

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Fabrikasi Mesin

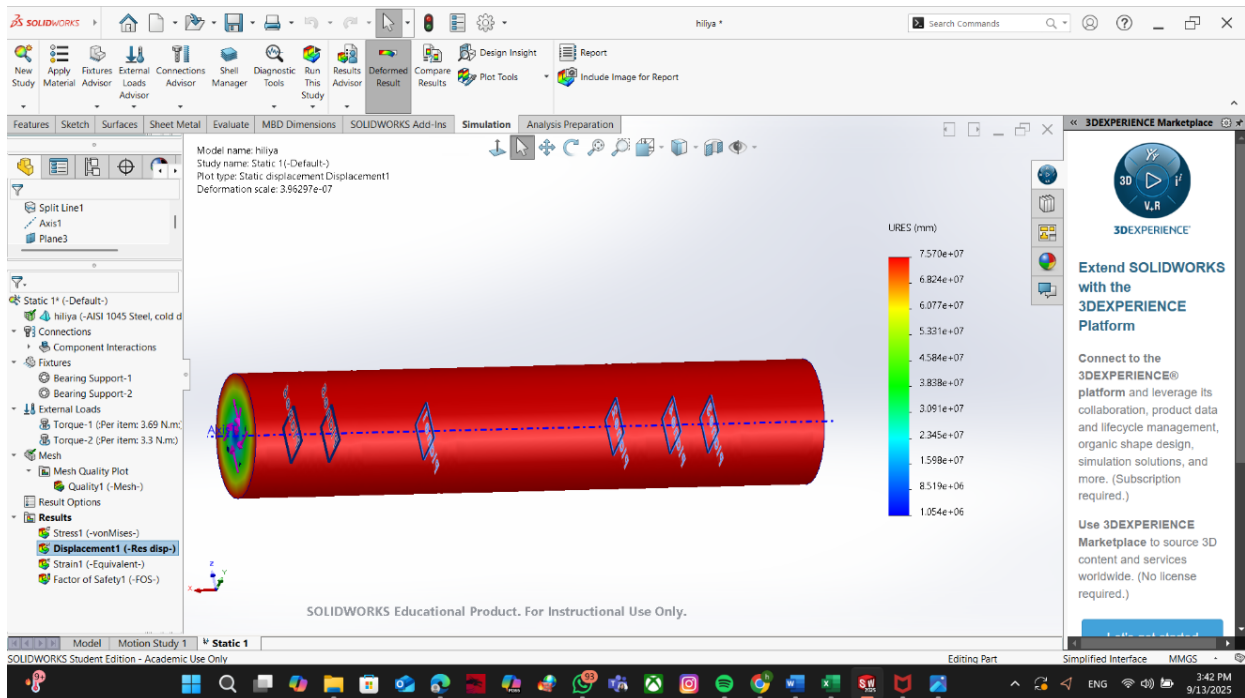
Simulator *shaft alignment* dirancang sebagai media pembelajaran mahasiswa melakukan kegiatan proses *alignment* secara riil yang meliputi pengukuran *soft foot*, *rough alignment awal*, pemasangan *bracket dial*, *runout* kopling dan proses *alignment* itu sendiri. Proses pembuatan diawali dengan perancangan desain menggunakan media *solidworks* yang kemudian dilanjutkan proses fabrikasi. Berikut merupakan hasil fabrikasi simulator *shaft alignment* ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Hasil fabrikasi simulator shaft alignment

4.2. Hasil Simulasi *Static Structural* pada Poros

4.2.1. *Displacement*

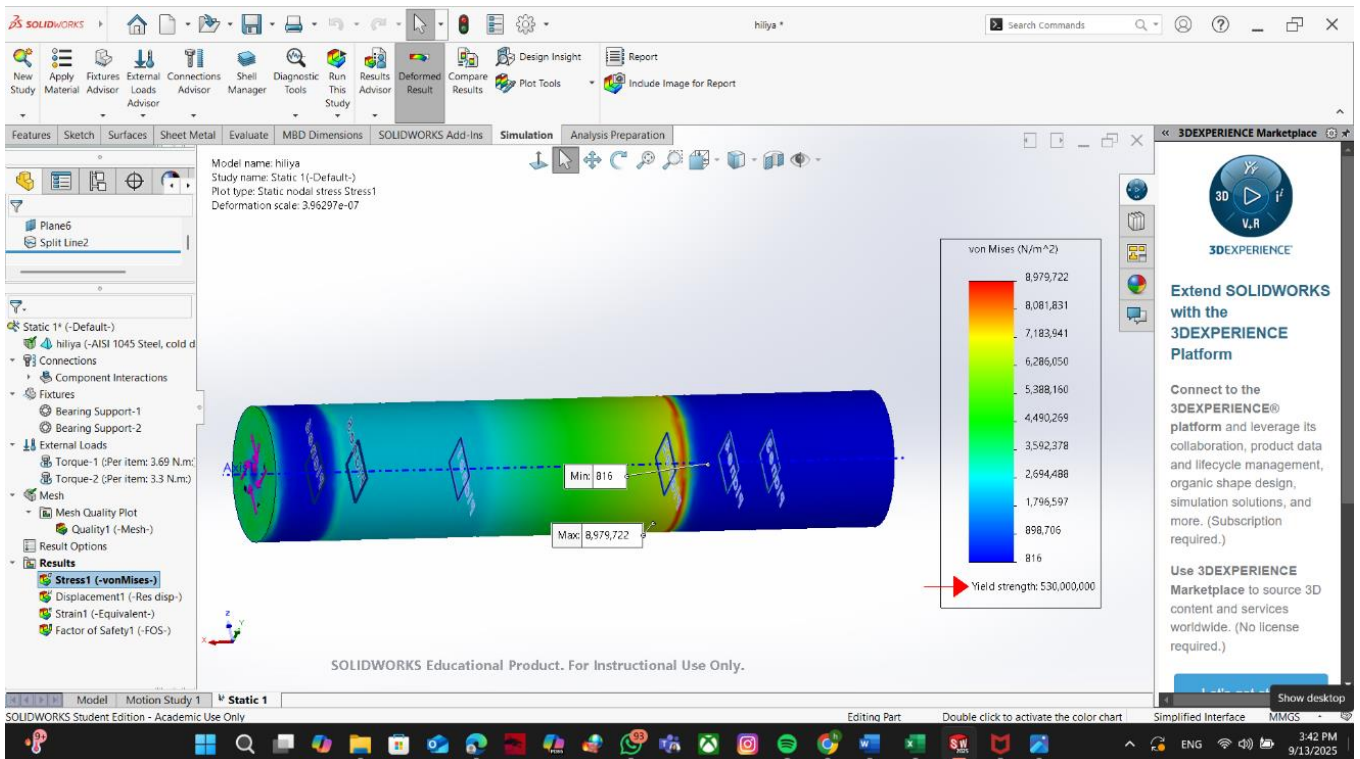


Gambar 4. 2 Hasil *displacement*

Gambar 4.2 Hasil simulasi *static structural* menunjukkan bahwa poros mengalami perpindahan maksimum pada ujung bebas yang menerima beban torsi (sisi generator) dan perpindahan minimum pada ujung yang diberi *fixed support* (sisi motor). Kontur warna dari biru hingga merah memperlihatkan distribusi perpindahan yang semakin besar seiring menjauhi tumpuan, sesuai teori torsi pada batang pejal. Nilai perpindahan yang ditampilkan pada *legend* SolidWorks tampak sangat besar akibat adanya skala visualisasi (*deformation scale*), padahal nilai aktualnya berada pada orde mikrometer sehingga relatif sangat kecil dibandingkan dengan dimensi poros berdiameter 19 mm. Kondisi ini wajar mengingat material poros AISI 1045 memiliki modulus elastisitas tinggi (± 210 GPa), sehingga deformasi elastis akibat beban torsi 3,3 N·m tidak signifikan. Dengan demikian,

poros tetap bersifat kaku, mampu menyalurkan daya secara efektif, serta aman digunakan tanpa menimbulkan deformasi berlebih yang dapat mengganggu kinerja sistem.

4.2.2. Stress (Von Mises)

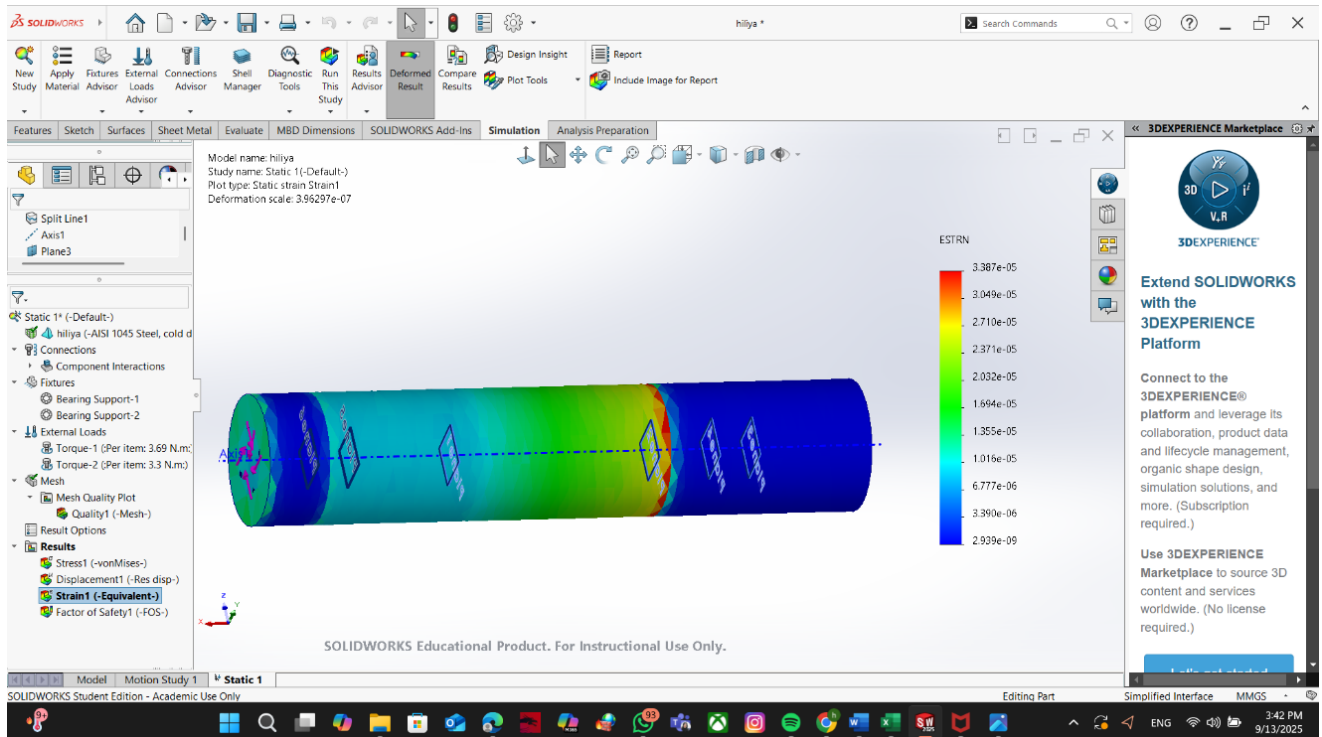


Gambar 4. 3 Stress (Von Mises)

Gambar 4.3 hasil simulasi menunjukkan distribusi tegangan *Von Mises* pada poros berbahan AISI 1045 Steel dengan kondisi pembebanan berupa torsi. Kontur warna menggambarkan tingkat tegangan, di mana warna biru menandakan daerah dengan tegangan rendah dan warna merah menunjukkan tegangan tertinggi. Dari model terlihat bahwa konsentrasi tegangan terbesar muncul di sekitar *shoulder* atau area pereduksi diameter, yang merupakan titik kritis akibat perubahan geometri poros. Nilai tegangan minimum tercatat sebesar 816 N/m² ($\approx 0,000816$ MPa) pada bagian ujung yang tidak menerima beban langsung, sedangkan tegangan maksimum mencapai 8.979.722 N/m² ($\approx 8,98$ MPa) pada area transisi geometri. Jika

dibandingkan dengan *yield strength* material AISI 1045 sebesar 530 MPa, nilai tegangan maksimum ini masih sangat kecil sehingga poros berada pada kondisi aman secara statik dalam menerima beban torsi.

