quad (3)$$

Dimana:

$H_a$  = Adendum  
M = Modul

Perhitungan Dedendum ( $H_f$ ) dapat ditentukan melalui persamaan 4 [8]

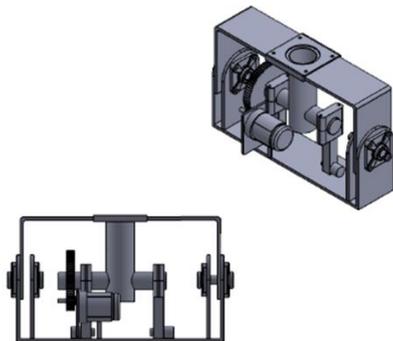
$$H_f = 1.16 \times M \quad (4)$$

Dimana:

$H_f$  = Dedendum  
M = Modul

### C. Persiapan Gambar

Persiapan gambar merupakan tahap untuk menentukan proses manufaktur apa yang sesuai dari Bill of material berdasarkan desain modul penggerak *Concentrated Solar Power*. Gambar Desain Modul Penggerak ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa Modul Penggerak

### D. Persiapan Alat dan Bahan

Selanjutnya tahap menentukan alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses manufaktur *Concentrated Solar Power* berdasarkan *Bill of Material* yang terdapat pada desain alat untuk dilakukannya proses manufaktur berdasarkan *Design For Manufacture and Assembly*.

### E. Design For Manufacture and Assembly (DFMA)

Pada tahap ini akan dilakukannya proses manufaktur dari desain dan material yang telah dibuat. Metode DFMA meliputi pembuatan komponen hingga tahap perakitan menjadi sebuah kesatuan modul penggerak *Concentrated Solar Power* [9]. Metode DFMA dilakukan dengan cara memilih material yang akan digunakan dalam pembentukan komponen modul penggerak *Concentrated Solar Power*, dilanjutkan dengan pembuatan *Standard Operating Procedure* (SOP) dan juga menentukan peta operasi atau *Operation Process Chart* (OPC). Dalam pemilihan material yang akan digunakan, terlebih dahulu memastikan bahwa material tersebut sesuai dengan komponen yang akan dibuat, baik dari sifat material, hingga harga material tersebut.

*Standard Operating Procedure* (SOP) merupakan pembuatan prosedur standar kerja dalam pembentukan komponen dan juga perakitan setiap komponen. *Operation Process Chart* (OPC) merupakan peta operasi yang bertujuan mengkalkulasi jumlah dan waktu pengerjaan yang berlangsung baik pembuatan komponen hingga perakitan.

### F. Proses Manufaktur

Setelah melakukan tahap DFMA, kemudian material dilakukan proses manufaktur untuk merubah bentuk material menjadi komponen yang akan dirakit menjadi sebuah modul penggerak *Concentrated Solar Power*. Adapun beberapa proses manufaktur yang dikerjakan pada modul penggerak *Concentrated Solar Power* adalah:

- Gerinda: gerinda dilakukan untuk memotong plat besi, pipa besi, dan untuk menghaluskan permukaan sisa pengelasan.
- Pengeboran: untuk membuat lubang tembus maupun lubang buta pada setiap komponen.
- Tap ulir: untuk membuat ulir pada lubang komponen sebagai letak penempatan baut dan mur.
- Mesin bubut: untuk membubut as baja

### G. Proses Perakitan (Assembly)

Setelah dilakukannya proses manufaktur modul penggerak *Concentrated Solar Power*, tahapan selanjutnya adalah perakitan setiap

komponen modul penggerak *Concentrated Solar Power* menjadi suatu kesatuan. Adapun proses perakitan yang digunakan pada modul penggerak *Concentrated Solar Power* adalah:

- Pengelasan: untuk penyambungan permanen pada setiap komponen menggunakan las listrik SMAW.
- Baut dan Mur: untuk penyambungan tidak permanen atau dapat dilepas kembali pada setiap komponen

#### H. Pengujian Fungsional

Setelah dilakukannya proses DFMA modul penggerak *Concentrated Solar Power*, tahapan selanjutnya adalah uji fungsional. Pengujian fungsional bertujuan untuk mengetahui apakah semua komponen modul penggerak *Concentrated Solar Power* yang telah terpasang berfungsi dengan benar atau terjadi kesalahan sehingga mesin tidak bekerja.

