

ANALISIS PENGARUH PEMODELAN KAVITASI PADA *JOURNAL BEARING* MENGGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC*

*Faras Sugeng Yulianto¹, Mohammad Tauviqirrahman², Budi Setiyana²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: farassugeng@gmail.com

Abstrak

Journal bearing merupakan jenis *bearing* dimana kontak antar permukaan dalam *bearing* dengan *shaft* dipisahkan oleh fluida pelumas. Kavitasi merupakan fenomena yang terjadi dalam aliran fluida yang dapat mempengaruhi performa *journal bearing*. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis pengaruh tiga pemodelan kavitasi yang berbeda, yaitu Zwart-Gerber-Belamri, Schnerr-Sauer, dan Singhal et al., pada *journal bearing* menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh dari ketiga pemodelan kavitasi tersebut terhadap karakteristik aliran fluida dan performa *journal bearing*. Metode CFD digunakan untuk memodelkan aliran fluida dalam bantalan jurnal berdasarkan persamaan Navier-Stokes yang dilengkapi dengan persamaan kavitasi. Data masukan dan parameter operasional yang relevan diambil dari literatur yang sudah ada. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan kecepatan putar untuk mengkaji pengaruh pemodelan kavitasi pada performa *journal bearing*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pemodelan kavitasi Zwart-Gerber-Belamri, Schnerr-Sauer, dan Singhal et al. memiliki pengaruh yang signifikan pada karakteristik aliran fluida dan performa *journal bearing*. Pemakaian pemodelan Schnerr-Sauer, dan Singhal et al. menghasilkan perbedaan yang kecil dalam distribusi tekanan dan fraksi volume, sementara pemodelan Zwart-Gerber-Belamri. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai pengaruh pemodelan kavitasi pada *journal bearing* menggunakan metode CFD. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan metode pemodelan kavitasi yang lebih akurat dalam analisis *journal bearing*, dan dapat berguna dalam perancangan sistem permesinan yang memerlukan perhatian khusus terhadap fenomena kavitasi pada *journal bearing*.

Kata kunci: CFD; *journal bearing*; kavitasi

Abstract

Journal bearing is a type of bearing where the contact between the bearing surfaces and the shaft is separated by lubricating fluid. Cavitation is a phenomenon that occurs in fluid flow and can affect the performance of journal bearings. In this research, the analysis of the effects of three different cavitation models, namely Zwart-Gerber-Belamri, Schnerr-Sauer, and Singhal et al., on journal bearings using Computational Fluid Dynamics (CFD) method was conducted. The aim of this research is to analyze the influence of these three cavitation models on the characteristics of fluid flow and the performance of journal bearings. CFD method is used to model the fluid flow in journal bearings based on Navier-Stokes equations supplemented with cavitation equations. Input data and relevant operational parameters are taken from existing literature. Testing is conducted by varying the rotational speed to assess the effects of cavitation modeling on the performance of journal bearings. Simulation results show that Zwart-Gerber-Belamri, Schnerr-Sauer, and Singhal et al. cavitation models have a significant influence on the characteristics of fluid flow and the performance of journal bearings. The use of Schnerr-Sauer and Singhal et al. models results in small differences in pressure distribution and volume fraction, while Zwart-Gerber-Belamri model shows larger differences. This research provides a deeper understanding of the influence of cavitation modeling on journal bearings using CFD method. The results of this research can be used as a basis for the development of more accurate cavitation modeling methods in the analysis of journal bearings, and can be useful in the design of machinery systems that require special attention to cavitation phenomena in journal bearings.