4.2.3. Strain

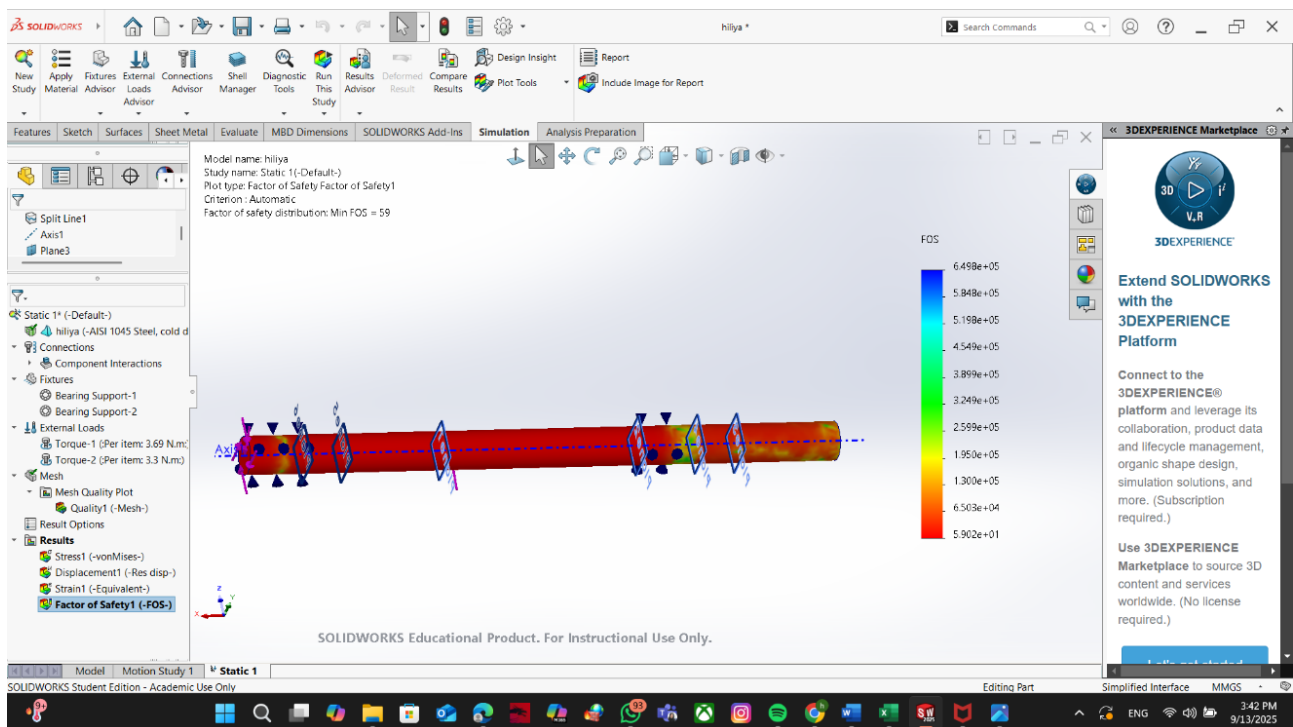


Gambar 4. 4 Hasil *Strain*

Gambar 4.4 merupakan hasil simulasi menunjukkan distribusi *equivalent strain* (ESTRN) pada poros akibat pembebanan torsi sebesar 3,3 N·m. Kontur warna memperlihatkan sebaran regangan, di mana warna biru menandakan regangan sangat kecil dan warna merah menunjukkan regangan relatif lebih tinggi. Nilai *strain* berada pada rentang $2,93 \times 10^{-9}$ hingga $3,39 \times 10^{-5}$, dengan regangan minimum mendekati nol terjadi pada bagian poros dekat *fixed support* (sisi motor), sedangkan regangan maksimum muncul di ujung poros yang menerima beban torsi (sisi generator), terutama pada daerah transisi diameter yang juga menjadi titik konsentrasi tegangan *von mises*. Nilai regangan maksimum sebesar $3,39 \times 10^{-5}$

($\approx 0,00339\%$) masih sangat kecil dibandingkan batas regangan elastis material AISI 1045 (sekitar 0,15–0,2%), sehingga poros hanya mengalami deformasi elastis yang dapat kembali ke bentuk semula setelah beban dilepas. Hasil ini mendukung analisis tegangan (Von Mises ≈ 9 MPa) dan perpindahan (orde mikrometer) yang menunjukkan bahwa poros bekerja dalam kondisi aman, kaku, dan mampu menyalurkan torsi tanpa risiko kegagalan material.

4.2.4. Faktor Keamanan (FoS)



Gambar 4. 5 Hasil Faktor Keamanan (FoS)

Gambar 4.5 hasil simulasi menunjukkan distribusi *Factor of Safety* (FoS) pada poros berbahan AISI 1045 akibat pembebanan torsi 3,3 N·m. FoS dihitung dari perbandingan tegangan *von mises* maksimum dengan *yield strength* material. Kontur warna memperlihatkan daerah merah sebagai titik dengan FoS paling rendah, yaitu di *area shoulder* atau transisi diameter poros, sedangkan warna biru menunjukkan FoS sangat tinggi pada bagian lain poros. Nilai minimum FoS tercatat

sebesar 59, jauh di atas standar minimal perancangan mesin (1,5–2), sementara sebagian besar area poros bahkan memiliki FoS hingga ratusan ribu, yang menandakan tegangan kerja sangat kecil dibanding kekuatan material. Kondisi ini membuktikan bahwa poros Ø19 mm memiliki margin keamanan yang sangat besar, sepenuhnya aman, dan tidak berisiko mengalami kegagalan plastis pada beban operasi normal.

Meskipun demikian, nilai FoS yang sangat tinggi juga mengindikasikan adanya *over-design*, artinya dimensi dan kekuatan poros jauh melampaui kebutuhan beban aktual. Hal ini memang menjamin keandalan, tetapi kurang efisien dari sisi pemanfaatan material dan biaya. Dalam praktik rekayasa, kondisi *over-design* seperti ini dapat dijadikan dasar untuk pertimbangan optimasi desain di masa depan, misalnya dengan mengurangi diameter poros atau memilih material dengan spesifikasi lebih ekonomis, selama tetap memenuhi standar keamanan minimum. Dengan demikian, hasil ini tidak hanya menegaskan bahwa poros aman digunakan, tetapi juga membuka peluang evaluasi efisiensi desain untuk aplikasi sejenis.

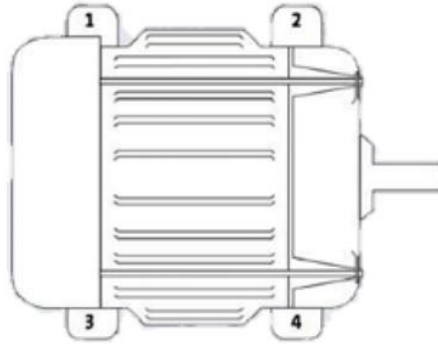
4.3. Pelaksanaan Metode *Pra-Alignment*

Pengambilan data *pra-alignment* metode *face and rim* yaitu pengukuran *soft foot*, *rough alignment* awal, pemasangan *bracket dial*, dan *runout*.

4.3.1. Pembahasan Data, Hasil Pengukuran Hasil *SoftFoot*

Langkah pengecekan *soft foot* dapat dilihat pada gambar 4.6. Cek gap kaki kaki pada posisi 1, 2, 3, 4 terhadap pondasi/unp dengan menggunakan *dial* indikator dan

catat hasil penyimpangan tersebut.



Gambar 4. 6 *Softfoot*

1. Hasil Pengukuran *SoftFoot* Motor Listrik

Tabel 4. 1 Pengukuran motor listrik

	Posisi Pengambilan Data <i>SoftFoot</i> (mm)			
	Nomor 1	Nomor 2	Nomor 3	Nomor 4
Hasil Data	0.01	0.03	0	0.03

Hasil pengecekan *soft foot* yang dilakukan di empat titik pada kaki-kaki motor listrik didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.1 dengan pengukuran nomor 1= 0.01, 2= 0.03, 3= 0, dan 4= 0.03. Pengecekan *soft foot* ini sebagai acuan untuk *pra-alignment* supaya *alignment* mendapat hasil yang lebih baik, dari pengukuran yang sudah dilakukan bahwa tidak terdapat masalah *soft foot* pada kaki-kaki sehingga tidak perlu dilakukan penambahan *shim* pada motor Listrik.

4.3.2. Pengujian *Bar Sag*

Pengujian *bar sag* dilakukan untuk mengetahui besar lendutan batang *dial indicator* yang dapat memengaruhi hasil pembacaan saat proses *alignment*. Pengujian dilakukan dengan cara menempatkan dial indicator pada posisi jam 12 (atas) kemudian dilakukan pengaturan awal hingga jarum menunjukkan angka nol. Selanjutnya batang diputar ke posisi jam 6 (bawah) dan hasil pergeseran jarum

dicatat sebagai nilai bar sag.



Gambar 4. 7 Pengujian bar sag posisi jam 12



Gambar 4. 8 Pengujian bar sag posisi jam 6

Tabel 4. 2 Hasil pengujian bar sag

Posisi Dial Indicator	Pembacaan (mm)
Jam 12 (atas)	0.00
Jam 6 (bawah)	0.00
Nilai <i>bar sag</i>	0.00

4.3.3. Pemeriksaan *Rough Alignment* Awal



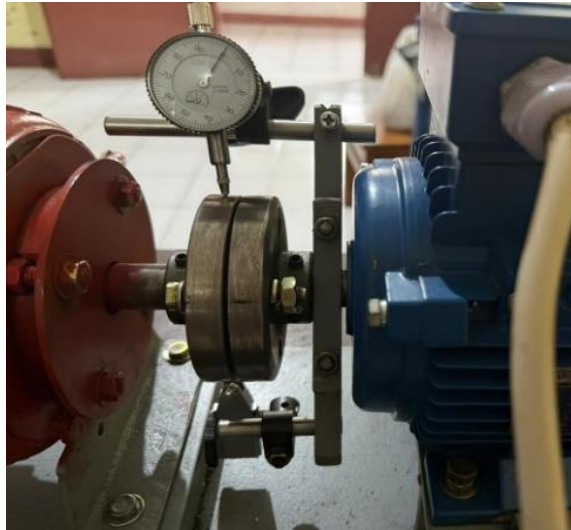
Gambar 4. 9 Pemeriksaan *rough alignment* awal

Rough alignment dilakukan untuk menyamakan posisi awal kopling motor listrik dan kopling generator menggunakan penggaris secara visual dan manual, dengan tujuan meminimalkan kesalahan awal sebelum dilakukan *fine alignment* menggunakan metode *face and rim*.

4.3.4. Pemasangan *Bracket Dial Indicator*

Setelah pengecekan *soft foot* memastikan pondasi motor sudah dalam kondisi stabil, tahap selanjutnya adalah pemasangan *bracket* dan *dial indicator* untuk mendeteksi *misalignment*. *Bracket* dipasang pada poros tetap, yaitu generator, sedangkan *dial indicator* diarahkan ke kopling motor listrik sebagai poros gerak. Fokus utama pengukuran berada pada sisi *face* kopling untuk mendeteksi *misalignment angular*, sesuai dengan tujuan khusus pengujian.

Hasil pemasangan menunjukkan *dial indicator* merespons perubahan saat poros diputar, menandakan bahwa sistem telah siap untuk proses pengambilan data sudut ketidaksejajaran.