#### I. Pengujian Kinerja

Pada tahap ini merupakan pengujian alat dapat berfungsi secara optimal atau tidaknya dari hasil indentifikasi masalah maka uji fungsi pada modul penggerak *Concentrated Solar Power* tipe *parabolic dish* di lakukan untuk mengetahui gerak yang dapat mengikuti arah matahari atau masih belum dapat bergerak secara optimal. Apabila gerak *parabolic dish* masih belum optimal maka di lakukan indentifikasi masalah kembali perhitungan roda gigi dan motor DC.

#### J. Kesimpulan

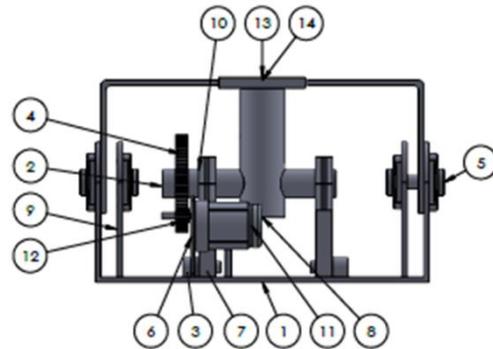
Setelah dilakukannya keseluruhan tahapan sebelumnya dan telah didapatkan berbagai data-data terkait penelitian proses manufaktur modul penggerak *Concentrated Solar Power*, tahap ini menarik kesimpulan yang terjadi dari keseluruhan proses yang telah terjadi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme modul penggerak *Concentrated Solar Power* yang diteliti adalah *Concentrated Solar Power* tipe *parabolic dish* dengan menggunakan penggerak berupa roda gigi lurus. Modul penggerak *Concentrated Solar Power* yang dibuat digunakan untuk memutar *Concentrated Solar Power* secara *altitude* agar penyerapan sinar matahari dapat dilakukan secara maksimal berdasarkan arah sinar matahari.

Desain modul penggerak *Concentrated Solar Power* tipe *parabolic dish* yang diteliti menggunakan transmisi roda gigi lurus yang mengalirkan daya dari motor DC. Desain

mekanisme modul penggerak *Concentrated Solar Power* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Gambar Desain Mekanisme Modul Penggerak *Concentrated Solar Power*

Bagian-bagian modul penggerak *Concentrated Solar Power* tipe *parabolic dish* yaitu:

1. Plat Penyangga Bawah
2. As Baja
3. Dudukan *Connecting Rod*
4. Roda Gigi
5. Poros
6. Plat Motor DC
7. *Connecting Rod* 1
8. Pipa As
9. Plat Dudukan Bantalan
10. *Connecting Rod* 2
11. Motor DC
12. *Pinion Gear*
13. Plat Penyangga Bawah pipa
14. Plat Tambahan Atas

Dari desain modul modul penggerak *Concentrated Solar Power* tipe *parabolic dish* kemudian dilakukan perhitungan untuk spesifikasi roda gigi yang digunakan. Data spesifikasi roda gigi yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Roda Gigi

No	Besaran	Simbol	Satuan	Nilai
1	Daya	P	Watt	250
2	Kecepatan Putar	n	rpm	150
3	Jarak sumbu	a	mm	77
4	Jumlah Mata Gigi	Z2	D2 / M	67
5	Jumlah Mata Gigi Penggerak	Z1	D1 / M	10
6	Diameter Roda Gigi	D2	mm	134
7	Diameter Roda Gigi Penggerak	D1	mm	20
8	Sudut Tekan	$\alpha_0$	derajat	20
9	Tebal Gigi D1	s	mm	20
10	Tebal Gigi D2	s	mm	20
11	Modul penggerak	M	mm	2
12	Pitch	T	$(\pi \times M)$ mm	6,28
13	Adendum	Ha	$(1 \times M)$ mm	2
14	Dedendum	Hf	$(1,16 \times M)$ mm	2,32

Dari daftar komponen modul penggerak *Concentrated Solar Power* tipe *Parabolic Dish* kemudian disusun spesifikasi komponen modul penggerak *Concentrated Solar Power* tipe *Parabolic Dish* yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen modul penggerak *Concentrated Solar Power*

