

# KAJI NUMERIK PENGARUH BEBAN DINAMIK TERHADAP KETEBALAN LAPISAN FILM DAN TEKANAN HIDRODINAMIK PADA *JOURNAL BEARING* MENGGUNAKAN *FINITE DIFFERENCE METHOD*

Fadila Alfandi<sup>[1]</sup>, Dedi Rosa Putra Cupu<sup>[2]</sup>, Syafri<sup>[3]</sup>

Laboratorium Konstruksi dan Perancangan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau,  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

<sup>[1]</sup>fadila.alfandi3941@student.unri.ac.id, <sup>[2]</sup>dr\_cupu@yahoo.com, <sup>[3]</sup>prie\_oomo22@yahoo.com

## ABSTRACT

*One of the components used to hold the shaft that transmits power and rotation is the journal bearing. Journal bearing has the advantage of being able to withstand large loads and high rotation, however, journal bearing has a weakness, which is high friction. This high friction is minimized by means of lubrication, where the lubricant forms a film layer which functions as a separator between the journal and the housing so that mechanical contact does not occur. Journal bearing is usually work with dynamic loads on their operation, these dynamic loads affect the thickness of the film layer and the hydrodynamic pressure on the journal bearing. The al approach with the finite difference method is one method to determine the thickness of the film layer and the hydrodynamic pressure on journal bearing due to dynamic loads. The finite difference method is used to solve the differential equations in the dynamic load bearing Reynolds journal equation. The dynamic load acting on the journal bearing is the influence of non-dimensional amplitude and non-dimensional frequency. The non-dimensional amplitude was varied from 0.1 to 0.5, while the non-dimensional frequency was varied  $\pi / 4$ ,  $\pi / 2$ ,  $\pi$ ,  $2\pi$ ,  $4\pi$ , and the observed time was 0.00 s to 0.09 s The conclusion is that the load on the journal bearing is directly proportional to the hydrodynamic pressure and inversely proportional to the thickness of the film layer with a maximum hydrodynamic pressure of 3,313 kPa and a minimum film layer of 32.92  $\mu\text{m}$ , and the load of the journal bearing is directly proportional to the eccentricity ratio. The maximum eccentricity ratio is 0.675. Meanwhile, non-dimensional amplitude affects hydrodynamic pressure and non-dimensional frequency affects changes in hydrodynamic pressure with time.*

**Keyword:** *Journal Bearing, Hydrodynamic, FDM, Dinamic Load*

## 1. Pendahuluan

*Bearing* adalah elemen mesin yang menumpu poros dengan beban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur. *Bearing* harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik [1].

*Journal bearing* merupakan salah satu elemen mesin yang banyak digunakan pada mesin skala besar (*turbomachinery*) yaitu untuk menahan poros yang meneruskan daya dan putaran dari sumber tenaga seperti motor. *Journal bearing* memiliki kelebihan dibandingkan dengan jenis *bearing* lainnya, *journal bearing* memiliki desain yang sangat sederhana yang mampu menahan beban yang sangat besar dan putaran yang tinggi. *Journal bearing* juga memiliki banyak kekurangan salah satunya adalah terjadinya gesekan pada pengoperasian, sehingga dibutuhkan teknik tertentu untuk mengurangi gesekan tersebut, salah satunya menggunakan *lubrication* (pelumasan) pada pengoperasian *journal bearing*.

Beban aktual yang bekerja pada suatu komponen tidak tetap terhadap waktu, termasuk juga pada *journal bearing*, beban tersebut diistilahkan dengan beban dinamik. Contohnya pada saat *start up* dan *shut down* dimana kecepatan berubah terhadap waktu yang secara tidak langsung akan mempengaruhi beban yang bekerja. Selain itu

pengaruh beban dari luar, seperti adanya getaran juga akan mempengaruhi pembebanan yang dialami *journal bearing*. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan beban dinamik ini pada saat menganalisis tekanan dan ketebalan lapisan film pada kasus kontak antara *journal* dan *housing* pada *journal bearing*. Pada penelitian pengkajian lapisan film *journal bearing* terdapat beberapa metode yang digunakan seperti metode analitis, eksperimental, dan numerikal.

