

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis terhadap simulator *shaft alignment* berbasis *misalignment* dengan metode *face and rim*, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Simulator berhasil dibuat dengan konfigurasi motor-generator yang dipasang pada sebuah baseplate Mild Steel ST 37. Ukuran untuk ruang yang diperlukan untuk penempatan rancang bangun simulator tersebut 3,0 m × 2,0 m. ini memberikan ruang lebih untuk meja instrumen, rak alat ukur, dan akses area kerja untuk beberapa orang aman. Dan untuk ukuran dimensi yang ditetapkan sebagai acuan desain, dengan ketentuan:
 - Motor Listrik: 3 fasa, 1,1 kW, 2850 rpm, diameter poros 19 mm (IEC Frame 80M).
 - Generator: Forza Gasoline BG 2200 L, rating 1,1 kW–3000 rpm, tegangan 220 V.
 - Poros: Baja AISI 1045, diameter dipilih 19 mm (standar IEC), hasil perhitungan minimum hanya 8,5–10 mm, sehingga 19 mm aman dan kompatibel dengan kopling.
 - Flexible Coupling FCL-90: diameter luar 89 mm, toleransi misalignment:
 1. Offset = 0,1 mm
 2. Angular = 0,166°
 3. Runout limit = 0,14 mm
 - Baseplate: Mild Steel ST 37, ketebalan 10 cm, dilengkapi slot geser untuk motor

(move) dan kedudukan fixed untuk generator.

- Instrumentasi:

4. Dial analog Mitutoyo resolusi 0,01 mm
5. Dial digital Insize resolusi 0,001 mm
6. Vibration meter SKF CMAS 100-SL
7. Thermal camera FLIR E4
8. Tachometer
9. Lutron DT-2236B
10. Chauvin Arnoux PEL103

Spesifikasi ini terbukti mampu menopang proses alignment dan misalignment dengan stabil.

2. Hasil simulasi statik struktural poros dengan material AISI 1045 (C45) menunjukkan bahwa tegangan Von Mises maksimum 8,98 Mpa dengan beban torsi nominal 3,3 Nm masih jauh di bawah tegangan luluh material (Yield strength AISI 1045) ± 530 MPa. Nilai faktor keamanan minimum sebesar 59, jauh di atas standar desain (1,5–2), sehingga secara kuantitatif poros aman, dan secara kualitatif masuk kategori sangat aman dari kegagalan. Analisis statik struktural SolidWorks pada poros berbahan AISI 1045 dengan torsi nominal 3,3 Nm menghasilkan tegangan Von Mises yang relatif kecil. Distribusi tegangan tertinggi teridentifikasi pada bagian shoulder/transisi diameter poros, yang sesuai dengan teori konsentrasi tegangan pada poros. Hampir seluruh bagian poros berada dalam kondisi tegangan rendah, dengan displacement dan regangan yang sangat kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa deformasi akibat beban kerja nominal tidak signifikan.

3. Berdasarkan hasil perhitungan alignment dan misalignment angular

menggunakan metode *face and rim*, diperoleh bahwa kondisi alignment mampu menghasilkan keselarasan poros yang berada dalam batas toleransi sesuai standar. Parameter koreksi ΔF_v , ΔR_v , ΔF_h , dan ΔR_h menunjukkan bahwa reposisi poros dapat dihitung secara sistematis sehingga motor dan generator kembali berada pada satu garis pusat. Pada kondisi alignment, nilai getaran berada di kisaran 0,7–1,8 mm/s, yang menurut ISO 10816 termasuk kategori *satisfactory*. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil perhitungan dan penyetelan alignment berhasil menempatkan sistem dalam kondisi operasi yang stabil. Sebaliknya, pada kondisi misalignment angular yang dihitung menghasilkan sudut ketidaksejajaran sebesar $0,283^\circ$ (vertikal) dan $0,225^\circ$ (horizontal), terjadi peningkatan getaran yang signifikan. Nilai maksimum mencapai 10,7 mm/s pada arah horizontal NDE motor, yang masuk kategori *unacceptable* menurut ISO 10816. Perhitungan angular misalignment tersebut terbukti memiliki pengaruh langsung terhadap peningkatan gaya radial dan aksial, yang kemudian berdampak pada kenaikan temperatur komponen. Suhu tertinggi pada misalignment tercatat $67,1^\circ\text{C}$ pada DE motor pada beban 1000 W, lebih tinggi beberapa derajat dibanding kondisi alignment.

