

SIMULASI DEFORMASI PADA CASING WEAR RING MENGGUNAKAN OPEN SOURCE SOFTWARE FREECAD

Dhimas Pramudya Dewanata¹, Regan Rahadian P¹, Susilo Handoko¹

¹Teknik Mesin Kilang, PEM Akamigas, Jalan Gajah Mada No.38 Cepu, Blora, Jawa Tengah, 58315

*E-mail: dhimaspramudya99@gmail.com

ABSTRAK

Energi kinetik yang diberikan oleh impeller dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan dalam sistem kerja pompa. Kegagalan dalam kinerja pompa dapat mengakibatkan berkurangnya masa kerja pompa tersebut. Casing wear ring digunakan sebagai pencegah kebocoran pompa, dan deformasi yang terjadi dapat mengakibatkan kebocoran pada pompa. Analisis deformasi pada wear ring menjadi penting untuk memahami dampak perubahan wear ring berdasarkan beban yang diterimanya, hal ini diakibatkan oleh perubahan bentuk yang berlebih dapat menurunkan kinerja dan menyebabkan kegagalan operasional. *Finite Element Analysis* (FEA) digunakan untuk mensimulasikan deformasi yang terjadi pada pompa. FreeCAD merupakan software Open Source yang dapat melakukan simulasi FEA dengan pendekatan secara komputasi. Berdasarkan kondisi yang telah ditentukan. Hasil analisis FEA menunjukkan deformasi maksimal yang terjadi sebesar 0,00000035 mm dengan stress maksimal yang terjadi sebesar 0,0064 MPa. Hasil ini menunjukkan kemampuan OSS FreeCAD dalam melakukan FEA pada komponen casing wear ring di pompa sentrifugal.

Kata kunci: casing wear ring, de-formasi, finite element analysis, open source software, FreeCAD

1. PENDAHULUAN

Pompa sentrifugal merupakan bagian dari peralatan putar yang digunakan untuk memberikan energi dengan cara meningkatkan energi kinetik dari fluida, hal ini dicapai dengan memutar *impeller* yang membuat timbulnya gaya sentrifugal [1]. Kegagalan dalam kinerja pompa dapat menyebabkan berkurangnya masa kerja pompa tersebut. [2]–[5] Kesalahan pada pemilihan material [6], kesalahan pada desain kerja [7] dan kesalahan dalam manufaktur [8], serta kelalaian dalam pemeliharaan dapat menyebabkan berkurangnya umur bekerja optimum pada pompa sentrifugal. Kebocoran yang disebabkan oleh deformasi komponen merupakan kegagalan yang kerap terjadi pada pompa sentrifugal [9].

Casing wear ring merupakan komponen yang digunakan sebagai pencegah kebocoran serta kerusakan *impeller* akibat kontak langsung dengan pompa. Deformasi pada *casing wear ring* dapat membuat kebocoran yang diakibatkan oleh adanya celah bagi fluida untuk masuk kedalam sistem ataupun keluar ke sistem. Menurut Pujjulyianto, analisis kegagalan kerja *wear ring* perlu dilakukan guna mengetahui kerusakan yang dapat terjadi dan penyebabnya pada sistem kerja pompa sentrifugal [10]. Gambar 1. menunjukkan kerusakan deformasi pada *casing wear ring* yang diakibatkan oleh vibrasi tinggi yang terjadi pada pompa, vibrasi yang diciptakan oleh kegagalan pada komponen lain menyebabkan deformasi pada *casing wear ring*, membuat fluida masuk melalui celah antara komponen [11], [12].



Gambar 1. Deformasi pada *Casing wear ring*

Finite Element Analysis (FEA) merupakan metode pendekatan secara komputasi yang dapat digunakan untuk mensimulasikan dan memperkirakan masalah teknis kehidupan nyata. Hasil dari simulasi ini dapat digunakan sebagai parameter acuan desain dan manufaktur juga dapat digunakan sebagai simulasi kerusakan sehingga kegagalan kerja *wear ring* dapat diketahui dampaknya. FEA sangat bergantung pada pembagian model menjadi *nodes* dan *element* yang digunakan untuk menentukan perkiraan kondisi yang dialami dengan pendekatan matematis [13]. FreeCAD menggunakan metode kalkulasi dengan CalculiX, metode kalkulasi ini memiliki hasil validasi analisis defleksi yang lebih akurat dibandingkan dengan ABAQUS dan ANSYS pada beberapa aplikasi dikarenakan sifat material diolah lebih lanjut. [8], [14]–[16] Pendekatan matematis ini dapat digunakan untuk menentukan deformasi dari *casing wear ring* [10].