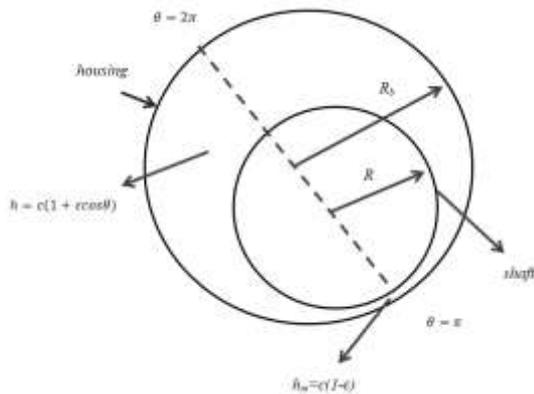
Tahun 1975 Wales melakukan penelitian pengaruh beban dinamik terhadap posisi *eccentricity* pada *journal bearing* dengan jenis *housing bearing* bervariasi menggunakan *finite difference method*. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkanlah nilai lapisan film minimum dan posisi lapisan film minimum yang berbeda dengan rasio beban yang berbeda dengan jenis *housing bearing* yang digunakan. Penelitian yang dilakukan oleh Wales tidak membahas mengenai distribusi tekanan hidrodinamik yang dihasilkan akibat beban dinamik pada *journal bearing* [2].

Tahun 2010 Purna dan Syafrizal telah melakukan penelitian secara eksperimental tentang pengaruh kenaikan putaran terhadap tekanan pelumas pada bantalan luncur menggunakan pelumas SAE 90 dengan variasi putaran 200 r/min, 300 r/min, 400 r/min dan 500 r/min. Berdasarkan penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa

semakin tinggi putaran pada *journal* maka tekanan pelumas pada batas maksimum dan minimum akan semakin besar pula. Penelitian yang dilakukan Purna mengabaikan pengaruh beban dinamik yang terjadi pada *journal bearing* [3].

Metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *journal bearing* beban dinamik adalah metode beda hingga atau *Finite Difference Method* (FDM). *Finite difference method* pada permasalahan kontak *journal bearing* digunakan untuk menyelesaikan persamaan Reynolds yang merupakan persamaan diferensial parsial.

*Bearing* secara umum bisa diartikan sebagai bantalan yang digunakan untuk menopang elemen berputar lainnya. *Journal bearing* memiliki bentuk rancangan yang sangat sederhana yakni terdiri dari *housing* dan *journal*, berikut merupakan geometri *journal bearing* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Geometri *Journal Bearing* [4]

Untuk menghitung secara numerik, tanpa menimbulkan artefak dari *floating point* aritmatika komputer yang digunakan, penggunaan non-dimensional sangat dianjurkan. Penggunaan non-dimensional biasanya digunakan untuk mencari nilai dari persamaan yang sedang dicari [5].

*Journal bearing* ketika proses pengoperasian ya mengalami perubahan beban dari luar. Sebelum terjadinya perubahan beban, beban diasumsikan konstan tanpa pengaruh kecepatan putaran saat pengoperasian *journal bearing*, kondisi tersebut disebut kondisi statik. Untuk menyelesaikan permasalahan pada *journal bearing* kondisi statik, maka Reynolds menuliskan persamaan berikut [6]:

$$\frac{\partial}{\partial \theta} \left( H^3 \frac{\partial p}{\partial \theta} \right) + \frac{R^2}{L^2} \frac{\partial}{\partial y} \left( H^3 \frac{\partial p}{\partial y} \right) - \frac{\partial H}{\partial \theta} = 0 \quad (1)$$

Pada *journal bearing*, akibat perubahan kecepatan pada pengoperasiannya, maka beban yang bekerja mengalami perubahan terhadap waktu secara *sinusoidal* dan diasumsikan tetap pada posisi  $\theta = 0$ . Perubahan beban tersebut secara matematika dapat dituliskan sebagai berikut [7]:

$$W_d = W_s(1 + A_n \sin(\Omega T)) \quad (2)$$

Perubahan beban  $W_d$  pada *journal bearing* mengarah ke pusat grafitasi, pada kondisi aktual beban berubah terhadap waktu, perubahan waktu tersebut mempengaruhi nilai *eccentricity* rasio yang mengakibatkan perubahan lapisan film pada *journal bearing*. Akibat terjadinya perubahan lapisan film terhadap waktu maka persamaan Reynolds untuk *journal bearing* beban dinamik dapat dilihat pada persamaan 3 [6], sedangkan  $\partial t$  merupakan perubahan waktu [8]:

$$\frac{\partial}{\partial \theta} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial \theta} \right) + R^2 \frac{\partial}{\partial y} \left( h^3 \frac{\partial p}{\partial y} \right) = \frac{\partial h}{\partial t} \quad (3)$$

