

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 $3,0\text{ m} \times 2,0\text{ m}$. 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:
 - Offset = 0,1 mm
 - Angular = $0,166^\circ$
 - Runout limit = 0,14 mm
 - Baseplate: Mild Steel ST 37, ketebalan 10 cm, dilengkapi slot geser untuk motor

(move) dan dudukan fixed untuk generator.

- Instrumentasi:

- Dial analog Mitutoyo resolusi 0,01 mm
- Dial digital Insize resolusi 0,001 mm
- Vibration meter SKF CMAS 100-SL
- Thermal camera FLIR E4
- Tachometer
- Lutron DT-2236B
- 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 pengukuran, perhitungan, serta analisis metode Face and Rim,

diperoleh bahwa kondisi alignment dan misalignment pada sistem motor-generator menunjukkan perbedaan yang sangat jelas baik secara numerik maupun secara pola pergeseran. Pada tahap alignment, nilai runout pada kopling motor (0–0,02 mm) dan generator (0–0,01 mm) berada jauh di bawah batas toleransi kopling FCL-90 (0,14 mm), sehingga kondisi awal poros sudah cukup baik sebelum dilakukan penyetelan halus. Hasil pembacaan rim pada kondisi alignment menghasilkan 0 mm pada seluruh posisi jam, menandakan bahwa offset radial telah berhasil dihilangkan. Sementara itu, hasil face setelah proses penyetelan dikoreksi sehingga nilai angular kembali berada dalam batas toleransi kopling, yaitu offset $< 0,1$ mm dan angular $< 0,166^\circ$, sehingga dapat disimpulkan bahwa kesejajaran poros motor dan generator berhasil dicapai secara akurat. Pada kondisi misalignment yang dibuat secara sengaja, hasil pengukuran menunjukkan penyimpangan yang besar dan konsisten. Hasil pengukuran face memberikan nilai deviasi 0,30 mm pada posisi jam 3 dan 6, serta –0,50 mm pada posisi jam 9, yang secara jelas melebihi batas toleransi kopling FCL-90. Hal ini menghasilkan sudut misalignment angular yang signifikan dan mudah terdeteksi dalam grafik serta visualisasi dial indicator. Pola pembacaan rim juga menunjukkan perubahan tidak simetris, menandakan adanya offset radial yang nyata. Secara kualitatif, pergeseran yang ditampilkan oleh dial indicator menunjukkan pola ketidaksejajaran yang konsisten dengan kondisi misalignment sehingga perhitungan reposisi dapat dilakukan dengan akurat.

Secara keseluruhan, hasil perhitungan alignment dan misalignment pada BAB IV menunjukkan bahwa metode Face and Rim mampu mendeteksi ketidaksejajaran poros secara sangat presisi. Alignment yang dilakukan telah menghasilkan nilai offset dan angular yang sesuai standar toleransi, sedangkan

misalignment yang diberikan terbukti menghasilkan penyimpangan yang besar, yang kemudian berdampak pada peningkatan getaran, kenaikan temperatur, dan penurunan efisiensi pada tahap pengujian performa. Dengan demikian, analisis BAB IV membuktikan bahwa sistem simulator yang dibuat mampu menampilkan perbedaan kondisi alignment dan misalignment secara jelas dan terukur.

4. Berdasarkan hasil pengujian performa pada kondisi alignment dan misalignment, diperoleh bahwa ketiga parameter utama getaran, temperatur, dan efisiensi sistem mengalami perubahan signifikan yang mencerminkan efek langsung dari ketidaksejajaran poros. Secara kuantitatif, pada kondisi alignment, nilai getaran berada pada rentang 0,7–1,8 mm/s, yang menurut ISO 10816 termasuk dalam kategori Satisfactory, sehingga masih aman untuk operasi berkelanjutan. Namun ketika sistem diberi misalignment offset, nilai getaran meningkat secara drastis hingga mencapai 10,0 mm/s pada arah horizontal motor NDE, yang menurut ISO 10816 termasuk kategori Unacceptable (batas $\geq 4,5$ mm/s). Peningkatan ini menunjukkan bahwa misalignment memberikan dampak langsung terhadap kestabilan dinamis sistem, terutama pada arah horizontal yang paling sensitif terhadap ketidaksejajaran kopling. Parameter temperatur menunjukkan pola kenaikan seiring pembebanan, namun tetap terkontrol pada kondisi alignment dengan suhu maksimum < 60 °C, sehingga berada dalam batas aman operasi motor dan generator. Pada kondisi misalignment, suhu meningkat lebih tinggi, dengan nilai maksimum tercatat 67,1 °C pada titik DE motor saat beban 1000 W. Ini menunjukkan adanya rugi mekanik dan gesekan tambahan akibat ketidaksejajaran poros yang menghasilkan panas ekstra pada bantalan dan kopling. Secara kualitatif, misalignment terbukti memaksa mesin bekerja lebih keras sehingga distribusi panas tidak lagi merata. Dari sisi efisiensi sistem, pada

kondisi alignment diperoleh efisiensi tertinggi sebesar 57,7% pada beban 1000 W, sedangkan pada kondisi misalignment efisiensi mengalami penurunan pada hampir semua tingkat beban. Penurunan ini menunjukkan adanya rugi-rugi mekanis tambahan yang bersumber dari gesekan, gaya lateral pada bantalan, dan torsi yang tidak tersalurkan secara ideal. Secara kualitatif, hal ini membuktikan bahwa misalignment menyebabkan sistem bekerja kurang optimal, sehingga daya input tidak sepenuhnya dapat dikonversi menjadi daya keluaran generator.

Secara keseluruhan, hasil BAB IV memperlihatkan bahwa kondisi alignment menghasilkan performa sistem yang stabil, aman, dan efisien, sedangkan misalignment menyebabkan lonjakan getaran, peningkatan temperatur, dan penurunan efisiensi yang signifikan. Interpretasi ini sejalan dengan teori dan standar ISO 10816 yang menyatakan bahwa ketidaksejajaran poros merupakan faktor utama penyebab getaran berlebih dan kerusakan dini mesin rotasi. Temuan ini menegaskan bahwa akurasi proses alignment memiliki pengaruh langsung terhadap keandalan dan performa sistem motor-generator.

5.2. 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. Pengembangan fitur monitoring real-time menggunakan sensor getaran dan temperatur akan meningkatkan fungsi simulator sebagai media pembelajaran interaktif.
7. Simulator ini berpotensi digunakan sebagai sarana pelatihan teknisi *maintenance* industri, sehingga pemahaman mengenai pentingnya *alignment* dapat diterapkan langsung untuk meningkatkan keandalan mesin di lapangan.