Open Source Software (OSS) merupakan *software* yang memberikan kendali penuh pengguna atas kode yang terdapat di *software* tersebut sehingga dapat diakses dan diubah sesuai pengguna dengan gratis [17]. FreeCAD merupakan *software open source* yang dapat melakukan simulasi FEA dengan pendekatan secara komputasi. Pendekatan secara komputasi ini dapat digunakan untuk mengetahui deformasi *casing wear ring* berdasarkan kondisi yang telah ditetapkan. FreeCAD dipilih sebagai alternatif *software* FEA berbayar, sehingga dapat mempermudah proses manufaktur tanpa biaya lebih [18].

2. METODE

FreeCAD digunakan sebagai *software* untuk melakukan pendekatan secara komputasi dalam menentukan deformasi yang dialami *casing wear ring* dalam kondisi yang telah ditetapkan. Gambar 2 menunjukkan dimensi model *casing wear ring* pada pompa sentrifugal EBARA, pengukuran masing masing variabel dapat dilihat pada Tabel 1. dibawah ini.

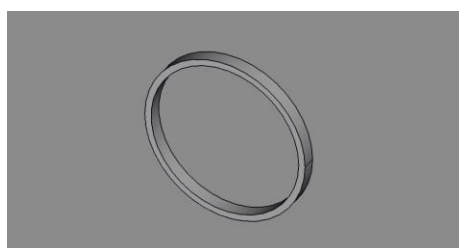


Gambar 2. *Casing Wear Ring*

Tabel 1. EBARA Casing Wear Ring

<i>Casing wear ring</i>	Besaran (satuan)
<i>Inside Diameter (ID)</i>	111,95 mm
<i>Outside Diameter (OD)</i>	121,5 mm
Ketebalan	20 mm
Berat	150 gram

Casing wear ring kemudian dibuat menjadi CAD model (*Computer-Aided Design*) menggunakan FreeCAD berdasarkan dimensi pada Tabel 1, model CAD *casing wear ring* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. CAD Casing Wear Ring

Cast Iron merupakan material yang digunakan sebagai material *casing wear ring*, data material didapatkan dari *matweb* [15], spesifikasi data yang digunakan merupakan rata-rata spesifikasi pasaran untuk material *cast iron*, spesifikasi ini dapat dilihat pada Tabel 2. dan Tabel 3.

Tabel 2. Properti Mekanikal Cast Iron

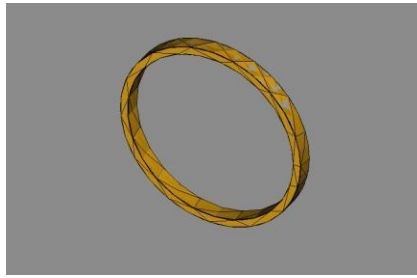
Properti Mekanikal	Besaran (satuan)
<i>Shear Modulus</i>	67600 Mpa
<i>Density</i>	7230 kg/m ³
Poisson's ratio	0.28
<i>Yield strength</i>	426 MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	58400 MPa

Tabel 3. Properti Termal Cast Iron

Properti Termal	Besaran (satuan)
Kalor Spesifik	67600 Mpa
Konduktivitas Thermal	7230 kg/m ³
Koefisien Ekspansi Panas	0.28

Untuk menentukan deformasi, fungsi mesh digunakan sebagai batasan model tersebut dapat mengalami deformasi. *Nodes* (koordinat awal) digunakan untuk menentukan pergerakan

deformasi berdasarkan gaya dan kondisi yang telah ditetapkan. Jumlah *nodes* yang ditemukan pada model yaitu sebanyak 255 *nodes*. Mesh *casing wear ring* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Mesh Casing Wear Ring