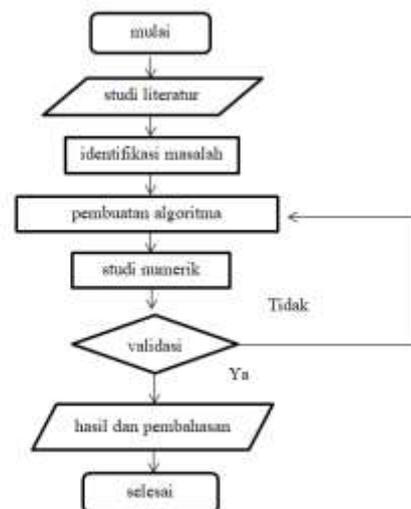
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh beban dinamik terhadap ketebalan lapisan film dan tekanan hidrodinamik pada *journal bearing* menggunakan pendekatan dengan *finite difference method* yang menyatakan distribusi tekanan dan lapisan film yang terbentuk pada *journal bearing* sebagai pembandingan serta tambahan referensi pada perkembangan ilmu pengetahuan tribologi.

## 2. Metodologi

Penelitian pengaruh beban dinamik terhadap ketebalan lapisan film dan tekanan hidrodinamik pada *journal bearing* menggunakan *finite difference method* dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Perancangan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau.

### 2.1 Diagram Alir Penelitian

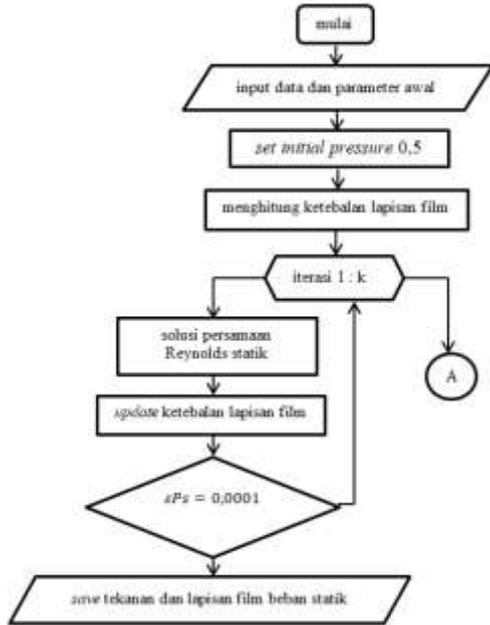
Berikut merupakan diagram alir pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian Pengaruh Beban Dinamik pada *Journal Bearing*

2.2 Diagram alir solusi Numerik

Untuk mendapatkan ketebalan lapisan film dan distribusi tekanan hidrodinamik pada *journal bearing* akibat pengaruh beban dinamik maka diagram alir solusi numerik yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3:



Gambar 3. Diagram Alir Pemograman Beban Statik *journal bearing*

Saat kondisi beban dinamik maka diagram alir solusi numerik disajikan pada Gambar 4:



Gambar 4. Diagram Alir Pemograman Beban Dinamik *journal bearing*

2.3 Parameter awal *Journal Bearing*

Adapun parameter *journal bearing* yang digunakan untuk menentukan ketebalan lapisan film dan distribusi tekanan hidrodinamik *journal bearing* menggunakan *journal bearing* JDE 3848156 dengan data parameter operasional dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Input Data Parameter *Journal Bearing*

Parameter Operasional	Nilai	Simbol	Satuan
Panjang <i>Bearing</i>	62,23	$L$	mm
Radius <i>Bearing</i>	41,33	$R_b$	mm
Radius <i>Journal</i>	41,23	$R$	mm
<i>Eccentricity</i>	0,061	$e$	mm
<i>Clearance</i>	0,101	$c$	mm
Rasio	0,61	$\epsilon$	-
<i>Eccentricity</i>			
Kecepatan Sudut	104,72	$\omega$	rad/s

*Lubricant* yang digunakan adalah SAE 10W-30 dengan temperatur kerja 40°C, Seperti yang terlihat pada Tabel 2 :

Tabel 2. Input Parameter *Lubricant*

Parameter Operasional	Nilai	Simbol	Satuan
Densitas <i>Lubricant</i>	875	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>
Viskositas <i>Lubricant</i>	0,0590	$\mu$	Pa.s

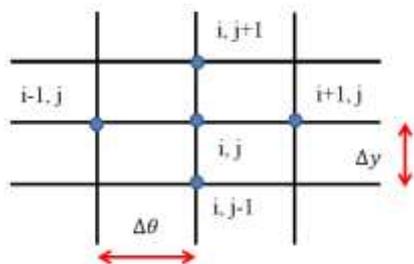
Nilai non-dimensional amplitudo dan Non-dimensional frekuensi serta waktu yang diberikan pada *journal bearing* beban dinamik dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Parameter Beban Dinamik