Gambar 4. 10 Pemasangan *brecket dial indicator*

4.3.5. Pembahasan Data, Hasil *Run-Out* Kopling Motor

1. Hasil Pengukuran *Run Out* kopling motor listrik

Tabel 4. 3 *Run-out* kopling motor listrik

No	Posisi Pengambilan Data <i>Runout</i> (mm)			
	Arah Jam 12	Arah Jam 3	Arah Jam 6	Arah Jam 9
1	0	0.01	0	-0.01
2	0	0.01	-0.01	-0.02
3	0	0	-0.01	0
4	0	0.01	-0.01	-0.01
Rata-Rata	0	0.01	-0.01	-0.01

Hasil pengecekan *run out* dilakukan di 4 titik kopling motor listrik. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.3 Untuk arah jam 12 = 0 mm, jam 9 = -0.01 mm, jam 6 = -0.01 mm, dan jam 3 = 0.01 mm. Pengecekan *run out* ini sebagai acuan untuk *pra-alignment* supaya *alignment* mendapat hasil yang terbaik. Jika sudah mengetahui masalah penyimpangan pada kopling kemudian lakukan metode kesejajaran kopling (*alignment*). Berikut merupakan perhitungan *offset* pada kopling :

$$\text{Kopling Offset Vertikal} = \frac{\text{Rim Dial (DIR)TIR}}{2} = \frac{-0.01}{2} = 0,005 \text{ mm}$$

$$\text{Kopling Offset Horizontal} = \frac{\text{Rim Dial (DIR)TIR}}{2} = \frac{0,02}{2} = 0,01 \text{ mm}$$

2. Hasil Pengukuran *Run Out* kopling Generator

Tabel 4. 4 *Run-out* kopling generator

No	Posisi Pengambilan Data <i>Runout</i> (mm)			
	Arah Jam 12	Arah Jam 3	Arah Jam 6	Arah Jam 9
1	0	0	0.02	-0.01
2	0	0	0.02	-0.02
3	0	0.01	0.02	0
4	0	0.01	0.01	-0.01
Rata-Rata	0	0.005	0.02	-0.01

Hasil pengecekan run out dilakukan di 4 titik kopling generator. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.4 Untuk arah jam 12 = 0 mm, jam 9 = 0.005 mm, jam 6 = 0.02 mm dan jam 3 = 0.005mm. Pengecekan run out ini sebagai acuan untuk *pra-alignment* supaya *alignment* mendapat hasil yang terbaik. Jika sudah mengetahui masalah penyimpangan pada kopling kemudian lakukan metode kesejajaran kopling (*alignment*). Berikut merupakan perhitungan *offset* pada kopling :

$$\text{Kopling Offset Vertikal} = \frac{\text{Rim Dial (DIR)TIR}}{2} = \frac{-0.02}{2} = -0,01 \text{ mm}$$

$$\text{Kopling Offset Horizontal} = \frac{\text{Rim Dial (DIR)TIR}}{2} = \frac{0}{2} = 0 \text{ mm}$$

4.4. Pengukuran Kondisi *Alignment*, Getaran, Daya Input-Output, dan Temperatur

Pengukuran *alignment* menggunakan metode *face and rim* pada empat titik (pukul 12, 3, 6, dan 9) menunjukkan nilai dalam batas toleransi standar. Ini menandakan bahwa poros motor listrik dan generator telah sejajar dengan baik.

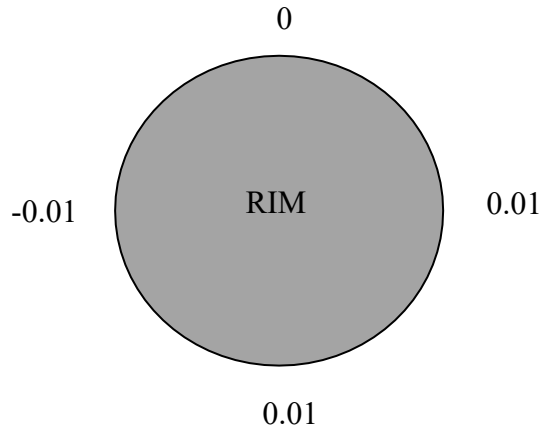
Selanjutnya, dilakukan pengujian getaran untuk menilai kestabilan sistem. Hasil menunjukkan penurunan signifikan pada tingkat getaran dibandingkan kondisi saat *misalignment*.

Pengukuran daya input dan output motor listrik juga dilakukan guna mengevaluasi tingkat efisiensi sistem pada kondisi *alignment*. Data yang diperoleh nantinya akan digunakan sebagai pembandingan terhadap pengujian pada kondisi *misalignment*.

4.4.1. Pengukuran Alignment, Getaran, Temperatur, dan Efisiensi

Tabel 4. 5 Arah Radial kondisi *alignment* pembebanan 350,600,1000 W

No	Posisi Pengambilan Data <i>Alignment</i> Searah Jarum Jam (mm)			
	Arah Jam 12	Arah Jam 3	Arah Jam 6	Arah Jam 9
1	0	0.01	-0.01	-0.01
2	0	0.01	0.01	-0.01
3	0	0	-0.02	-0.01
4	0	0.01	0.01	-0.01
Rata-Rata	0	0.01	0.01	-0.01

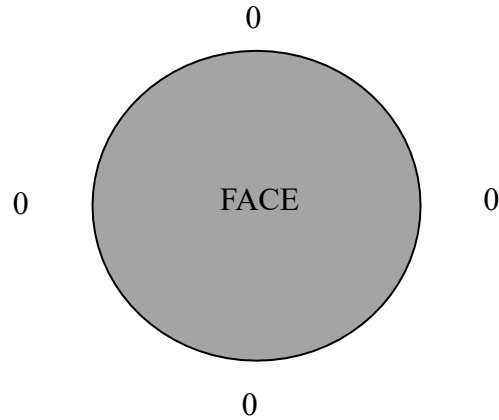


Gambar 4. 11 Data pengukuran radial kondisi *alignment*

Vertical	Horizontal
$V_o = \frac{Rim\ Dial\ (DIR)TIR}{2}$	$H_o = \frac{Rim\ Dial\ (DIR)TIR}{2}$
$V_o = \frac{Dir\ 12 - Dir\ 6}{2}$	$H_o = \frac{Dir\ 3 - Dir\ 9}{2}$
$V_o = \frac{0 - 0.01}{2}$	$H_o = \frac{0.01 - 0.01}{2}$
$V_o = 0\ mm$	$H_o = 0\ mm$

Tabel 4. 6 Arah Axial kondisi *Alignment* Pembebanan 350,600,1000 W

No	Posisi Pengambilan Data <i>Alignment</i> Searah Jarum Jam (mm)			
	Arah Jam 12	Arah Jam 3	Arah Jam 6	Arah Jam 9
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
Rata-Rata	0	0	0	0



Gambar 4. 12 Data pengukuran *axial* kondisi *alignment*

Vertikal	Horizontal
$V_A = \frac{Rim\ Dial\ (DIR)TIR}{2}$	$H_A = \frac{Rim\ Dial\ (DIR)TIR}{2}$
$V_A = \frac{Dir\ 12 - Dir\ 6}{2}$	$H_A = \frac{Dir\ 3 - Dir\ 9}{2}$
$V_A = \frac{0 - 0}{2}$	$H_A = \frac{0 - 0}{2}$
$V_A = 0\ mm$	$H_A = 0\ mm$

4.4.2. Hasil Pengambilan Data Getaran *Alignment*

Pengukuran getaran pada kondisi *alignment* dilakukan di titik *Drive End* (DE) dan *Non-Drive End* (NDE) pada motor maupun generator, dengan tiga arah pengukuran yaitu horizontal, vertikal, dan aksial. Data hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 4.7 hingga Tabel 4.12.

- Pembebanan DE dan NDE Motor

Tabel 4. 7 Pembebanan 350 Motor

Titik Ukur	Arah (Axial/Radial/Vertikal)	Kecepatan Getaran (mm/s)	Klasifikasi ISO 10816
DE Motor	Horizontal	1.8	Satisfactory
DE Motor	Vertikal	1.7	Satisfactory
DE Motor	Axial	2.1	Unsatisfactory
NDE Motor	Horizontal	2.5	Unsatisfactory
NDE Motor	Vertikal	4.0	Unsatisfactory
NDE Motor	Axial	4.6	Unacceptable

- Pembebanan DE dan NDE Generator

Tabel 4. 8 Pembebanan 350 Generator

Titik Ukur	Arah (Axial/Radial/Vertikal)	Kecepatan Getaran (mm/s)	Klasifikasi ISO 10816
DE Generator	Horizontal	3.0	Unsatisfactory
DE Generator	Vertikal	3.0	Unsatisfactory
DE Generator	Axial	2.7	Unsatisfactory
NDE Generator	Horizontal	5.8	Unacceptable
NDE Generator	Vertikal	6.1	Unacceptable
NDE Generator	Axial	5.2	Unacceptable

Pada pembebanan 350 W, nilai getaran motor tercatat dalam rentang 1,7–4,6 mm/s. Nilai terendah terdapat pada arah vertikal DE motor sebesar 1,7 mm/s (*satisfactory*), sedangkan nilai tertinggi pada arah aksial NDE motor sebesar 4,6 mm/s (*unacceptable*). Pada generator, nilai getaran berada pada kisaran 2,7–6,1 mm/s. Nilai terendah tercatat pada arah aksial DE generator sebesar 2,7 mm/s (*unsatisfactory*), sedangkan nilai tertinggi pada arah vertikal NDE generator sebesar 6,1 mm/s (*unacceptable*)

- Pembebanan DE dan NDE Motor

Tabel 4. 9 Pembebanan 600 Motor

Titik Ukur	Arah (Axial/Radial/Vertikal)	Kecepatan Getaran (mm/s)	Klasifikasi ISO 10816
DE Motor	Horizontal	1.9	Unsatisfactory
DE Motor	Vertikal	0.8	Satisfactory
DE Motor	Axial	1.4	Satisfactory
NDE Motor	Horizontal	2.9	Unsatisfactory
NDE Motor	Vertikal	2.4	Unsatisfactory
NDE Motor	Axial	2.6	Unsatisfactory

- Pembebanan DE dan NDE Generator

Tabel 4. 10 Pembebanan 600 Generator

Titik Ukur	Arah (Axial/Radial/Vertikal)	Kecepatan Getaran (mm/s)	Klasifikasi ISO 10816
DE Generator	Horizontal	3.9	Unsatisfactory
DE Generator	Vertikal	3.3	Unsatisfactory
DE Generator	Axial	3.8	Unsatisfactory
NDE Generator	Horizontal	5.6	Unacceptable
NDE Generator	Vertikal	4.4	Unsatisfactory
NDE Generator	Axial	4.8	Unacceptable

Pada pembebanan 600 W, motor menunjukkan nilai getaran antara 0,8–2,9 mm/s. Nilai terendah terdapat pada arah vertikal DE motor sebesar 0,8 mm/s (*satisfactory*), sedangkan nilai tertinggi tercatat pada arah horizontal NDE motor sebesar 2,9 mm/s (*unsatisfactory*). Pada generator, nilai getaran berada dalam kisaran 3,3–5,6 mm/s. Nilai terendah terdapat pada arah vertikal DE generator sebesar 3,3 mm/s (*unsatisfactory*), sedangkan nilai tertinggi pada arah horizontal NDE generator sebesar 5,6 mm/s (*unacceptable*)

- Pembebanan DE dan NDE Motor

Tabel 4. 11 Pembebanan 1000

Titik Ukur	Arah (Axial/Radial/Vertikal)	Kecepatan Getaran (mm/s)	Klasifikasi ISO 10816
DE Motor	Horizontal	2.6	Unsatisfactory
DE Motor	Vertikal	1.6	Satisfactory
DE Motor	Axial	2.4	Unsatisfactory
NDE Motor	Horizontal	4.0	Unsatisfactory
NDE Motor	Vertikal	3.6	Unsatisfactory

- Pembebanan DE dan NDE Generator

Tabel 4. 12 Pembebanan 1000

Titik Ukur	Arah (Axial/Radial/Vertikal)	Kecepatan Getaran (mm/s)	Klasifikasi ISO 10816
DE Generator	Horizontal	2.6	Unsatisfactory
DE Generator	Vertikal	1.6	Satisfactory
DE Generator	Axial	2.4	Unsatisfactory
NDE Generator	Horizontal	4.7	Unacceptable
NDE Generator	Vertikal	3.3	Unsatisfactory
NDE Generator	Axial	2.8	Unsatisfactory

Pada pembebanan 1000 W, nilai getaran motor berada pada rentang 1,6–4,0 mm/s. Nilai terendah tercatat pada arah vertikal DE motor sebesar 1,6 mm/s (*satisfactory*), sedangkan nilai tertinggi terdapat pada arah horizontal NDE motor sebesar 4,0 mm/s (*unsatisfactory*). Pada generator, nilai getaran tercatat dalam rentang 1,6–4,7 mm/s. Nilai terendah terdapat pada arah vertikal DE generator sebesar 1,6 mm/s (*satisfactory*), sedangkan nilai tertinggi pada arah horizontal NDE generator sebesar 4,7 mm/s (*unacceptable*)

4.4.3. Hasil Pengambilan Data Daya Input Dan Output serta Efisiensi Motor-Generator Kondisi *Alignment*

Pengukuran daya *input* dilakukan menggunakan *Chauvin Arnoux PEL 103* pada sisi motor listrik, sedangkan daya output diukur dengan *Lutron DW-6093* pada sisi generator. Nilai daya *input* dan *output* kemudian dibandingkan untuk memperoleh efisiensi *system* motor dan generator. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan daya keluar terhadap daya masuk.

$$n = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

- Pembebanan 350 W

$$\begin{aligned} n &= \frac{346}{649} \times 100\% \\ &= 53,3 \% \end{aligned}$$

- Pembebanan 600 W

$$\begin{aligned} n &= \frac{647}{1112} \times 100\% \\ &= 58,3 \% \end{aligned}$$

- Pembebanan 1000 W

$$\begin{aligned} n &= \frac{804}{1441} \times 100\% \\ &= 55,8 \% \end{aligned}$$

Tabel 4. 13 *Daya Input dan Output Alignment*

Beban W	Daya Input P_{in} (W)	Daya Output P_{out} (W)	Efisiensi
350 W	649	346	53,3 %
600 W	1112	647	58,3 %
1000 W	1441	804	55,8 %

Hasil pengambilan data ditunjukkan pada tabel 4.13.