No	Nama Komponen	Jumlah	Spesifikasi
1	Plat Penyangga Bawah	1	Plat Hitam Galvanis, Ketebalan 8mm
2	As baja	1	As Baja VCN, Diameter 42mm
3	Dudukan Connecting Rod	1	As Besi ST 42, Diameter 30mm
4	Gear	1	Round Bar Aluminium
5	Poros Bearing	2	Besi Assental AS S45C
6	Plat Motor DC	1	Plat Besi Galvanis, Ketebalan 5mm
7	Connecting Rod 1	1	Batang Alloy Steel
8	Pipa As	1	Pipa Besi Bulat
9	Plat Dudukan Bearing	2	Plat Hitam Galvanis, Ketebalan 8 mm
10	Connecting Rod 2	1	Batang Alloy Steel
11	Motor DC	1	Motor DC Gearbox
12	Pinion Gear	1	Round Bar Aluminium
13	Plat Penyangga Bawah Pipa	1	Besi Kanal U
14	Plat Tambahan Atas	1	Besi Kanal U

Dari spesifikasi komponen modul penggerak *Concentrated Solar Power* maka dibuatlah *Operation Process Chart* (OPC). OPC ini berguna untuk membuat perencanaan awal dan estimasi waktu yang dibutuhkan dalam proses pembuatan tiap part – part penyusun modul penggerak *Concentrated Solar Power*. Pada *Operation Process Chart* terdapat tiga tahapan

proses manufaktur yaitu, operasi, pemeriksaan dan perakitan.

Berikut dibawa ini merupakan rincian tahap perakitan yang dilakukan :

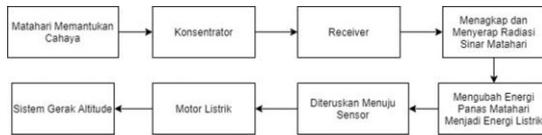
- Perakitan 1  
Komponen plat penyangga bawah, plat dudukan bantalan, plat motor DC, pipa as, plat penyangga pipa bawah, dan dudukan connecting rod di rakit pada rangka dengan perakitan jenis pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*).
- Perakitan 2  
Komponen motor DC, bantalan, plat penyangga pipa atas, dan *connecting rod* di rakit melanjutkan pada rakitan ke 1 dengan jenis perakitan baut dan mur.
- Perakitan 3  
Komponen gear dan as baja dirakit pada penyangga *connecting rod* dengan perakitan menggunakan pasak.

Setelah seluruh komponen tersedia kemudian dilakukan perakitan terhadap modul penggerak *Concentrated Solar Power*. Setelah modul penggerak *Concentrated Solar Power* dirakit dilakukan pengujian fungsi terhadap modul penggerak *Concentrated Solar Power* untuk membuktikan komponen dapat berfungsi dengan baik, motor DC dapat menggerakkan roda gigi untuk memutar *Concentrated Solar Power* dengan sistem gerak *altitude*. Modul penggerak *Concentrated Solar Power* ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4. Modul Penggerak *Concentrated Solar Power*

Teknologi *Concentrated Solar Power* mempunyai mekanisme kerja awal mula dari konsentrator penangkap sekaligus sebagai pemantulan sinar matahari yang difokuskan ke *receiver*. Dari *receiver* menangkap dan menyerap radiasi sinar matahari dari konsentrator untuk mengubah energi panas matahari di konversi menjadi energi mekanik kemudian menjadi energi listrik lalu diteruskan menuju sensor yang akan menghasilkan sinyal untuk ke *driver* supaya motor

listrik bergerak mampu mendeteksi dan mengikuti arah matahari. Output nya bergerak mengikuti arah gerak matahari dengan sistem gerak *altitude*.



Gambar 5. Diagram Mekanisme Kerja

Dalam proses modifikasi modul penggerak *Concentrated Solar Power* telah dilakukan perhitungan mengenai jenis komponen, jumlah komponen dan biaya yang dibutuhkan dalam perakitan modul penggerak *Concentrated Solar Power*. Biaya yang dibutuhkan dalam perakitan *Concentrated Solar Power* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rincian Anggaran Biaya Modifikasi Modul penggerak *Concentrated Solar Power*