Parameter Beban Dinamik	Nilai	Simbol	Satuan
Amplitudo	0,1	$A_n$	-
	0,2		
	0,3		
	0,4		
	0,5		
Frekuensi	$\pi/4$	$\Omega$	-
	$\pi/2$		
	$\pi$		
	$2\pi$		
Waktu	0,00-0,09	$t$	s

2.4 Penyelesaian Numerik

*Journal bearing* yang berbentuk tabung, dapat dianggap seperti persegi panjang dengan memotong pada salah satu sisi, kemudian bentuk persegi panjang tersebut didiskretisasi menjadi beberapa bagian dengan ukuran yang sama, seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Skema *Finite Difference Method*

penyelesaian persamaan Reynolds *journal bearing* beban statik dengan nilai tekanan non-dimensional dapat dituliskan sebagai berikut [6]:

$$P_{i,j} = \frac{\Delta\theta(H_{i+1,j}H_{i-1,j})/2 + H_{i+1,j}^2 P_{i+1,j} + H_{i-1,j}^2 P_{i-1,j} + \alpha(\Delta\theta/\Delta y)^2 (H_{i+1,j}^2 P_{i+1,j} + H_{i-1,j}^2 P_{i-1,j})}{H_{i+1,j}^2 + H_{i-1,j}^2 + \alpha(\Delta\theta/\Delta y)^2 (H_{i+1,j}^2 + H_{i-1,j}^2)}$$

penyelesaian persamaan Reynolds *journal bearing* beban statik dengan nilai tekanan non-dimensional dapat dituliskan sebagai berikut [6]:

$$P_{i,j} = \frac{\Delta y(H_{i,j+1}H_{i,j-1})/2 + H_{i,j+1}^2 P_{i,j+1} + H_{i,j-1}^2 P_{i,j-1} + \alpha(\Delta\theta/\Delta y)^2 (H_{i,j+1}^2 P_{i,j+1} + H_{i,j-1}^2 P_{i,j-1})}{H_{i,j+1}^2 + H_{i,j-1}^2 + \alpha(\Delta\theta/\Delta y)^2 (H_{i,j+1}^2 + H_{i,j-1}^2)}$$

Untuk memastikan bahwa tekanan hidrodinamik yang didapatkan telah mendekati nilai sebenarnya, maka digunakanlah pendekatan *absolute error* dengan persamaan berikut [9]:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left| \frac{p_{i,j}^{k+1} - p_{i,j}^k}{p_{i,j}^k} \right| < \varepsilon p \quad (4)$$

### 3. Hasil

#### 3.1 *Journal Bearing* dengan beban statik

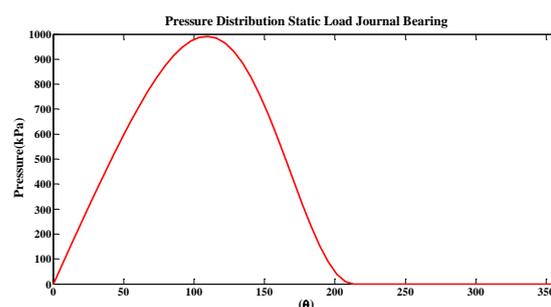
*Journal bearing* yang bekerja dengan pembebanan statik akan menghasilkan ketebalan lapisan film serta tekanan hidrodinamik. Pembahasan berikut merupakan hasil ketebalan lapisan film dan tekanan hidrodinamik dengan beban statik pada *journal bearing*.

Pada tahun 2014 Kumar dan Gupta [10] telah melakukan pengujian tekanan hidrodinamik *journal bearing* menggunakan HJBTR TR-60. Tabel 4 menunjukkan parameter pengujian eksperimental yang dilakukan Kumar dan Gupta menggunakan *lubricant* SAE 10W-30.

Tabel 4. Parameter Pengujian Eksperimental *Journal Bearing* [10]

Parameter Operasional	Nilai	Satuan	Simbol
Panjang <i>Bearing</i>	40	mm	$L$
Radius <i>Bearing</i>	20	mm	$R_b$
Radius <i>Journal</i>	19,973	mm	$R$
<i>Clearance</i>	0,027	mm	$c$
<i>Eccentricity</i>	0,14	-	$\varepsilon$
<i>Rasio</i>			
<i>Eccentricity</i>	0,00378	mm	$e$
Kecepatan Sudut	104,72	rad/s	$\omega$
Beban	800	N	$W_s$
Temperatur	38,30	°c	$T$

Dari hasil pengujian tekanan hidrodinamik secara eksperimental yang dilakukan Kumar dan Gupta tersebut didapatkanlah tekanan hidrodinamik 999 kPa. Untuk memastikan algoritma yang dibuat dapat dipercaya maka parameter penelitian yang dilakukan oleh Kumar dan Gupta diaplikasikan menggunakan solusi numerik yang telah dibuat. Gambar 6 menunjukkan hasil tekanan hidrodinamik menggunakan solusi numerik yang dibuat dengan memasukkan parameter penelitian yang dilakukan oleh Kumar dan Gupta [10].