- Beban 350 W menghasilkan daya input sebesar 649 W dan daya *output* 346 W dengan efisiensi 53,3%. Efisiensi masih rendah karena pada beban kecil rugi-rugi listrik dan mekanis lebih dominan dibanding daya keluaran.
- Beban 600 W menunjukkan peningkatan efisiensi hingga 58,3% dengan daya *input* 1112 W dan *output* 647 W. Hal ini menandakan sistem bekerja lebih optimal pada beban menengah.
- Beban 1000 W menghasilkan efisiensi 55,8% sedikit menurun dibanding beban menengah. Penurunan ini disebabkan adanya rugi panas yang meningkat pada motor dan generator.

Secara umum, kondisi *alignment* memberikan efisiensi rata-rata sekitar 55-58%, dengan kinerja paling optimal pada beban menengah. Hal ini menunjukkan bahwa sistem motor-generator dalam kondisi sejajar bekerja lebih stabil dan memiliki kerugian daya yang lebih kecil.

4.4.4. Hasil Pengambilan Data Temperatur Motor Listrik-Generator pada Kondisi *Alignment*

Pada kondisi *alignment*, poros motor listrik dan generator berada pada posisi sejajar serta lurus sesuai standar toleransi. Kondisi ini meminimalkan terjadinya gesekan maupun beban tambahan pada kopling dan bantalan, sehingga distribusi panas pada mesin relatif stabil. Pengukuran temperatur dilakukan menggunakan FLIR TG165 untuk memantau suhu komponen utama motor dan generator secara *non-kontak*. Data temperatur yang diperoleh pada kondisi *alignment* digunakan sebagai nilai pembanding (*baseline*) terhadap hasil pengukuran pada kondisi

misalignment.

Tabel 4. 14 Temperatur pada *alignment*

Waktu	Suhu Awal (°C)	Mesin	Pembebanan	Titik	Emesivitas	Suhu (°C)	
20 MENIT	29,8	Motor Listrik	350 W	DE	0.95	46.8	
				Tengah	0.95	46.2	
				NDE	0.95	43.4	
				Kopling	0.30	40.0	
		Generator		DE	0.95	38.5	
				Tengah	0.95	44.9	
				NDE	0.95	39.5	
				DE	0.95	53.2	
	29,8	Motor Listrik	600 W	Tengah	0.95	55.0	
				NDE	0.95	48.1	
		Generator			Kopling	0.30	47.3
					DE	0.95	44.0
					Tengah	0.95	57.2
					NDE	0.95	40.7
29,8	Motor Listrik	1000 W	DE	0.95	61.6		
	Generator			Tengah	0.95	61.2	
				NDE	0.95	53.6	
				Kopling	0.30	52.3	
				DE	0.95	47.0	
29,8	Generator		Tengah	0.95	63.7		
			NDE	0.95	43.9		

Pada kondisi *alignment*, distribusi panas pada motor listrik dan generator *relative* lebih stabil karena posisi poros sejajar sehingga gesekan dan beban tambahan pada kopling maupun bantalan dapat di minimalkan.

Dari hasil tabel 4.14 terlihat bahwa pada pembebanan 350 W hingga 1000 W, kenaikan suhu pada titik DE, NDE dan Tengah motor berkisar 46-61°C, sementara generator berkisar pada 38-63 °C. suhu kopling juga *relative* lebih rendah, yaitu berada pada kisaran 47-52 °C. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kestabilan *temperature* meskipun pembebanan meningkat.

4.5. Pengukuran *Misalignment Offset*, Getaran, Temperatur, dan Efisiensi Motor-Generator

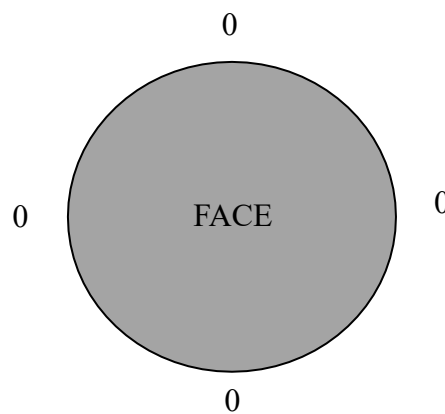
Pengukuran *misalignment offset* dilakukan menggunakan metode *face and rim* pada empat titik (arah jam 12, 9, 6, dan 3) menggunakan *dial indicator*. Data *run out* yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui tingkat ketidaksejajaran sudut antara poros motor listrik dan generator.

Selain itu, dilakukan pengujian getaran pada motor untuk mengetahui pengaruh *misalignment* terhadap kestabilan operasional. Pengukuran daya *input* dan *output* motor listrik juga dilakukan guna mengevaluasi efisiensi kerja sistem ketika terjadi *misalignment*. Hasil pengukuran digunakan sebagai dasar pembahasan performa simulator *shaft alignment* yang telah dirancang.

4.5.1. Pengukuran *Misalignment Offset*

Tabel 4. 15 Pengujian aksial *misalignment* dengan beban 350,600,1000W

No	Posisi Pengambilan Data <i>Alignment</i> Searah Jarum Jam (mm)			
	Arah Jam 12	Arah Jam 3	Arah Jam 6	Arah Jam 9
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
Rata-Rata	0	0	0	0



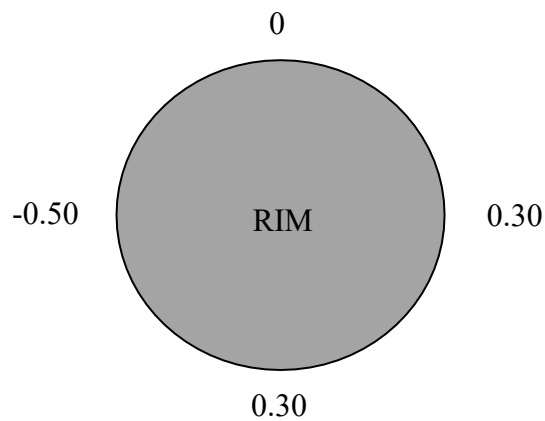
Gambar 4. 13 Data pengukuran aksial *misalignment*

$$\begin{aligned}
 &\text{Vertikal} \\
 V_A &= \frac{\text{Rim Dial (DIR)TIR}}{2} \\
 V_A &= \frac{\text{Dir 12} - \text{Dir 6}}{2} \\
 V_A &= \frac{0 - 0}{2} \\
 V_A &= 0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Horizontal} \\
 H_A &= \frac{\text{Rim Dial (DIR)TIR}}{2} \\
 H_A &= \frac{\text{Dir 3} - \text{Dir 9}}{2} \\
 H_A &= \frac{0 - 0}{2} \\
 H_A &= 0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 16 Pengujian radial *misalignment* dengan beban 350,600,1000W

No	Posisi Pengambilan Data <i>Misalignment</i> Searah Jarum Jam (mm)			
	Arah Jam 12	Arah Jam 3	Arah Jam 6	Arah Jam 9
1	0	0.30	0.30	-0.50
2	0	0.30	0.30	-0.50
3	0	0.30	0.30	-0.50
4	0	0.30	0.30	-0.50
Rata-Rata	0	0.30	0.30	-0.50



Gambar 4. 14 Data pengukuran *radial misalignment*

$$O_V = \frac{\text{Vertical Rim Dial (DIR)TIR}}{2}$$

$$O_V = \frac{\text{Dir 12} - \text{Dir 6}}{2}$$

$$O_V = \frac{0 - (0.30)}{2}$$

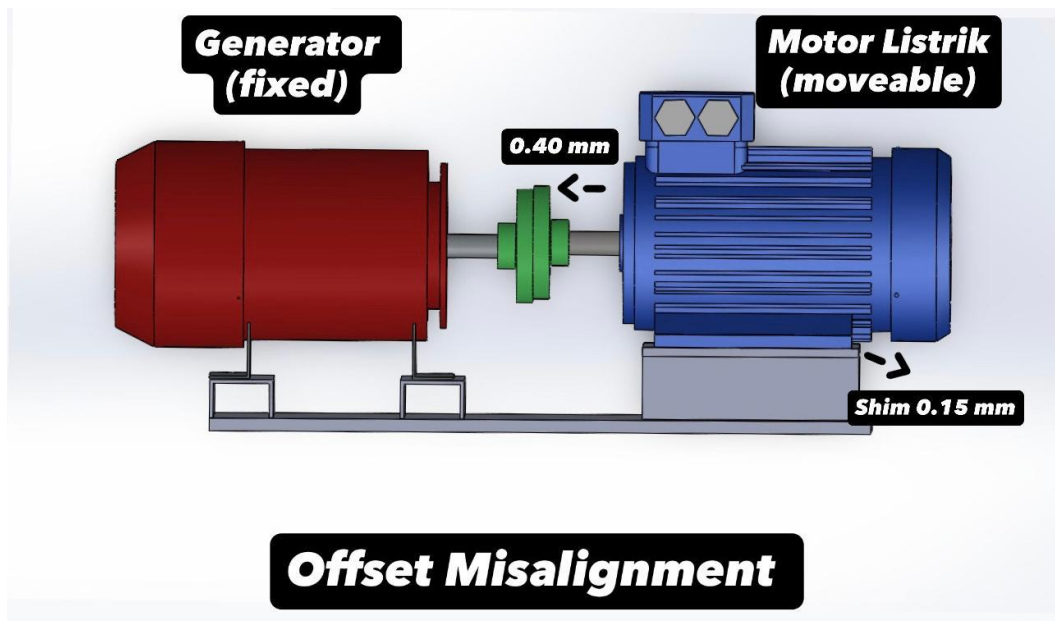
$$O_V = -0.15 \text{ mm}$$

$$O_H = \frac{\text{Horizontal Rim Dial (DIR)TIR}}{2}$$

$$O_H = \frac{\text{Dir 3} - \text{Dir 9}}{2}$$

$$O_H = \frac{0.30 - (-0.50)}{2}$$

$$O_H = 0.4 \text{ mm}$$



Gambar 4. 15 Visualisasi *offset misalignment*

Pada gambar 4.15 menunjukkan kondisi *offset misalignment* pada kopling motor dan generator. Pada pengujian ini, generator menjadi komponen tetap (*fixed*), sedangkan motor merupakan komponen yang dapat digeser (*moveable*) untuk menciptakan ketidaksejajaran. Pergeseran dilakukan secara horizontal ke kanan sebesar 0,40 mm dan secara vertikal ke bawah dengan penambahan shim 0,15 mm padaudukan motor. Arah kanan dan bawah ditentukan dari sudut pandang dari belakang motor menghadap ke generator. Visualisasi ini memperlihatkan bahwa posisi poros kedua mesin tidak lagi segaris, sehingga digunakan untuk mengamati pengaruh *misalignment* terhadap performa sistem.