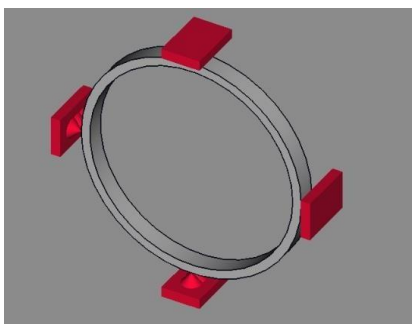
Kondisi yang ditetapkan pada FEA mengacu pada Tabel 4, sedangkan beban yang diberikan pada *casing wear ring* mengacu pada Tabel 5, kondisi yang ditetapkan ini diambil berdasarkan kondisi kerja dari pompa sentrifugal. *Fixed Support* seperti ditunjukkan pada Gambar 5, pada *wear ring* ditentukan pada permukaan dimana *Casing wear ring* tidak mengalami pergerakan (statis). Kondisi termal disesuaikan dengan suhu sekitar (40° C) seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

Tabel 4. Kondisi Yang Ditetapkan Berdasarkan Kondisi Kerja

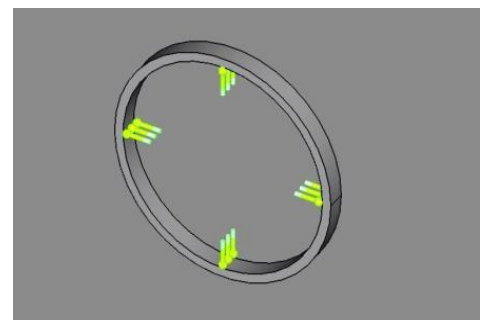
Kondisi Beban	Besaran (satuan)
Fixed Support	1 (permukaan)
Kondisi Termal	317 K

Tabel 5. Beban Yang Diberikan pada Casing wear ring

Kondisi Beban	Besaran (satuan)
Beban Gaya	49,89 (N)



Gambar 5. Fixed Support Casing Wear Ring



Gambar 6. Kondisi Termal Casing Wear Ring

Kondisi beban yang dialami diambil dari persamaan dibawah ini

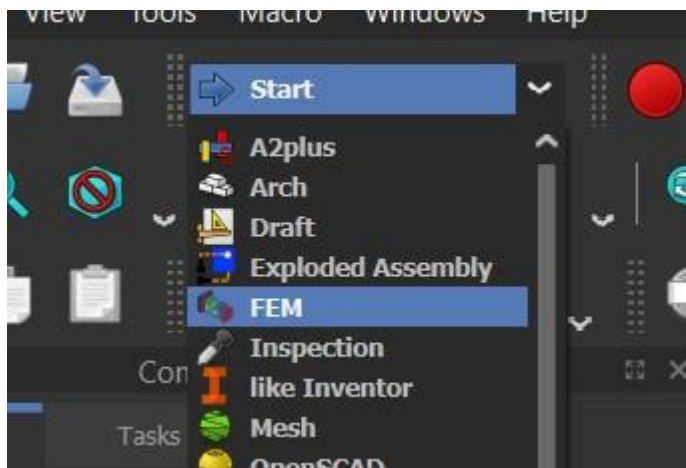
a. Gaya yang Diberikan ke *Casing Wear Ring*

Gaya yang diberikan ke *casing wear ring* didapatkan dari berat gaya yang diberikan oleh *impeller*, hasil didapatkan dengan persamaan dibawah ini. [16]

$$F = m \times a \tag{1}$$

$$kgf(N) = kg \times F \tag{2}$$

Berdasarkan kondisi yang telah ditetapkan dan kondisi beban yang diterima *casing wear ring*, simulasi dapat dilakukan dengan menggunakan FreeCAD FEM *tool*. Analisa yang digunakan yaitu SolverCCXTool dengan menggunakan Calculix. [14], [19] Gambar 8. Menunjukkan *tool* yang dipilih pada *software* FreeCAD.



Gambar 7. FreeCAD FEM *tool*

3. PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi pada FreeCAD FEM *Tool*

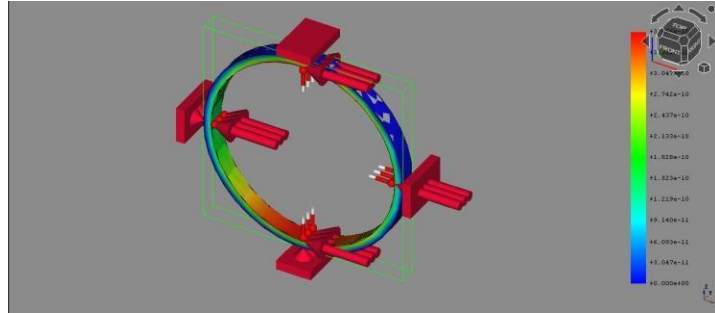
Setelah menjalankan simulasi berdasarkan kondisi yang telah ditetapkan dan beban yang diberikan pada *casing wear ring*, hasil deformasi yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 8-9 dan stress model pada *casing wear ring* dapat dilihat pada Gambar 10.