Dampak misalignment juga terlihat pada penurunan efisiensi. Pada alignment, efisiensi berada di rentang 53,3%–58,3%, sedangkan pada misalignment efisiensi tertinggi hanya 57,2% dan bahkan turun hingga 48,5% pada beban rendah. Hal ini menunjukkan bahwa deviasi sudut hasil perhitungan misalignment menyebabkan rugi-rugi mekanis berupa panas dan getaran yang signifikan. Secara keseluruhan, perhitungan alignment dan misalignment angular membuktikan bahwa kondisi poros sangat mempengaruhi performa sistem; alignment menghasilkan operasi yang stabil, efisien, dan aman, sedangkan

misalignment menyebabkan peningkatan getaran, panas berlebih, dan penurunan efisiensi.

4. Berdasarkan hasil pengujian pada kondisi alignment dan misalignment angular, diperoleh bahwa performa sistem motor–generator sangat dipengaruhi oleh tingkat keselarasan poros. Secara kuantitatif, pada kondisi alignment nilai getaran berada pada rentang 0,72–1,8 mm/s, yang menurut ISO 10816 termasuk dalam kategori satisfactory untuk mesin Class I. Hal ini menunjukkan bahwa hasil penyetelan alignment menghasilkan kondisi operasi yang stabil. Sebaliknya, kondisi misalignment angular menghasilkan nilai getaran yang jauh lebih besar, mencapai 10,7 mm/s, yang menurut ISO 10816 dikategorikan unacceptable ($>4,5$ mm/s). Peningkatan getaran ini terutama terjadi pada arah horizontal NDE motor dan generator, menandakan adanya ketidakseimbangan gaya radial dan perubahan sudut kopling yang signifikan. Pada parameter temperatur, kondisi alignment menunjukkan distribusi panas yang meningkat secara bertahap namun tetap dalam batas aman, dengan suhu tertinggi sekitar 61–63°C pada beban 1000 W. Sementara itu, pada kondisi misalignment terjadi peningkatan suhu yang lebih tinggi, dengan nilai maksimum 67,1°C pada DE motor. Secara kualitatif, hal ini menunjukkan bahwa misalignment menyebabkan gesekan tambahan pada bantalan dan kopling, sehingga menghasilkan rugi panas yang lebih besar dan mempercepat potensi keausan komponen. Pada parameter efisiensi, kondisi alignment memberikan nilai efisiensi yang lebih baik, yaitu 53,3%–58,3%, sedangkan pada misalignment efisiensi tertinggi hanya 57,2% dan dapat turun hingga 48,5% pada beban rendah. Penurunan ini disebabkan oleh bertambahnya rugi mekanis akibat getaran, gaya radial tambahan, serta peningkatan temperatur pada komponen rotor dan bantalan. Secara kualitatif, efisiensi yang menurun

menunjukkan bahwa energi yang seharusnya dikonversikan menjadi daya listrik sebagian hilang sebagai panas dan getaran.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa alignment memberikan performa sistem yang paling optimal, ditandai dengan getaran rendah, suhu terkontrol, dan efisiensi maksimum. Sebaliknya, misalignment angular menyebabkan peningkatan getaran, kenaikan suhu signifikan, serta penurunan efisiensi, sehingga tidak memenuhi batas standar ISO untuk operasi mesin yang aman. Temuan ini menegaskan bahwa keselarasan poros sangat berpengaruh terhadap kestabilan, keandalan, serta umur komponen pada sistem transmisi daya.

5.1. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian lanjutan dapat menggunakan simulasi dinamis (dynamic analysis) untuk melihat pengaruh getaran dan resonansi yang lebih mendekati kondisi operasi nyata.
2. Variasi geometri poros (diameter berbeda, adanya keyway, atau notch) dapat disimulasikan untuk menganalisa pengaruh bentuk terhadap distribusi tegangan.
3. Simulasi dengan material alternatif (misalnya baja paduan atau baja tahan karat) dapat dilakukan sebagai perbandingan untuk memperoleh desain yang lebih optimal.

4. Pengembangan alat disarankan menambahkan sistem pengukuran berbasis sensor digital atau laser *alignment* agar hasil pengukuran lebih presisi dan meminimalkan kesalahan manual.
5. Penggunaan inverter dianjurkan untuk mengatur variasi kecepatan motor listrik, sehingga pengujian dapat dilakukan lebih fleksibel pada berbagai level putaran dan beban, tidak hanya pada kecepatan nominal.
6. Pengujian jangka panjang pada kondisi *angular misalignment* diperlukan untuk menganalisa dampaknya terhadap umur pakai komponen kritis seperti poros, bantalan, dan kopling.
7. Pengembangan fitur monitoring real-time menggunakan sensor getaran dan temperatur akan meningkatkan fungsi simulator sebagai media pembelajaran interaktif.
8. Simulator ini berpotensi digunakan sebagai sarana pelatihan teknisi *maintenance* industri, sehingga pemahaman mengenai pentingnya *alignment* dapat diterapkan langsung untuk meningkatkan keandalan mesin di lapangan.