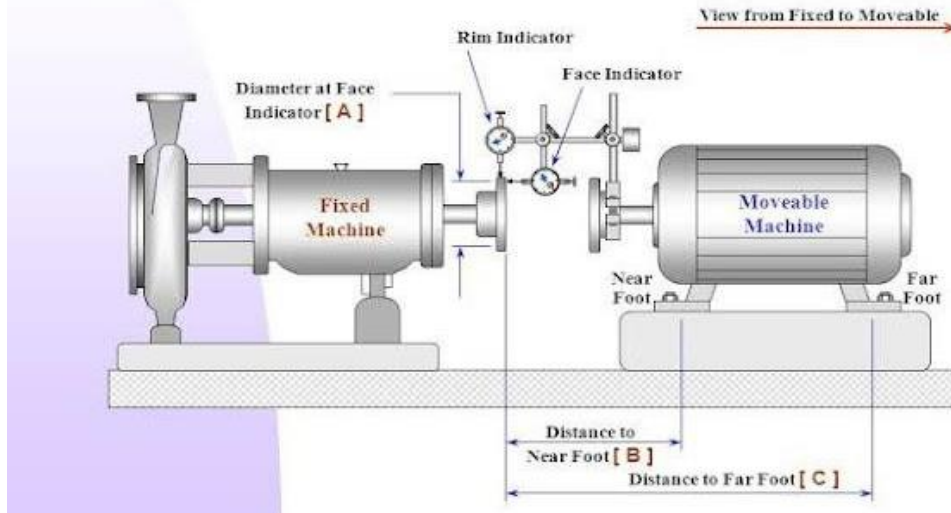
Untuk memperkecil nilai penyimpangan tersebut, perlu dilakukan reposisi pada salah satu mesin. Pada simulasi ini, dilakukan reposisi pada kopling *driven* (generator) dengan mengacu pada hasil pembacaan dial indicator.

Hasil pengukuran kopling *driver* dan *driven* menurut

PERHITUNGAN

Rim & Face Shaft Alignment

■ Typical Set-up



Gambar 4. 16 Rim and face shaft alignment

A	=	89 mm
B	=	99,8 mm
C	=	195 mm
Face TIR Vertikal (A_V)	=	0 mm
Face TIR Horizontal (A_H)	=	0 mm
Rim TIR Vertikal ΔF_V	=	-0.15 mm
Rim TIR Horizontal ΔR_V	=	0.40 mm

• Perhitungan matematis offset misalignment

➤ Kopling Offset Vertikal

$$\frac{\text{Rim Dial (DIR)TIR}}{2} = \frac{\text{Arah jam 12} - \text{Arah Jam 6}}{2} = \frac{0 - 0.30}{2} = -0.15 \text{ mm}$$

➤ Kopling Offset Horizontal

$$\frac{\text{Rim Dial (DIF)TIR}}{A \text{ Dimension}} = \frac{\text{Arah Jam 3} - \text{Arah Jam 9}}{A \text{ Dimension}} = \frac{0.30 - (-0.50)}{2} = 0.40 \text{ mm}$$

- **Reposisi dengan perhitungan matematis**

1. Perhitungan Vertikal

- Kaki depan (*Front Foot*)

$$\Delta F_V = \left(\frac{Face\ TIR}{A} \times B \right) + \frac{1}{2} Rim\ TIR$$

$$\Delta F_V = \left(\frac{0}{89} \times 99,8 \right) + \frac{1}{2} (-0.15)$$

$$\Delta F_V = -0.75\ mm$$

- Kaki belakang (*Rear Foot*)

$$\Delta R_V = \left(\frac{Face\ TIR}{A} \times (B + C) \right) + \frac{1}{2} Rim\ TIR$$

$$\Delta R_V = \left(\frac{0}{89} \times (99,8 + 195) \right) + \frac{1}{2} (-0.15)$$

$$\Delta R_V = -0,75\ mm$$

2. Perhitungan Horizontal

- Kaki depan (*Front Foot*)

$$\Delta F_H = \left(\frac{Face\ TIR}{A} \times B \right) + \frac{1}{2} Rim\ TIR$$

$$\Delta R_H = \left(\frac{0}{89} \times 99,8 \right) + \frac{1}{2} (0.40)$$

$$\Delta R_H = 0.2\ mm$$

- Kaki belakang (*Rear Foot*)

$$\Delta R_H = \left(\frac{Face\ TIR}{A} \times (B + C) \right) + \frac{1}{2} Rim\ TIR$$

$$\Delta R_H = \left(\frac{0}{89} \times (99,8 + 195) \right) + \frac{1}{2} (0.40)$$

$$\Delta R_H = 0,2\ mm$$

Berdasarkan hasil perhitungan reposisi menggunakan metode *face and rim*,

diperoleh empat komponen koreksi yaitu ΔF_v , ΔR_v , ΔF_h , dan ΔR_h . Nilai ΔF_v dan ΔR_v merepresentasikan besarnya penambahan shim pada kaki depan dan belakang mesin untuk mengoreksi *offset misalignment* pada bidang vertikal. Sementara itu, ΔF_h dan ΔR_h menunjukkan besar pergeseran pada kaki depan dan belakang mesin untuk mengoreksi *offset misalignment* pada bidang horizontal.

Dari data pengukuran, diperoleh kebutuhan koreksi sebesar -0.75 mm pada kaki depan dan -0.75 mm pada kaki belakang untuk arah vertikal. Pada bidang horizontal, mesin perlu digeser sebesar 0,2 mm pada kaki depan dan 0,2 mm pada kaki belakang ke arah jam 9. Dengan melakukan koreksi tersebut, sumbu poros motor dan generator dapat kembali berada pada posisi segaris, sehingga kondisi *misalignment* angular dapat dihilangkan dan kinerja sistem dapat lebih stabil serta efisien.

4.5.2. Pengukuran Getaran pada *Misalignment Offset*

- Pembebanan DE dan NDE Motor

Tabel 4. 17 Pembebanan 350 Motor

Titik Ukur	Arah (Axial/Radial/Vertikal)	Kecepatan Getaran (mm/s)	Klasifikasi ISO 10816
DE Motor	Horizontal	3.1	Unsatisfactory
DE Motor	Vertikal	1.7	Satisfactory
DE Motor	Axial	2.5	Unsatisfactory
NDE Motor	Horizontal	10.0	Unacceptable
NDE Motor	Vertikal	6.4	Unacceptable
NDE Motor	Axial	8.3	Unacceptable

- Pembebanan DE dan NDE Generator

Tabel 4. 18 Pembebanan 350 Generator

Titik Ukur	Arah (Axial/Radial/Vertikal)	Kecepatan Getaran (mm/s)	Klasifikasi ISO 10816
DE Generator	Horizontal	5.4	Unacceptable
DE Generator	Vertikal	5.9	Unacceptable
DE Generator	Axial	5.5	Unacceptable
NDE Generator	Horizontal	7.5	Unacceptable
NDE Generator	Vertikal	4.8	Unacceptable
NDE Generator	Axial	7.4	Unacceptable

Pada pembebanan 350 W, nilai getaran motor berada dalam kisaran 1,7–10,0 mm/s. Nilai terendah tercatat pada arah vertikal DE motor sebesar 1,7 mm/s (*satisfactory*), sedangkan nilai tertinggi terdapat pada arah horizontal NDE motor sebesar 10,0 mm/s (*unacceptable*). Pada sisi generator, nilai getaran berada dalam rentang 4,8–7,5 mm/s, dengan nilai terendah pada arah vertikal NDE generator sebesar 4,8 mm/s (*unacceptable*) dan nilai tertinggi pada arah horizontal NDE generator sebesar 7,5 mm/s (*unacceptable*)

- Pembebanan DE dan NDE Motor

Tabel 4. 19 Pembebanan 600 Motor

Titik Ukur	Arah (Axial/Radial/Vertikal)	Kecepatan Getaran (mm/s)	Klasifikasi ISO 10816
DE Motor	Horizontal	6.2	Unacceptable
DE Motor	Vertikal	3.5	Unsatisfactory
DE Motor	Axial	5.5	Unacceptable
NDE Motor	Horizontal	6.5	Unacceptable
NDE Motor	Vertikal	5.4	Unacceptable
NDE Motor	Axial	11.0	Unacceptable

- Pembebanan DE dan NDE Generator

Tabel 4. 20 Pembebanan 600 Generator

Titik Ukur	Arah (Axial/Radial/Vertikal)	Kecepatan Getaran (mm/s)	Klasifikasi ISO 10816
DE Generator	Horizontal	5.0	Unacceptable
DE Generator	Vertikal	3.6	Unsatisfactory
DE Generator	Axial	6.2	Unacceptable
NDE Generator	Horizontal	5.0	Unacceptable
NDE Generator	Vertikal	8.0	Unacceptable
NDE Generator	Axial	6.7	Unacceptable

Pada pembebanan 600 W, motor menunjukkan nilai getaran antara 3,5–11,0 mm/s. Nilai terendah terdapat pada arah vertikal DE motor sebesar 3,5 mm/s (*unsatisfactory*), sedangkan nilai tertinggi terjadi pada arah aksial NDE motor sebesar 11,0 mm/s (*unacceptable*). Generator pada beban yang sama menghasilkan nilai getaran dalam kisaran 3,6–8,0 mm/s, dengan nilai terendah pada arah vertikal DE generator sebesar 3,6 mm/s (*unsatisfactory*) dan nilai tertinggi pada arah vertikal NDE generator sebesar 8,0 mm/s (*unacceptable*).

- Pembebanan DE dan NDE Motor

Tabel 4. 21 Pembebanan 1000 Motor

Titik Ukur	Arah (Axial/Radial/Vertikal)	Kecepatan Getaran (mm/s)	Klasifikasi ISO 10816
DE Motor	Horizontal	4.7	Unacceptable
DE Motor	Vertikal	4.9	Unacceptable
DE Motor	Axial	3.5	Unsatisfactory
NDE Motor	Horizontal	6.9	Unacceptable
NDE Motor	Vertikal	9.2	Unacceptable
NDE Motor	Axial	6.0	Unacceptable

- Pembebanan DE dan NDE Genarator

Tabel 4. 22 Pembebanan 1000 Generator

Titik Ukur	Arah (Axial/Radial/Vertikal	Kecepatan Getaran (mm/s)	Klasifikasi ISO 10816
DE Generator	Horizontal	5.4	Unacceptable
DE Generator	Vertikal	5.2	Unacceptable
DE Generator	Axial	2.9	Unsatisfactory
NDE Generator	Horizontal	6.8	Unacceptable
NDE Generator	Vertikal	5.5	Unacceptable
NDE Generator	Axial	7.4	Unacceptable

Pada pembebanan 1000 W, nilai getaran motor tercatat dalam rentang 3,5–9,2 mm/s. Nilai terendah terdapat pada arah aksial DE motor sebesar 3,5 mm/s (*unsatisfactory*), sedangkan nilai tertinggi terjadi pada arah vertikal NDE motor sebesar 9,2 mm/s (*unacceptable*). Pada sisi generator, nilai getaran berada dalam kisaran 2,9–7,4 mm/s, dengan nilai terendah pada arah aksial DE generator sebesar 2,9 mm/s (*unsatisfactory*) dan nilai tertinggi pada arah aksial NDE generator sebesar 7,4 mm/s (*unacceptable*).