1) Deformasi Total

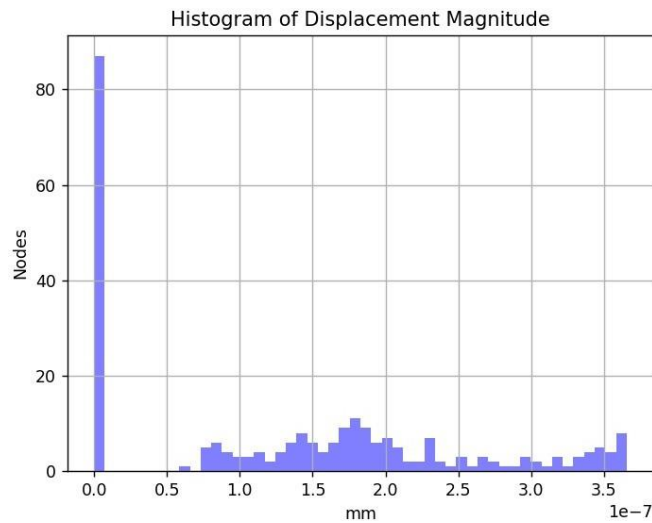
Deformasi total yang dialami *casing wear ring* berdasarkan parameter kondisi yang telah ditetapkan dan beban yang diberikan dapat dilihat pada Gambar 8. dan Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Deformasi Total *Casing Wear Ring*

Deformasi	Besaran (satuan)
Maksimum	0,00000035
Rata Rata	0 mm
Minimal	0 mm



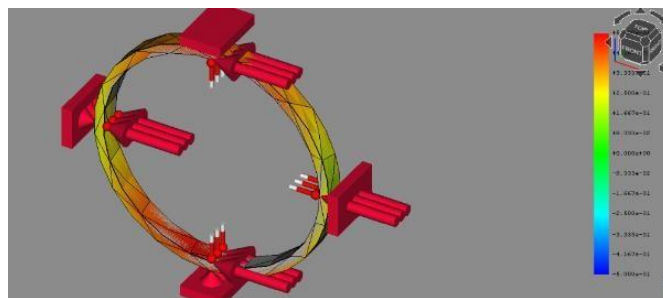
Gambar 8. Heatmap Total Deformasi Casing Wear Ring



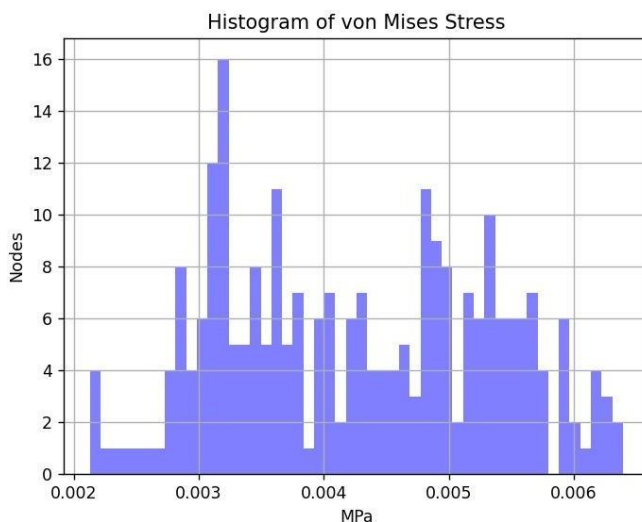
Gambar 9. Histogram Besaran Deformasi Casing Wear Ring

2) Stress Yang Dialami Casing wear ring (Von Mises Stress)

Stress yang dialami berdasarkan parameter kondisi yang telah ditetapkan dan beban yang diberikan dapat dilihat pada Gambar 10 - 11 dan Tabel 7.