Keywords: CFD; *journal bearing*; cavitation

1. Pendahuluan

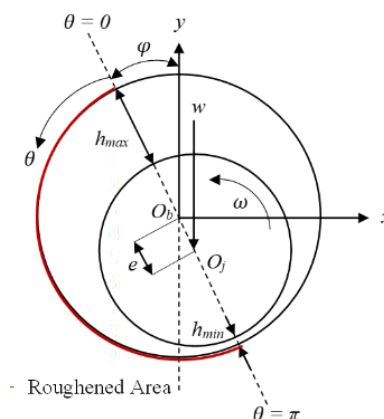
Dalam beberapa tahun terakhir, tingginya permintaan akan mesin industri yang efisien dan ekonomis telah menyebabkan peningkatan yang dramatis terhadap kebutuhan mesin-mesin berkecepatan tinggi [1]. Kegunaan utama *bearing* adalah mentransfer beban antara poros dan *housing* sekaligus meminimalkan keausan. Industri dengan peralatan *rotary* yang beroperasi pada kecepatan rendah dan tinggi memanfaatkan *journal bearing* [2]. *Journal bearing* adalah opsi yang sering dipilih dalam sistem mekanis karena keunggulannya, seperti kemudahan pemasangan, pengurangan kebutuhan perawatan, dan peningkatan kapasitas peredaman [3]. Namun, hal ini juga mengakibatkan peningkatan kavitasi yang terjadi pada *journal bearing*, di mana fenomena ini dapat menyebabkan penurunan performa pada *journal bearing*. Untuk mengatasi masalah tersebut, fenomena kavitasi sangat penting diteliti dalam mendesain *journal bearing* [4]. Penggunaan simulasi yang menggunakan software CFD dapat membantu dalam memodelkan fenomena kavitasi pada *journal bearing* [5]. Dalam pelumasan *journal bearing*, fluida pelumas akan mengalami kavitasi ketika aliran mencapai zona divergen pada *journal bearing* [6]. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk meneliti kavitasi dan bagaimana fenomena ini mempengaruhi kinerja bearing [7]. Beberapa penelitian telah mengeksplorasi interaksi antara fenomena kavitasi dan pelapisan permukaan dalam simulasi *journal bearing*. Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa kavitasi dapat menurunkan daya dukung beban pada *journal bearing*. Fenomena kavitasi juga dapat mempengaruhi sifat statis dan dinamis bearing dalam kondisi kecepatan tinggi [8]. Dengan pemodelan kavitasi, hasil analisis pelumasan menjadi lebih realistis karena dapat meniadakan harga negatif pada tekanan kontak dan daya dukung pelumasan [9]. Oleh karena itu, penelitian tentang pengaruh pemodelan kavitasi dalam analisa performa pelumasan pada *journal bearing* terus dilakukan.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan pembelajaran dan pembahasan terhadap hasil-hasil penelitian dan literatur yang sudah ada sebelumnya. Selanjutnya, dilakukan pembuatan geometri menggunakan software CAD. Setelah itu dilakukan validasi dari permasalahan yang akan disimulasikan. Validasi dilakukan dengan nilai eksperimen yang terdapat pada literatur referensi. Kasus diselesaikan dengan melakukan simulasi menggunakan ANSYS *Workbench* 2019 R3. Tahap pembahasan dilakukan untuk menganalisis hasil simulasi didasarkan pada referensi yang digunakan. Setelah hasil penelitian dianalisis maka dapat ditarik kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan.

2.1 Geometri *journal bearing*

Geometri dari *journal bearing*, yaitu dimensi dan karakteristik fluida pelumasan diadopsi dari jurnal Huihui Feng dkk.[10]. Geometri *journal bearing* pada penelitian ini memiliki diameter *journal* sebesar 39.975 mm, panjang *journal* 40 mm, diameter *bearing* 40 mm, *radial clearance* 0.025 mm, rasio eksentrisitas 0.6, kecepatan putar poros 5,000; 10,000; 15,000; 20,000; 25,000; 30,000. Selanjutnya untuk parameter pelumasan, massa jenis *water liquid* 998.2 kg/m³, viskositas *water liquid* 0.001 Pa.s, massa jenis *water vapor* 0.5542 kg/m³ dan viskositas *water vapor* 0.0000134 Pa.s. Skema *journal bearing* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema *journal bearing*

2.2 Proses Meshing

Dalam penelitian ini, metode meshing menggunakan ANSYS Meshing Editor untuk menghasilkan meshing pada ANSYS 2019 R3. Dalam proses diskretisasi, kualitas meshing menjadi hal yang terpenting. Hal ini dapat dilihat dari faktor skewness dan jumlah grid yang dihasilkan. Semakin kecil skewness, maka kualitas meshing akan semakin bagus dan hasil yang didapat akan semakin akurat. Dalam penghasilan grid, jumlah grid juga penting dalam waktu komputasi dan hasil yang didapat. Dalam pembuatan meshing, peningkatan jumlah grid dapat menurunkan skewness, sehingga kualitas meshing akan meningkat. Metode ini juga menghitung distorsi atau asimetri dari grid yang telah dihasilkan. Skewness dapat digunakan sebagai patokan distribusi normal dari grid yang dihasilkan. Semakin rendah skewness, maka grid yang dihasilkan semakin jarang mengalami distorsi atau asimetri dan distribusi normal pada meshing akan dihasilkan.