4.5.3. Pengukuran Daya *Input* dan *Output* serta Efisiensi Motor-Generator

Kondisi *Misalignment Offset*

Pengukuran daya input dilakukan menggunakan Chauvin Arnoux PEL 103 pada sisi motor listrik, sedangkan daya output diukur dengan Lutron DW-6093 pada sisi generator. Nilai daya input dan output kemudian dibandingkan untuk memperoleh efisiensi system motor dan generator. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan daya keluar terhadap daya masuk.

$$n = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

- Pembebanan 350 W

$$n = \frac{349}{704} \times 100\%$$

$$= 49,5 \%$$

- Pembebanan 600 W

$$n = \frac{712}{1234} \times 100\%$$

$$= 57,7 \%$$

- Pembebanan 1000 W

$$n = \frac{802}{1438} \times 100\%$$

$$= 55,7 \%$$

Tabel 4. 23 *Daya input dan output misalignment offset*

Beban W	Daya Input P_{in} (W)	Daya Output P_{out} (W)	Efisiensi
350 W	704	349	49,5 %
600 W	1234	712	57,7 %
1000 W	1438	802	55,7 %

Hasil pengambilan data ditunjukkan pada tabel 4.23 menjelaskan bahwa :

- Beban 350 W menghasilkan daya input sebesar 704 W dan daya output 349 W dengan efisiensi 49,5%. Efisiensi masih rendah karena pada beban kecil rugi-rugi listrik dan mekanis lebih dominan dibanding daya keluaran.
- Beban 600 W menunjukkan peningkatan efisiensi hingga 57,7% dengan daya input 1234 W dan output 712 W. Hal ini menandakan sistem bekerja lebih optimal pada beban menengah.
- Beban 1000 W menghasilkan efisiensi 55,7% sedikit menurun dibanding beban

menengah. Penurunan ini disebabkan adanya rugi panas yang meningkat pada motor dan generator.

Secara umum, kondisi *misalignment* memberikan efisiensi rata-rata sekitar 53-57%, dengan kinerja paling optimal pada beban menengah. Hal ini menunjukkan bahwa sistem motor-generator dalam kondisi sejajar bekerja lebih stabil dan memiliki kerugian daya yang lebih kecil.

4.5.4. Hasil Pengukuran Data Temperatur Motor Listrik-Generator pada Kondisi *Misalignment offset*

Pengukuran temperatur dilakukan untuk memantau perubahan panas pada motor listrik dan generator ketika mengalami kondisi *misalignment offset*. Kenaikan suhu biasanya terjadi akibat peningkatan gesekan dan beban tidak merata pada poros serta kopling. Proses pengukuran menggunakan FLIR TG165, yaitu alat ukur temperatur berbasis infrared yang dapat merekam nilai suhu secara cepat dan akurat tanpa kontak langsung dengan objek.

Pengambilan data pada beban 350, 600 dan 1000 watt dilakukan selama 20 menit setelah beban diberikan, agar temperatur mencapai kondisi stabil sebelum dilakukan pencatatan. Dengan suhu awal 30,0 °C dan emissivity (ϵ) sebesar 0,95

Tabel 4. 24 Temperatur pada *misalignment offset*

Waktu	Suhu		Mesin	Pembebanan	Titik	Emesivitas	Suhu (°C)
	Awal (°C)						
20 MENIT	30	Motor Listrik	350 W	DE	0.95	47.4	
				Tengah	0.95	47.0	
				NDE	0.95	44.1	
		Generator		Kopling	0.30	41.4	
				DE	0.95	39.6	
				Tengah	0.95	45.0	
	30	Motor Listrik	600 W	NDE	0.95	40.1	
				DE	0.95	54.2	
				Tengah	0.95	56,0	
		Generator		NDE	0.95	49,9	
				Kopling	0.30	48.1	
				DE	0.95	45.7	
30	Motor Listrik	1000 W	Tengah	0.95	58.3		
			NDE	0.95	41.3		
			DE	0.95	62.5		
	Generator		Tengah	0.95	62.2		
			NDE	0.95	54.5		
			Kopling	0.30	52.7		
30	Motor Listrik	1000 W	DE	0.95	49.3		
			Tengah	0.95	64.3		
			NDE	0.95	44.7		
	Generator		DE	0.95	62.5		
			Tengah	0.95	62.2		
			NDE	0.95	54.5		

Pada kondisi *misalignment offset*, terlihat adanya peningkatan temperatur yang lebih signifikan. Dari tabel 4.24 pada pembebanan 350 W hingga 1000 W, suhu motor Listrik meningkat lebih tinggi, dengan titik DE 62,5°C dan titik tengah mencapai 62,2°C, sementara generator juga menunjukkan kenaikan pada titik tengah

hingga 64,3°C. Suhu kopling pun naik sehingga tercatat 52,7°C.

Kenaikan ini terjadi akibat gesekan tambahan dan beban yang tidak merata pada poros dan kopling, yang menyebabkan panas lebih cepat terakumulasi. Dibandingkan kondisi *alignment*, nilai suhu rata-rata pada titik kritis (DE, Tengah dan Kopling) meningkat sekitar 5-10°C

4.6. Pembahasan Data Getaran, Daya Input-Output, Efisiensi dan Temperatur pada kondisi *Alignment* dan *Misalignment Offset*

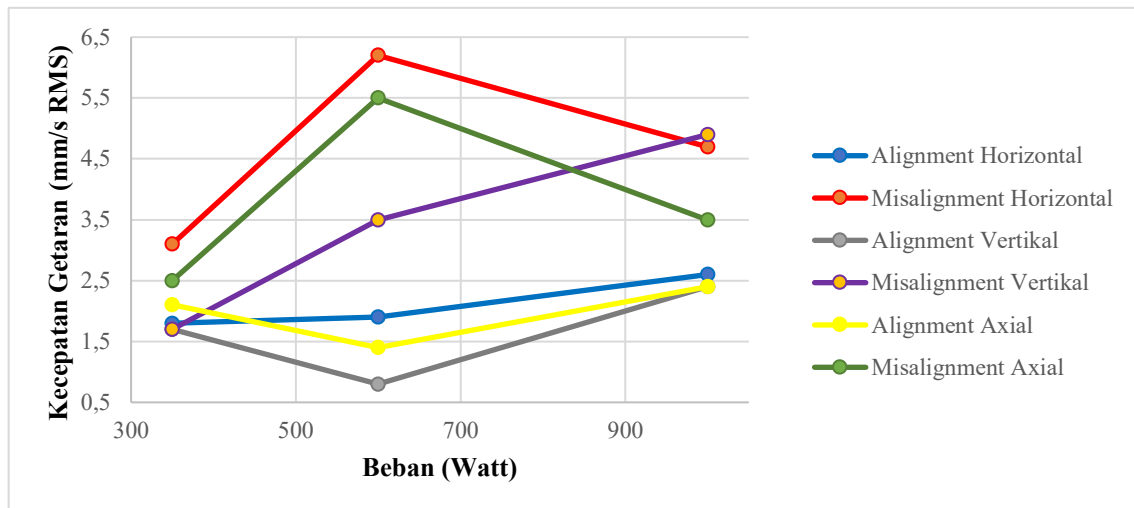
Pada bagian ini disajikan hasil pembahasan mengenai perbandingan kinerja sistem motor–generator dalam kondisi *alignment* dan *misalignment offset*. Analisis dilakukan berdasarkan tiga parameter utama, yaitu getaran, efisiensi daya motor–generator, serta temperatur komponen kritis pada motor listrik, generator, dan kopling. Data perbandingan ditampilkan dalam bentuk diagram batang untuk memudahkan visualisasi, kemudian dijelaskan secara deskriptif guna memberikan gambaran kecenderungan perubahan yang terjadi akibat *misalignment*.

4.6.1. Perbandingan Nilai Getaran pada Kondisi *Alignment* dan *Misalignment*

1. Perbandingan Grafik Getaran *Alignment* dan *Misalignment* DE Motor

Tabel 4. 25 Perbandingan getaran DE motor

Beban (W)	<i>Alignment</i> Horizontal	<i>Misalignment</i> horizontal	<i>Alignment</i> Vertikal	<i>Misalignment</i> Vertikal	<i>Alignment</i> Axial	<i>Misalignment</i> Axial
350	1,8	3,1	1,7	1,7	2,1	2,5
600	1,9	6,2	0,8	3,5	1,4	5,5
1000	2,6	4,7	2,4	4,9	2,4	3,5



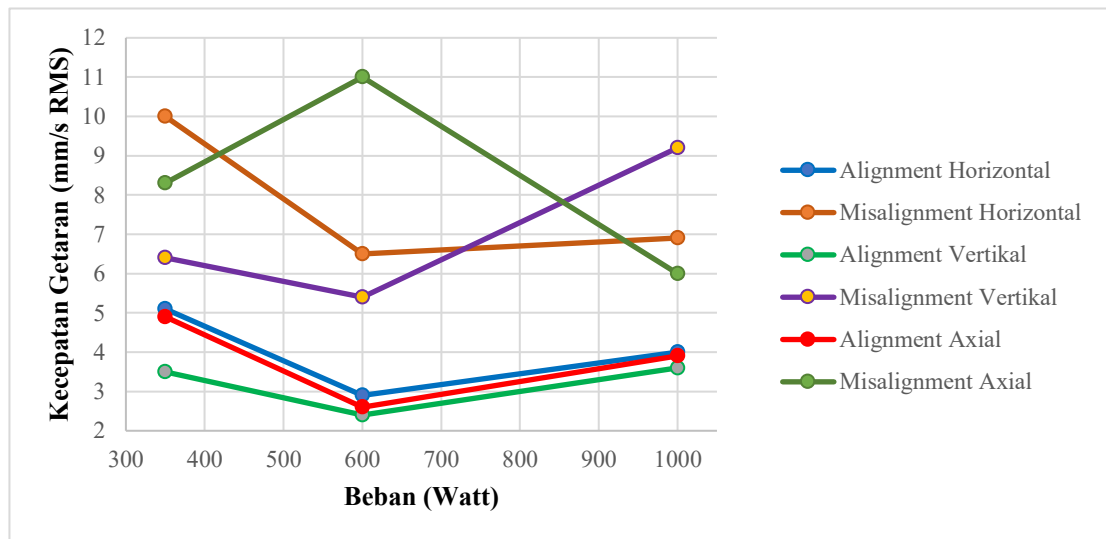
Gambar 4. 17 Perbandingan Getaran DE Motor

Pada gambar 4.17 menunjukkan perbandingan nilai kecepatan getaran pada sisi *Drive End* (DE) motor terhadap variasi beban 350 W, 600 W, dan 1000 W pada kondisi *alignment* dan *misalignment* di tiga arah pengukuran, yaitu horizontal, vertikal, dan aksial. Berdasarkan hasil pengujian, nilai getaran pada kondisi *misalignment* secara keseluruhan lebih tinggi dibandingkan *alignment*, disebabkan oleh ketidaksejajaran poros yang menimbulkan ketidakseimbangan gaya dinamis. Nilai getaran tertinggi terjadi pada *misalignment* arah horizontal sebesar sekitar 6,2 mm/s RMS pada beban 600 W, yang menunjukkan bahwa arah horizontal memiliki pengaruh paling besar terhadap peningkatan getaran. Sementara itu, pada kondisi *alignment*, nilai getaran relatif rendah ($< 2,5$ mm/s RMS), menunjukkan sistem poros berada dalam keadaan seimbang. Secara umum, dapat disimpulkan bahwa *misalignment* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan getaran motor, sehingga penyelarasan (*alignment*) poros perlu dilakukan dengan tepat untuk menjaga kestabilan dan keandalan sistem.