Gambar 10. Heatmap Von Mises Stress Casing Wear Ring



Gambar 11. Histogram Von Mises Stress Casing Wear Ring

Tabel 7. Hasil Von Mises Stress Casing wear ring

Stress Diterima	Besaran (satuan)
Maksimum	0,0064 MPa
Minimal	0,00213 MPa

4. SIMPULAN

Berdasarkan simulasi yang dilakukan menggunakan *software* FreeCAD, *casing wear ring* mendapat deformasi maksimal sebesar 0,00000035 mm dan rata rata besaran deformasi yang terjadi pada grafik histogram adalah 0 mm. Hasil deformasi berdasarkan parameter kondisi yang telah ditetapkan dan beban yang diberikan ini dapat menjadi referensi desain komponen sehingga sesuai dengan kebutuhan sistem kerja yang diberikan. Hasil ini menunjukkan kemampuan OSS FreeCAD dalam melakukan FEA pada komponen *casing wear ring* di pompa sentrifugal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Mahardika, A. Sudiarso, and G. S. Prihandana, *PERANCANGAN DAN MANUFAKTUR POMPA SENTRIFUGAL*, vol. 1. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2018.
- [2] G. Peng, Q. Chen, L. Bai, Z. Hu, L. Zhou, and X. Huang, “Wear mechanism investigation in a centrifugal slurry pump impeller by numerical simulation and experiments,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 128, pp. 1–13, 2021.
- [3] G. Peng, F. Fan, L. Zhou, X. Huang, and J. Ma, “Optimal hydraulic design to minimize erosive wear in a centrifugal slurry pump impeller,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 120, pp. 1–13, 2021.
- [4] R. Yu and J. Liu, “Failure analysis of centrifugal pump impeller,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 92, pp. 343–349, 2018.
- [5] A. K. Sheikh, M. Younas, and D. M. Al-Anazi, “Weibull analysis of time between failures of pumps used in an oil refinery,” in *The 6th Saudi Engineering Conference*, Dhahran, 2002.
- [6] F. Yushandiana, H. Setiana, and E. Pujiyulianto, “Case study: The failure analysis of pipe ASTM A351 HK-40 in reaction plant unit,” *J. Fail. Anal. Prev.*, vol. 20, no. 3, pp. 663–670,

- 2020.
- [7] W. Chaowei, L. Peng, C. Boren, and Z. Xingpan, "Design of pump fault diagnosis system based on T- FMEA," in *IOP Conference Series: Journal of Physics: Conference Series*, 2018.
- [8] A. R. Al-Obaidi, "Investigation of effect of pump rotational speed on performance and detection of cavitation within a centrifugal pump using vibration analysis," *Heliyon*, vol. 5, no. 6, p. e01910, 2019, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01910.
- [9] R. Bhandari, "A Maintenance Report on Centrifugal Pump." 2022.
- [10] E. Pujiyulianto, A. Muhyi, F. Paundra, F. Perdana, H. T. Yudistira, and M. Syaukani, "Failure analysis of a wear ring impeller," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 138, p. 106415, 2022, doi: 10.1016/j.engfailanal.2022.106415.
- [11] S. Hariady, "Analisa Kerusakan Pompa Sentrifugal 53-101C WTU Sungai Gerong PT. Pertamina RU III Plaju," *J. Desiminasi Teknol.*, vol. 2, no. 1, 2014.
- [12] American Petroleum Institute, *Centrifugal Pumps for Petroleum*. Washington, DC: API Publishing Services, 2010.
- [13] A. Muhammad and I. H. Shanono, "Transient Analysis And Optimization Of A Knuckle Joint," *Kinet. Game Technol. Inf. Syst. Comput. Network, Comput. Electron. Control*, vol. 4, no. 2, pp. 179–186, 2019, doi: 10.22219/kinetik.v4i2.767.
- [14] Mechnexus, "Manual Calculation Validation with FreeCAD FEM Analysis | FreeCAD FEM | FreeCAD Analysis." Dec. 2022. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=UI0fNhSVG7s>
- [15] L. MatWeb, "Online materials information resource." <https://www.matweb.com/>
- [16] Y. A. Çengel and A. J. Ghajar, *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications*, 5th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Professional, 2014.
- [17] M. Hoffmann, F. Nagle, and Y. Zhou, "The Value of Open Source Software." Jan. 2024.
- [18] J. Riegel, W. Mayer, and Y. V Havre, "FreeCAD."
- [19] W. Finnegan, Y. Jiang, N. Dumergue, P. Davies, and J. Goggins, "Investigation and Validation of Numerical Models for Composite Wind Turbine Blades," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 9, p. 525, 2021, doi: 10.3390/jmse9050525.

Daftar Simbol

F	=	Gaya, N
m	=	Massa, kg
α	=	Percepatan Gravitasi , m/s ²