2.3 Pemodelan Simulasi

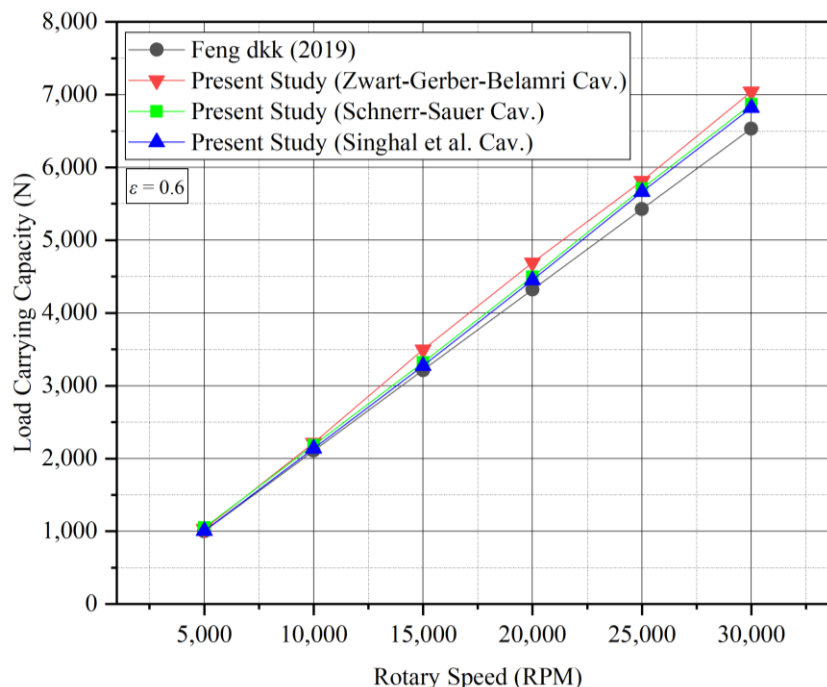
Pada penelitian ini, kasus analisis struktur yang digunakan adalah *steady analysis*. *Steady analysis* adalah analisa yang tidak melibatkan waktu terhadap proses analisisnya. Pada tugas akhir ini analisa terhadap pelumasan dianggap sebagai *steady* karena sifat dari fluida sebagai pelumasan pada *journal* tidak terdapat perubahan walau terdapat perubahan waktu. Pemodelan kavitasi yang dipakai dalam penelitian ini yaitu pemodelan kavitasi Zwart-Gerber-Belamri, Schnerr-Sauer dan Singhal et al., penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai daya dukung beban dari masing-masing pemodelan kavitasi dengan hasil dari jurnal referensi milik Feng dkk.[10].

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil simulasi dengan menggunakan pemodelan kavitasi menunjukkan bahwa terdapat perbedaan performa pelumasan *journal bearing*.

3.1 Daya Dukung Beban

Analisis dilakukan pada pelumasan *hydrodynamic* tanpa memperhatikan efek termal dan efek turbulen. Simulasi dilakukan dengan memodelkan kavitasi dalam ANSYS 2019 R3 pada bagian *mixture*. Fenomena kavitasi menggunakan pemodelan kavitasi Zwart-Gerber-Belamri, pemodelan kavitasi Schnerr-Sauer dan pemodelan kavitasi Singhal et al. dengan aliran laminar. Grafik perbandingan daya dukung beban dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan daya dukung beban pada $\epsilon = 0.6$ antara Feng dkk.[10] terhadap *present study* pemodelan kavitasi Zwart-Gerber-Belamri, pemodelan kavitasi Schnerr-Sauer dan pemodelan kavitasi Singhal et al.

Untuk membandingkan dengan hasil Feng dkk.[10], dihitunglah besarnya *error* antara nilai daya dukung beban dalam jurnal milik Feng dkk.[10] dengan simulasi *present study*. Dapat dilihat secara langsung bahwa simulasi dengan menggunakan pemodelan kavitasi Schnerr-Sauer memiliki nilai daya dukung beban yang cenderung lebih tinggi daripada nilai daya dukung beban dalam jurnal milik Feng dkk.[10], tetapi jika dibandingkan dengan nilai daya dukung beban dengan menggunakan pemodelan kavitasi Zwart-Gerber-Belamri maka cenderung lebih rendah nilai daya dukung bebannya. Dimana hal ini dikarenakan pemodelan kavitasi Schnerr-Sauer, diasumsikan bahwa struktur uap diisi dengan gelembung bola, yang diatur oleh persamaan Rayleigh Plesset yang disederhanakan. Laju perpindahan massa dalam pemodel Schnerr-Sauer sebanding dengan $\alpha(1-\alpha)$. Selain itu, fungsi tersebut memiliki sifat yang menarik yaitu mendekati nol ketika $\alpha = 0$, $\alpha = 1$ dan mencapai maksimum di antaranya. Sedangkan pemodel kavitasi Zwart-Gerber-Belamri berdasarkan pada persamaan aliran multifase, dengan perpindahan massa karena kavitasi muncul sebagai sumber dan tenggelam dalam persamaan kontinuitas cairan dan uap. Laju perpindahan massa diturunkan dari model Rayleigh-Plesset yang disederhanakan. Pemodelan kavitasi Singhal et al. paling dekat dengan pemodelan kavitasi Schnerr-Sauer