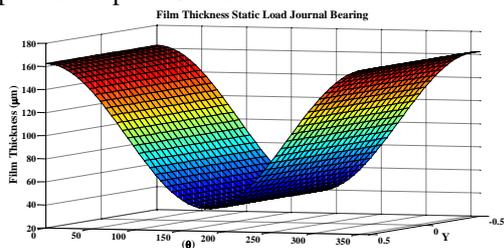


Gambar 6. Tekanan Hidrodinamik *Journal Bearing* Menggunakan *lubricant* SAE 10W-30 dengan Metode Numerik

Hasil tekanan maksimum yang didapatkan menggunakan solusi numerik yang dibuat bernilai 991 kPa. Terdapat selisih 8 kPa antara penelitian tekanan hidrodinamik *journal bearing* secara eksperimental dan numerikal, atau dapat dinyatakan *absolute error* metode numerik yang dibuat untuk mengetahui tekanan hidrodinamik *journal bearing* sebesar 0,8 %. Ada banyak faktor yang mempengaruhi tekanan hidrodinamik pada *journal bearing*, salah satunya adalah pengaruh temperatur. Solusi numerik yang dibuat mengabaikan faktor perubahan temperatur pada *lubricant*, selain itu kemungkinan jumlah *lubricant* yang mengalir masuk ke celah *journal bearing* saat melakukan eksperimen tidak merata, ini juga bisa menjadi faktor penyebab perbedaan hasil yang didapatkan antara metode eksperimental dan metode numerikal. Solusi numerik yang dibuat menetapkan asumsi bahwa *lubricant* yang mengalir masuk ke celah *journal bearing* dengan rata. Percobaan sebelumnya dengan memasukkan parameter yang digunakan Kumar dan Gupta kedalam simulasi yang dibuat menyatakan bahwa simulasi numerik yang dibuat telah mendekati nilai sebenarnya.

*Journal bearing* dengan beban statik menggunakan parameter *journal bearing* JDE 3848156 dan *lubricant* SAE 10W-30. Nilai beban dianggap tetap terhadap waktu, sehingga menghasilkan lapisan film dan tekanan hidrodinamik yang terdistribusi pada seluruh *inner journal bearing* bernilai konstan, ketebalan lapisan

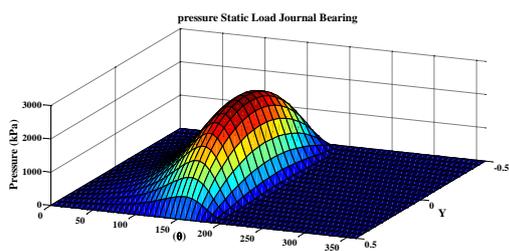
film *journal bearing* dengan beban statik 3 dimensi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Ketebalan Lapisan Film *Journal Bearing* dengan Beban Statik

Gambar 7 menunjukkan distribusi lapisan film *journal bearing* dengan beban statik 3 dimensi, terlihat ketebalan lapisan film bervariasi terhadap  $\theta$ . Lapisan film dengan nilai paling minimum terdapat pada posisi  $\theta = 180^\circ$ . Beban yang bekerja pada *journal bearing* akan lebih terpusat ke arah grafitasi, Gambar 8 menunjukkan ketebalan lapisan film *journal bearing* apabila dilihat pada posisi *rectangular*. Lapisan film minimum yang terbentuk akibat tekanan hidrodinamik bernilai  $39,47 \mu\text{m}$  terletak pada posisi  $\theta = 180^\circ$ , sedangkan ketebalan lapisan film maksimum terdapat pada posisi  $\theta = 0^\circ$  dan  $\theta = 360^\circ$  dengan ketebalan  $162,61 \mu\text{m}$ . Sedangkan lapisan film sepanjang *bearing* terdistribusi seragam. Dari hasil yang didapatkan dengan beban statik menyatakan bahwa tidak terjadi kontak mekanik antara *journal* dan *housing bearing*, hal ini mencegah terjadinya keausan pada kedua permukaan tersebut.

Tekanan hidrodinamik yang bekerja pada *journal bearing* terdistribusi dengan nilai yang bervariasi, Gambar 8 merupakan distribusi tekanan hidrodinamik *journal bearing* 3 dimensi dengan pembebanan statik.