No	Nama Komponen	Jumlah	Harga Satuan	Total Harga
1	Connecting Rod Kijang 5K	2	Rp. 150.000	Rp. 300.000
2	Bearing UCF 204 ASB	2	Rp. 45.000	Rp. 90.000
3	As Baja $\varnothing 45,500$ mm	1	Rp. 195.000	Rp. 195.000
4	Hand Tap SKC 10 $\times$ 1,5	1	Rp. 43.820	Rp. 43.820
5	Mata Bor Nachi 8,6 mm	1	Rp. 93.820	Rp. 93.820
6	Baut Mur M10	8	Rp. 2.500	Rp. 20.000
7	Mata Bor Nachi 4,0 mm	1	Rp. 24.000	Rp. 24.000
8	Claim Lube	1	Rp. 20.000	Rp. 20.000
9	Plat Besi Galvanis 200 $\times$ 120mm	2	Rp. 26.000	Rp. 52.000
10	Plat Besi Galvanis 200 $\times$ 120mm	1	Rp. 23.000	Rp. 23.000
Total Harga				Rp. 861.640

## KESIMPULAN

Dari hasil modifikasi mekanisme penggerak pada modul penggerak *Concentrated Solar Power* menggunakan metode DFMA (*design for manufacturing and assembly*) menghasilkan modul penggerak *Concentrated Solar Power* dengan sistem transmisi roda gigi lurus dan motor DC sebagai tenaga penggerak untuk memutar *Concentrated Solar Power* dengan sistem *altitude*.

Mekanisme *Concentrated Solar Power* menggunakan roda gigi lurus, dengan nilai torsi yaitu 6.86 Nm, nilai daya (P) yaitu 0.26 hp, kecepatan (Np) yaitu 150 putaran/menit, jumlah mata gigi penggerak (Z1) yaitu 10, jumlah mata gigi (Z2) yaitu 67, diameter roda gigi (D2) yaitu 134 mm, diameter roda gigi penggerak (D1) yaitu 20 mm, modul (M) yaitu 2 mm, dan pitch (P) yaitu 6.28 mm.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Pikra, A. Salim, B. Prawara, A. J. Purwanto, T. Admono and Z. Eddy, "Development of small scale organic rankine cycle for isolated region in Indonesia," *Energy Procedia*, 2013, vol. 32, pp. 122–123. doi: 10.1016/j.egypro.2013.05.016.
- [2] T. Suwa and S.Heng, "Transient thermal performance prediction method for parabolic trough solar collector under fluctuating solar radiation," *Jurnal Teknologi*, 2016, vol 78, pp. 5-9. doi: 10.11113/jt.v78.8786.
- [3] H. Zuddin and S. I. Haryudo, "Perancangan Dan Implementasi Sistem Instalasi Solar Tracking Dual Axis Untuk Optimasi Panel Surya," *Jurnal Teknik Elektro*, 2019, vol 8, no 3, pp. 563-570. doi: 10.26740/jte.v8n3.p%25p
- [4] A. Catarius, M. Christiner, and A. Emanuel, "Azimuth-Altitude Dual Axis Solar Tracker," *Master Qualifying Project, Faculty of Worcester Polytechnic Institute, Worcester, AS*, 2010
- [5] H. Muller-Steinhagen, Freng and F. Trieb, "Concentrating Solar Power-A Review Of The Technology," *Ingenia*, 2004, vol 18, pp. 43-50.
- [6] A. A. Nugroho, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Stirling Engine," *Prosiding Seminar Nasional Peranan Ipteks Menuju Industri Masa Depan (PIMIMD-4)*, pp. 5-8, 2017, doi: 10.21063/PIMIMD4.2017.6-10.
- [7] A. S. Kopalakrishnaswami, R. Loni, and G. Najaa, "Prediction of Focal Image for Solar Parabolic Dish Concentrator with Square Facets-An Analytical Model," *Environmental Science and Pollution Research* 30, 2023, 20065–20076, doi: 10.1007/s11356-022-23551-2
- [8] J. Rezkyanzah, L. P. Purba, and C. A. Putra, "Perancangan solar tracker berbasis arduino sebagai penunjang sistem kerja solar cell dalam penyerapan energi matahari," *Jurnal Scan: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 2016, vol 11, no 2, pp. 55-60
- [9] D. Rahmalina, A. Suwandi, D. H. Edi, R. Martonggo, "Rancang Bangun Alat Pengereng Cabai Skala Laboratorium dengan Pemanfaatan Concentrated Solar Power," *Jurnal Asimetri: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, 2022, vol 4, no 1, pp 105-116,