Jika dibandingkan dengan nilai daya dukung beban pada jurnal milik Feng dkk. [10], maka nilai *error* yang diperoleh yang diperoleh dari kedua metode simulasi memiliki nilai *error* yang berbeda juga. Hasil simulasi dengan pemodelan kavitasi Zwart-Gerber-Belamri memiliki nilai *error* paling rendah sebesar 3.51% dan nilai *error* yang paling

tinggi sebesar 7.79%, dengan nilai *error* rata-rata sebesar 6.84%. Sedangkan hasil simulai dengan pemodelan kavitasi Schnerr-Sauer memiliki nilai *error* paling rendah 3.26% dan nilai *error* paling tinggi sebesar 5.24%, dengan nilai *error* rata-rata sebesar 4.44%. untuk hasil simulai dengan pemodelan kavitasi Singhal et al. memiliki nilai *error* paling rendah sebesar 0.67% dan nilai *error* paling tinggi sebesar 4.40%, dengan nilai *error* rata-rata sebesar 2.65%..

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian analisis pengaruh kavitasi terhadap nilai daya dukung beban dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Pemodelan kavitasi Zwart-Gerber-Belamri memiliki daya dukung beban *journal bearing* yang lebih baik jika dibandingkan dengan Pemodelan kavitasi Schnerr-Sauer dan Pemodelan kavitasi Singhal et al.
2. Pemodelan Kavitasi Schnerr-Sauer dan pemodelan kavitasi Singhal et al. tidak berbeda jauh dikarenakan kedua model ini memiliki pendekatan numerik yang serupa dalam memodelkan fenomena kavitasi dalam aliran fluida.
3. Pemilihan pemodelan kavitasi yang paling sesuai untuk simulasi *journal bearing* bergantung pada karakteristik khusus dari *bearing* yang akan dipelajari, kondisi kavitasi yang terjadi, serta ketersediaan data eksperimental dan tingkat akurasi yang diinginkan. Validasi dan verifikasi terhadap data eksperimental atau hasil simulasi yang sudah terverifikasi juga tetap penting dalam memastikan akurasi dan keandalan hasil dari pemodelan kavitasi dalam simulasi *journal bearing*.

5. Daftar Pustaka

- [1] Chauhan, A., Sehgal, R., & Sharma, R. K. (2010). Thermohydrodynamic analysis of elliptical journal bearing with different grade oils. *Tribology International*, 43(11), 1970-1977.
- [2] Malcom, E., and Leader, P. (2001). Understanding Journal Bearings. Applied Machinery Dynamics Co. Durango: Colorado., 1-26.
- [3] Chen, Y., Sun, Y., He, Q., & Feng, J. (2019). Elastohydrodynamic behavior analysis of journal bearing using fluid–structure interaction considering cavitation. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44, 1305-1320.
- [4] Sun, D., Li, S., Fei, C., Ai, Y., & Liem, R. P. (2019). Investigation of the effect of cavitation and journal whirl on static and dynamic characteristics of journal bearing. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 33, 77-86.
- [5] Jang, G. H., & Yoon, J. W. (2002). Nonlinear dynamic analysis of a hydrodynamic journal bearing considering the effect of a rotating or stationary herringbone groove. *Tribology International*, 124(2), 297-304.
- [6] Dhande, D. Y., & Pande, D. W. (2018). Multiphase flow analysis of hydrodynamic journal bearing using CFD coupled fluid structure interaction considering cavitation. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 30(4), 345-354.
- [7] Widodo, K. R., Tauviqirrahman, M., & Jamari, J. (2011). Pengaruh Pemodelan Kavitasi untuk Analisis Kontak Terlubrikasi dengan Slip Dinding. *Semantik*, 1(1), 62.
- [8] Lin, P. C., & Lin, I. (2018). Interacting multiscale acoustic vortices as coherent excitations in dust acoustic wave turbulence. *Physical Review Letters*, 120(13), 135004.
- [9] Bulut, D., Bader, N., & Poll, G. (2021). Cavitation and film formation in hydrodynamically lubricated parallel sliders. *Tribology International*, 162, 107113.
- [10] Feng, H.; Jiang, S.; Ji, A. (2019). Investigations of the Static and Dynamic Characteristics of Water-Lubricated Hydrodynamic Journal Bearing Considering Turbulent, Thermohydrodynamic and Misaligned Effects. *Tribology International*, 130, 245–260.