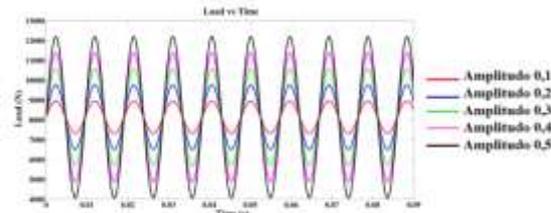


Gambar 8. Nilai Tekanan Hidrodinamik *Journal Bearing* Beban Statik

Apabila dilihat pada posisi *rectangular* tekanan hidrodinamik bervariasi terhadap  $\theta$ . Gambar 8 menunjukkan distribusi tekanan sepanjang  $\theta$ , dapat dilihat bahwa tekanan maksimum berada pada posisi  $\theta = 140,48^\circ$  yang disimbolkan dengan  $\theta_m$ . Nilai tekanan maksimum pada *journal bearing* bernilai  $2.545 \text{ kPa}$ .

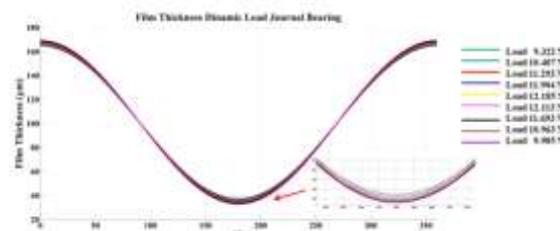
### 3.2 *Journal bearing* dengan beban dinamik

Akibat beban yang berubah terhadap waktu pada *journal bearing*, pada simulasi kali ini gangguan yang diberikan berupa frekuensi dan amplitudo tertentu sesuai dengan persamaan (Jerzy dan Rao, 2004). Berikut merupakan pembahasan pengaruh beban dinamik terhadap variasi non-dimensional amplitudo 0,1 sampai 0,5 dan non-dimensional frekuensi  $\pi/4$ ,  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $2\pi$ ,  $4\pi$ , serta kecepatan sudut  $104,72 \text{ rad/s}$ . Pada *journal bearing* akibat beban dinamik. Gambar 9, menunjukkan variasi beban dinamik dengan pengaruh non-dimensional amplitudo.



Gambar 9. Pengaruh Non-dimensional Amplitudo terhadap Beban Dinamik *Journal Bearing*

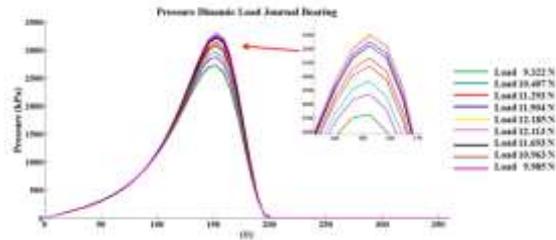
Pada Gambar 9, nilai beban dinamik dengan variasi beban maksimal terlihat ketika non-dimensional amplitudo 0,5. Pengaruh Beban dinamik pada *journal bearing* berdasarkan non-dimensional amplitudo 0,5 dan non-dimensional frekuensi  $2\pi$  serta kecepatan sudut  $104,72 \text{ rad/s}$  menghasilkan nilai beban yang berubah terhadap waktu, dimana perubahan nilai beban yang diamati pada interval waktu 0,00 s sampai 0,09 s.



Gambar 10. Pengaruh Beban terhadap Ketebalan Lapisan Film *Journal Bearing* Berdasarkan Non-dimensional Amplitudo 0,5

Akibat beban yang berubah pada pengoperasian *journal bearing* mempengaruhi ketebalan lapisan film yang terbentuk, dapat dilihat pada Gambar 10, perubahan beban mengakibatkan distribusi ketebalan lapisan film sepanjang *journal bearing* pada arah *rectangular* bervariasi. Lapisan film dengan ketebalan minimum terbentuk pada posisi  $\theta = 180^\circ$ . Gambar 11 menunjukkan bahwa beban maksimum sebesar  $12.185 \text{ N}$  membentuk ketebalan lapisan film dengan nilai paling minimum sebesar  $32,92 \mu\text{m}$ , dari Gambar 10 juga menunjukkan bahwa beban yang bekerja mempengaruhi distribusi ketebalan lapisan film yang terbentuk. Semakin

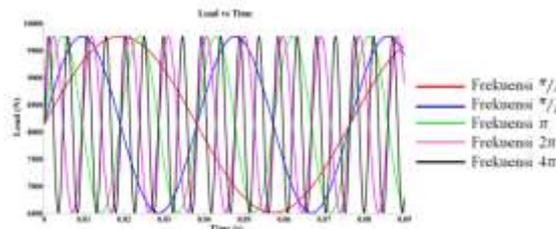
besar beban yang bekerja maka semakin tipis ketebalan lapisan film yang terbentuk antara *journal* dan *housing bearing* pada *journal bearing*.