2. Perbandingan Grafik Getaran *Alignment* dan *Misalignment* NDE Motor

Tabel 4. 26 Perbandingan getaran NDE motor

Beban (W)	<i>Alignment</i> Horizontal	<i>Misalignment</i> horizontal	<i>Alignment</i> Vertikal	<i>Misalignment</i> Vertikal	<i>Alignment</i> Axial	<i>Misalignment</i> Axial
350	5,1	10	3,5	6,4	4,9	8,3
600	2,9	6,5	2,4	5,4	2,6	11
1000	4	6,9	3,6	9,2	3,9	6



Gambar 4. 18 Perbandingan Getaran NDE Motor

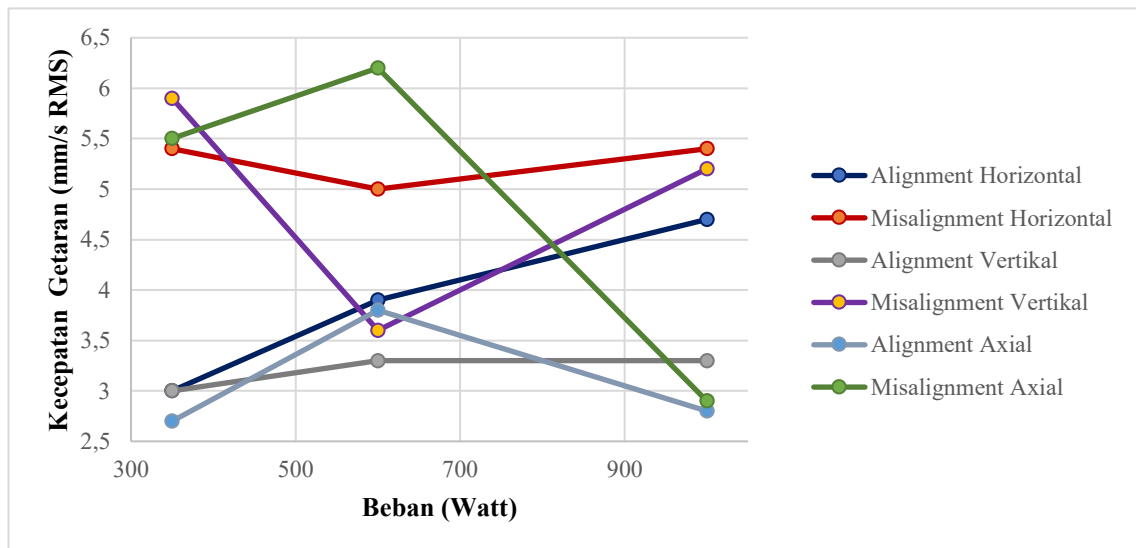
Pada gambar 4.18 menunjukkan perbandingan nilai kecepatan getaran pada sisi *Non Drive End* (NDE) motor terhadap variasi beban 350 W, 600 W, dan 1000 W pada kondisi *alignment* dan *misalignment* di tiga arah pengukuran, yaitu horizontal, vertikal, dan aksial. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai getaran pada kondisi *misalignment* umumnya lebih tinggi dibandingkan *alignment* di seluruh arah pengukuran. Nilai getaran tertinggi terjadi pada *misalignment aksial* sebesar sekitar 11 mm/s RMS pada beban 600 W, menunjukkan bahwa ketidaksejajaran pada arah aksial memiliki pengaruh paling besar terhadap peningkatan getaran. Sementara itu, pada kondisi *alignment*, nilai getaran relatif rendah dan stabil di kisaran 3–5 mm/s RMS. Secara keseluruhan, *misalignment* terbukti meningkatkan amplitudo getaran

pada sisi NDE motor, sehingga penyelarasan poros sangat penting untuk menjaga kestabilan sistem serta mengurangi potensi kerusakan pada komponen motor.

3. Perbandingan Grafik Getaran *Alignment* dan *Misalignment* DE Generator

Tabel 4. 27 Perbandingan getaran DE generator

Beban (W)	<i>Alignment</i> Horizontal	<i>Misalignment</i> horizontal	<i>Alignment</i> Vertikal	<i>Misalignment</i> Vertikal	<i>Alignment</i> Aksial	<i>Misalignment</i> Aksial
350	3	5,4	3	5,9	2,7	5,5
600	3,9	5	3,3	3,6	3,8	6,2
1000	4,7	5,4	3,3	5,2	2,8	2,9



Gambar 4. 19 Perbandingan Getaran DE Generator

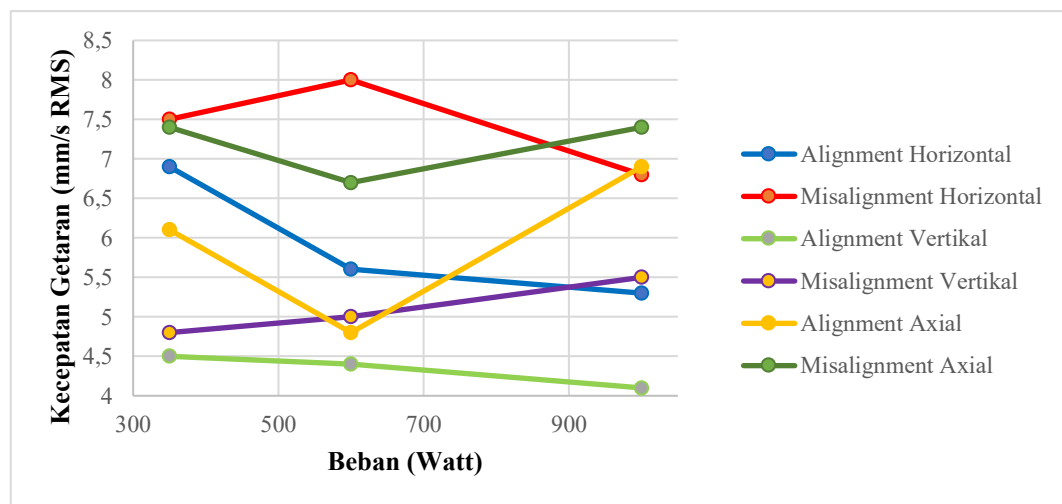
Pada gambar 4.19 menunjukkan perbandingan nilai kecepatan getaran pada sisi *Drive End* (DE) generator terhadap variasi beban 350 W, 600 W, dan 1000 W pada kondisi *alignment* dan *misalignment* di tiga arah pengukuran, yaitu horizontal, vertikal, dan aksial. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kecepatan getaran pada kondisi *misalignment* cenderung lebih tinggi dibandingkan *alignment* pada seluruh arah pengukuran. Nilai tertinggi terjadi pada *misalignment* aksial sebesar sekitar 6,2 mm/s RMS pada beban 600 W, menunjukkan bahwa ketidaksejajaran arah aksial

memberikan pengaruh paling signifikan terhadap peningkatan getaran. Sementara itu, kondisi *alignment* menunjukkan nilai getaran relatif stabil dan berada dalam kisaran 3–4,5 mm/s RMS. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa *misalignment* pada sisi DE generator berpengaruh nyata terhadap peningkatan getaran, sehingga proses *alignment* yang tepat diperlukan untuk menjaga kestabilan rotasi dan mencegah kerusakan pada sistem kopling dan poros generator.

4. Perbandingan Grafik Getaran *Alignment* dan *Misalignment* NDE Generator

Tabel 4. 28 Perbandingan getaran NDE generator

Beban (W)	<i>Alignment</i> Horizontal	<i>Misalignment</i> horizontal	<i>Alignment</i> Vertikal	<i>Misalignment</i> Vertikal	<i>Alignment</i> Axial	<i>Misalignment</i> Axial
350	6,9	7,5	4,5	4,8	6,1	7,4
600	5,6	8	4,4	5	4,8	6,7
1000	5,3	6,8	4,1	5,5	6,9	7,4



Gambar 4. 20 Perbandingan Getaran NDE Generator

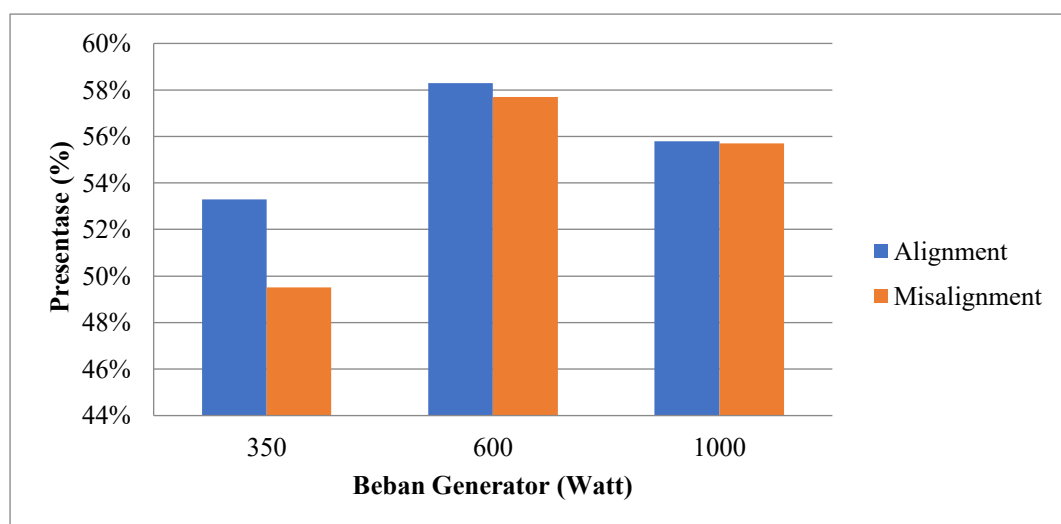
Pada gambar 4.20 menunjukkan perbandingan kecepatan getaran pada sisi *Non-Drive End* (NDE) generator terhadap variasi beban 350 W, 600 W, dan 1000 W pada kondisi *alignment* dan *misalignment* di tiga arah pengukuran. Secara umum, nilai getaran pada kondisi *misalignment* lebih tinggi dibandingkan *alignment* pada

seluruh arah. Nilai tertinggi terjadi pada *misalignment* horizontal sebesar 8 mm/s RMS pada beban 600 W, yang menunjukkan bahwa ketidaksejajaran arah horizontal memiliki pengaruh besar terhadap peningkatan getaran. *Misalignment* aksial juga memperlihatkan nilai cukup tinggi dan stabil di kisaran 7–7,5 mm/s RMS pada semua beban. Sebaliknya, arah vertikal menunjukkan nilai getaran paling rendah, baik pada kondisi *alignment* maupun *misalignment*. Secara umum, hasil ini menegaskan bahwa *misalignment* pada sisi NDE generator memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan getaran, sehingga proses *alignment* yang baik diperlukan untuk menjaga kestabilan sistem dan mencegah kerusakan komponen mekanis.

4.6.2. Perbandingan Efisiensi Daya Motor Generator

Tabel 4. 29 Perbandingan efesiensi *alignment* dan *misalignment*

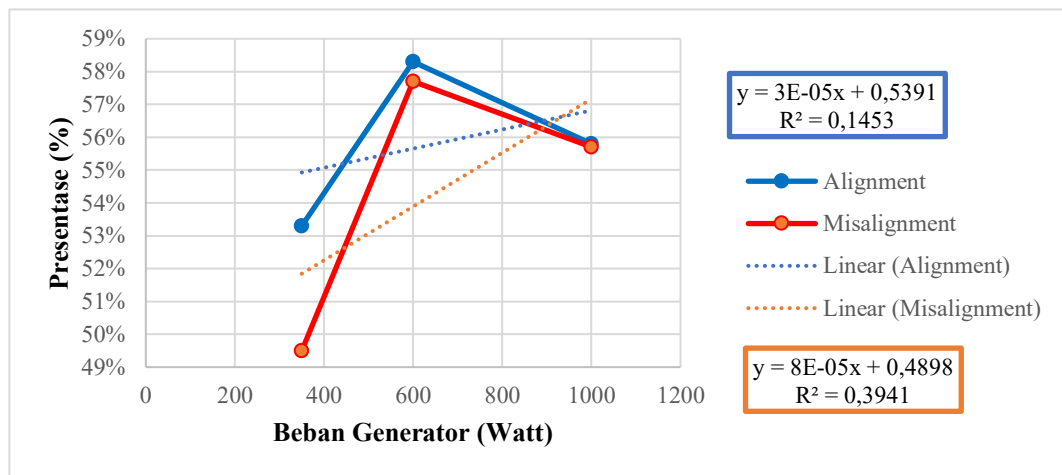
Beban	<i>Alignment</i>	<i>Misalignment</i>
350	53,30%	49,50%
600	58,30%	57,70%
1000	55,80%	55,70%



Gambar 4. 21 Grafik tipe batang perbandingan efisiensi

Pada gambar 4.21 Pengukuran daya *input-output* memperlihatkan bahwa

efisiensi sistem pada kondisi *alignment* berada pada kisaran 53-58% dengan kinerja paling optimal pada beban menengah. Pada kondisi *misalignment*, nilai efisiensi tampak hampir sama yaitu kisaran 49-57%, namun sifatnya tidak stabil karena dipengaruhi rugi-rugi akibat getaran dan panas yang berlebih. Artinya, meskipun efisiensi sesaat terlihat mirip, dalam jangka panjang, *misalignment* tetap merugikan bagi performa mesin.