Gambar 11. Tekanan Hidrodinamik pada Masing-Masing Beban Berdasarkan Non-dimensional Amplitudo 0,5 pada *Journal Bearing*

Akibat pengaruh beban dinamik yang bekerja pada *journal bearing* mengakibatkan tekanan hidrodinamik yang bervariasi berdasarkan nilai beban yang dihasilkan. Dapat dilihat pada Gambar 11 pengaruh beban yang bekerja terhadap distribusi tekanan hidrodinamik pada arah *rectangular* yang terjadi pada *journal bearing* berdasarkan non-dimensional amplitudo 0,5. Beban dengan nilai maksimum 12.185 N menghasilkan tekanan hidrodinamik sebesar 3.313 kPa pada posisi  $\theta_m=145,55^\circ$ . Dari hasil pengaruh beban terhadap tekanan hidrodinamik yang didapatkan menggunakan penyelesaian numerik, dapat disimpulkan bahwa beban yang bekerja pada *journal bearing* berbanding lurus terhadap tekanan hidrodinamik.

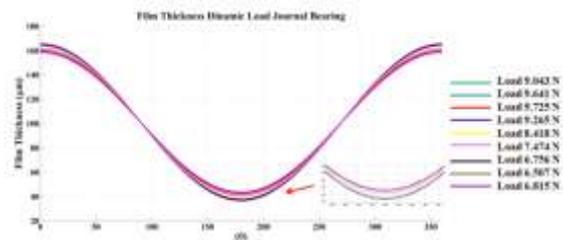
Dari hasil simulasi di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar amplitudo gangguan yang terjadi maka semakin besar tekanan hidrodinamik yang terjadi, sehingga semakin tipis lapisan film yang terbentuk. Pada non-dimensional amplitudo 0,5 tekanan maksimum adalah 3.313 kPa dan lapisan film minimum adalah  $32,92 \mu\text{m}$ , hal ini membuktikan bahwa tidak terjadinya kontak mekanik antara *journal* dan *housing bearing* tersebut, dimana hal tersebut meminimalisir terjadinya keausan antara kedua permukaan. Gambar 12 menunjukkan pengaruh non-dimensional frekuensi, dengan kecepatan sudut  $104,72 \text{ rad/s}$  dan amplitudo 0,2.



Gambar 12. Pengaruh non-dimensional Frekuensi terhadap Beban Dinamik *Journal Bearing*

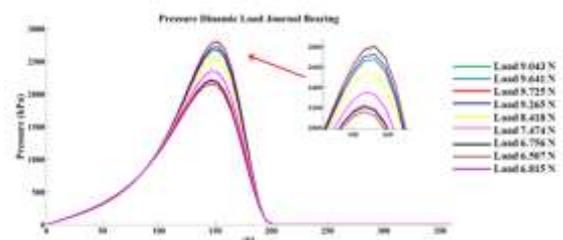
Dapat dilihat pada Gambar 12 bahwa pengaruh non-dimensional frekuensi  $4\pi$  memiliki

pengaruh signifikan terhadap perubahan beban yang terjadi, adapun lapisan film yang terbentuk dari pengaruh non-dimensional frekuensi  $4\pi$  dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengaruh Beban terhadap Ketebalan Lapisan Film *Journal Bearing* Berdasarkan Non-dimensional Frekuensi  $4\pi$  pada *Journal Bearing*

Akibat beban yang berubah pada pengoperasian *journal bearing* mempengaruhi ketebalan lapisan film yang terbentuk, dapat dilihat pada Gambar 13, perubahan beban mengakibatkan distribusi ketebalan lapisan film sepanjang *journal bearing* pada arah *rectangular* bervariasi. Lapisan film dengan ketebalan minimum terbentuk pada posisi  $\theta=180^\circ$ . Gambar 13 menunjukkan bahwa beban maksimum sebesar 9.725 N membentuk ketebalan lapisan film dengan nilai paling minimum sebesar  $36,55 \mu\text{m}$ , dari Gambar 13 juga menunjukkan bahwa beban yang bekerja mempengaruhi distribusi ketebalan lapisan film yang terbentuk. Semakin besar beban yang bekerja maka semakin tipis ketebalan lapisan film yang terbentuk antara *journal* dan *housing bearing* pada *journal bearing*. Sedangkan Gambar 14 menunjukkan pengaruh beban dengan non-dimensional  $4\pi$  terhadap tekanan.