Gambar 4. 22 Grafik tipe *scatter* perbandingan efisiensi

Pada gambar 4.22 Berdasarkan grafik *scatter* perbandingan efisiensi pada kondisi *alignment* dan *misalignment*, terlihat bahwa pola efisiensi *alignment* cenderung lebih fluktuatif $R^2 = 0,1453$, sementara *misalignment* memiliki tren yang lebih stabil $R^2 = 0,3941$. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *alignment* mampu memberikan kinerja transmisi daya yang lebih optimal, sedangkan *misalignment* menimbulkan penurunan efisiensi akibat rugi energi tambahan, meskipun menunjukkan kecenderungan yang lebih konsisten.

4.6.3. Perbandingan Suhu Motor – Generator

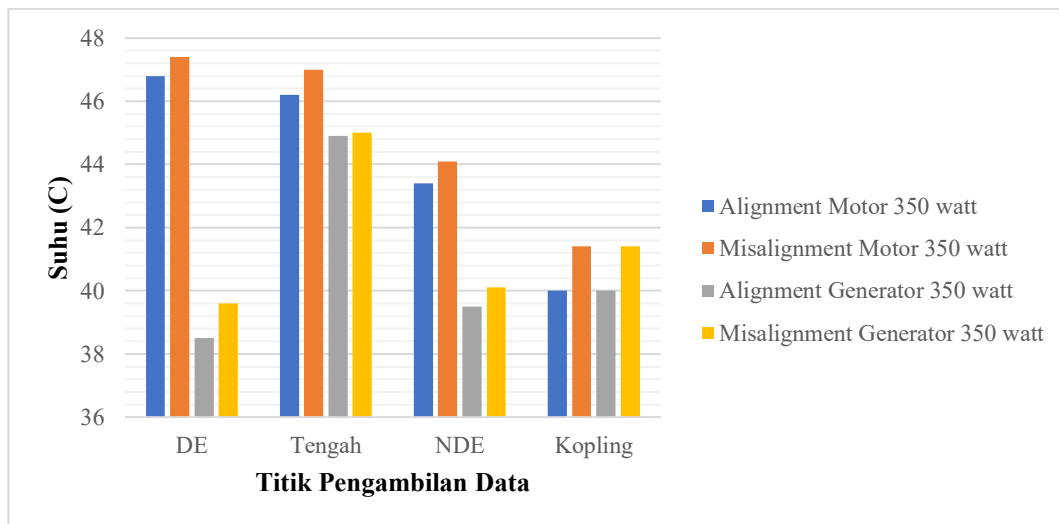
Pengukuran *temperature* dengan FLIR TG-165 menunjukan bahwa kondisi *alignment* menghasilkan distribusi panas yang lebih merata dengan kenaikan suhu

motor 46,8°C dan generator pada rentang 43,4°C. Pada kondisi *misalignment offset*, suhu meningkat lebih tinggi hingga 47,4°C pada DE motor dan 41,4°C pada kopling. Peningkatan ini mengidentifikasikan adanya gesekan dan beban tambahan akibat ketidaksejajaran poros yang dapat mempercepat kerusakan komponen.

1. Perbandingan Suhu Motor-Generator pada Beban 350 Watt

Tabel 4. 30 Perbandingan suhu pada pembebanan 350 watt

Titik	<i>Alignment</i>	<i>Misalignment</i>	<i>Alignment</i>	<i>Misalignment</i>
	Motor	Motor	Generator	Generator
DE	46,8	47,4	38,5	39,6
Tengah	46,2	47	44,9	45
NDE	43,4	44,1	39,5	40,1
Kopling	40	41,4	40	41,4



Gambar 4. 23 Perbandingan suhu pada pembebanan 350 watt

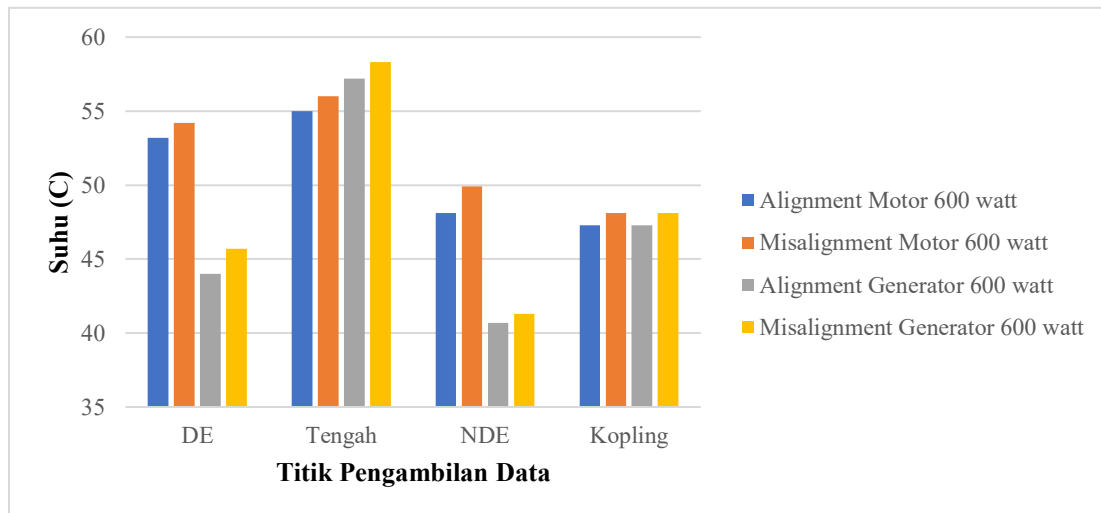
Pada gambar 4.23 menunjukkan perbandingan suhu motor dan generator pada beban 350 Watt di empat titik pengukuran. Secara umum, kondisi *misalignment* menghasilkan suhu yang lebih tinggi daripada alignment. Pada sisi motor, suhu tertinggi tercatat pada titik DE dengan nilai 47,4°C pada *misalignment*, lebih tinggi

dibanding *alignment* yang mencapai 46,8°C. Peningkatan suhu serupa juga terjadi pada titik tengah dan NDE dengan selisih sekitar 1°C. Pada sisi generator, peningkatan suhu akibat *misalignment* tetap terjadi, namun dengan selisih lebih kecil. Titik tengah dan kopling menunjukkan perbedaan suhu yang sangat tipis antara *alignment* dan *misalignment* (sekitar 0,1–1,4°C). Hal ini menandakan bahwa pengaruh *misalignment* lebih dominan menyebabkan kenaikan suhu pada motor dibandingkan generator. Secara keseluruhan, *misalignment* terbukti meningkatkan suhu pada seluruh titik pengukuran, sehingga proses *alignment* yang tepat diperlukan untuk mengurangi panas berlebih dan mencegah kerusakan pada komponen mekanik.

2. Perbandingan Suhu Motor-Generator pada Beban 600 Watt

Tabel 4. 31 Perbandingan suhu pada pembebanan 600 watt

Titik	<i>Alignment</i>	<i>Misalignment</i>	<i>Alignment</i>	<i>Misalignment</i>
	Motor	Motor	Generator	Generator
DE	53,2	54,2	44	45,7
Tengah	55	56	57,2	58,3
NDE	48,1	49,9	40,7	41,3
Kopling	47,3	48,1	47,3	48,1



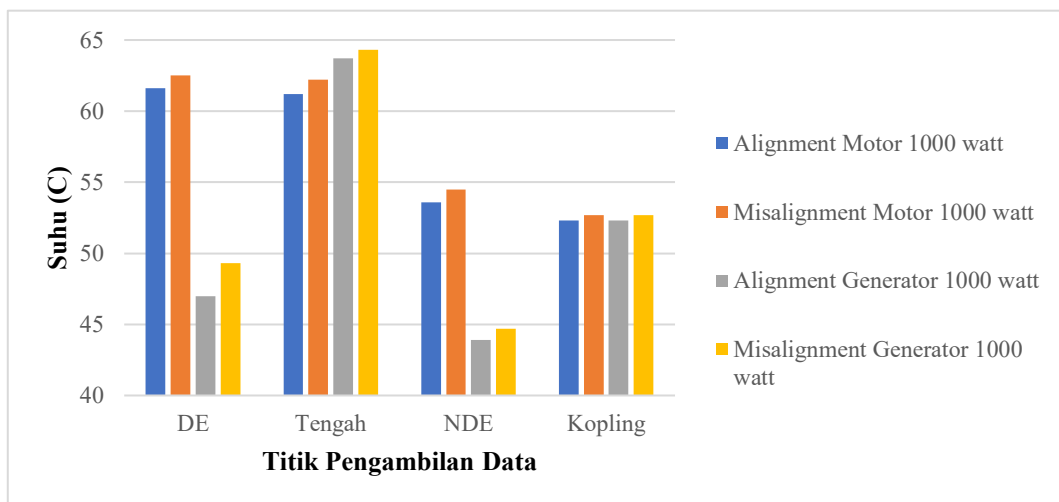
Gambar 4. 24 Perbandingan suhu pada pembebanan 600 watt

Pada Gambar 4.24 menunjukkan perbandingan suhu pada beban 600 Watt menunjukkan bahwa kondisi *misalignment* masih menghasilkan suhu yang lebih tinggi dibandingkan *alignment* pada seluruh titik pengukuran, baik motor maupun generator. Pada sisi motor, suhu tertinggi terjadi pada titik tengah yaitu 56°C pada *misalignment*, sedikit lebih tinggi dari alignment yang bernilai 55°C. Titik DE dan NDE juga menunjukkan peningkatan suhu pada *misalignment* dengan selisih sekitar 1°C–2°C. Pada sisi generator, kenaikan suhu akibat *misalignment* lebih jelas terlihat, terutama pada titik tengah. Suhu pada *alignment* tercatat 57,2°C sedangkan pada *misalignment* meningkat menjadi 58,3°C, yang menjadi suhu tertinggi pada keseluruhan grafik. Titik NDE dan kopling juga mengalami peningkatan suhu meskipun dengan selisih yang relatif kecil. Secara keseluruhan, peningkatan beban dari 350 Watt ke 600 Watt menyebabkan kenaikan suhu yang lebih signifikan, terutama saat kondisi *misalignment*. Hal ini menunjukkan bahwa ketidaksejajaran poros memberikan tambahan beban panas pada sistem, sehingga menjaga *alignment* tetap optimal sangat penting untuk mencegah overheating dan kerusakan komponen.

3. Perbandingan Suhu Motor-Generator pada Beban 1000 Watt

Tabel 4. 32 Perbandingan suhu pada pembebanan 1000 watt

Titik	<i>Alignment</i>	<i>Misalignment</i>	<i>Alignment</i>	<i>Misalignment</i>
	Motor	Motor	Generator	Generator
DE	61,6	62,5	47	49,3
Tengah	61,2	62,2	63,7	64,3
NDE	53,6	54,5	43,9	44,7
Kopling	52,3	52,7	52,3	52,7



Gambar 4. 25 Perbandingan suhu pada pembebanan 1000 watt

Pada gambar 4.25 menunjukkan bahwa pada pembebanan 1000 Watt, suhu pada kondisi *misalignment* masih cenderung lebih tinggi dibandingkan *alignment* di setiap titik pengukuran untuk motor maupun generator. Pada motor, titik DE dan tengah menjadi lokasi dengan suhu tertinggi, yaitu masing-masing 62,5°C dan 62,2°C pada kondisi *misalignment*, sedikit lebih tinggi dibandingkan *alignment* yang bernilai 61,6°C dan 61,2°C. Hal ini menunjukkan bahwa beban tinggi semakin memperkuat pengaruh ketidaksejajaran terhadap peningkatan suhu pada motor. Pada generator, kenaikan suhu paling signifikan terjadi di titik tengah dengan nilai 64,3°C pada *misalignment*, menjadi suhu tertinggi pada keseluruhan grafik. Titik

DE dan NDE juga mengalami peningkatan suhu pada *misalignment*, meskipun dengan selisih yang lebih kecil dibanding titik tengah. Sementara itu, suhu pada titik kopling relatif stabil dan hanya mengalami peningkatan tipis di antara kedua kondisi. Secara keseluruhan, peningkatan beban hingga 1000 Watt menyebabkan temperatur sistem semakin tinggi dan memperjelas efek *misalignment* terhadap kenaikan suhu, baik pada motor maupun generator. Hal ini menegaskan pentingnya kondisi *alignment* yang benar agar sistem tetap bekerja pada batas suhu aman dan umur komponen tetap terjaga.