Gambar 14. Tekanan Hidrodinamik pada Setiap Beban Berdasarkan Non-dimensional Frekuensi  $4\pi$  pada *Journal Bearing*

Akibat pengaruh beban dinamik yang bekerja pada *journal bearing* mengakibatkan tekanan hidrodinamik yang bervariasi berdasarkan nilai beban yang dihasilkan. Dapat dilihat pada Gambar 14 pengaruh beban yang bekerja terhadap distribusi tekanan hidrodinamik pada arah *rectangular* yang terjadi pada *journal bearing* berdasarkan non-dimensional frekuensi  $4\pi$ . Beban dengan nilai maksimum 9.725 N menghasilkan tekanan hidrodinamik sebesar

2.810 kPa pada posisi  $\theta_m=142,78^\circ$ . Dari hasil pengaruh beban terhadap tekanan hidrodinamik yang didapatkan menggunakan penyelesaian numerik, dapat disimpulkan bahwa beban yang bekerja pada *journal bearing* berbanding lurus terhadap tekanan hidrodinamik. Dari pembahasan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa semakin besar non-dimensional frekuensi maka semakin signifikan perubahan tekanan terhadap waktu.

#### 4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini, yaitu:

1. Nilai beban yang bekerja berbanding terbalik terhadap lapisan film yang terbentuk antara *journal* dan *housing bearing*, dengan pembebanan maksimum 12.185 N menghasilkan ketebalan lapisan film minimum sebesar 32,92  $\mu\text{m}$ . Kemudian beban yang bekerja berbanding lurus terhadap Tekanan hidrodinamik, dengan pembebanan 12.185 N menghasilkan tekanan hidrodinamik 3.313 kPa. Serta disimpulkan bahwa pengaruh non-dimensional amplitudo berbanding lurus terhadap tekanan hidrodinamik, dimana pengaruh non-dimensional amplitudo maksimum dengan nilai 0,5 menghasilkan tekanan hidrodinamik 3.313 kPa, dan berbanding terbalik terhadap ketebalan lapisan film dengan nilai minimum 32,92  $\mu\text{m}$ . Sedangkan pengaruh non-dimensional frekuensi mengakibatkan perubahan tekanan hidrodinamik dan ketebalan lapisan film terhadap waktu, semakin besar non-dimensional frekuensi maka semakin cepat terjadi perubahan tekanan hidrodinamik pada *journal bearing*. Pada waktu 0,03 s dengan pengaruh non-dimensional frekuensi tekanan hidrodinamik bernilai 2.810 kPa dengan lapisan film 36,55  $\mu\text{m}$
2. Perubahan beban ini mempengaruhi *eccentricity* rasio pada *journal bearing*. Dapat disimpulkan bahwa beban yang bekerja berbanding lurus terhadap *eccentricity* rasio, dengan *eccentricity* rasio maksimum sebesar 0,675 pada amplitude 0,5.

#### Daftar Pustaka

[1] Irwanda, Rendi. 2019. "Analisa dan Ketahanan Perawatan *Bearing* UCFL 206 Pada Mesin Pencacah Limbah Botol Plastik dan Softdrinks Kapasitas 15 KG/Jam". Skripsi. Program Studi

Sarjana Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

- [2] Wales, 1975. "Dynamically Loaded Journal Bearings". *Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering in the University of Canterbury Christchurch New Zealand*.
- [3] Purna, AI. Syafrizal. 2010. Studi Pengaruh Kenaikan Putaran terhadap Bantalan Luncur. Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI6) 2010. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanegara.
- [4] Kurniawan, Bayu. 2011. "Analisis Pengaruh Kekasaran Permukaan dan Slip terhadap Performansi Pelumasan *Journal Bearing* Menggunakan Metode Volume Hingga". Skripsi. Program Studi Sarjana Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
- [5] Edwar, Christoper Goodyer. 2001. "Adaptive Numerical Methods for Elastohydrodynamic Lubrication". Disertasi. *degree of Doctor of Philosophy. The University of Leeds School of Computing*.
- [6] Huang, P. 2013. *Numerical Calculation of Lubrication Methods and Programs*. South China University of Technology : Guangzhou, China.
- [7] Jerzy, Ts. Rao. 2004. *Cavitation Effects on the Stability of a Submerged Journal Bearing*. *International Journal of Rotating Machinery*, 10(3): 227–232.
- [8] Ebrat,O. Zissimos, P. Vlahopoulos, N. Vaidyanathan, K. 2004. *Calculation of Journal Bearing Dynamic Characteristics Including Journal Misalignment and Bearing Structural Deformation*. *Tribology Transactions*. 47 : 1, 94-102.
- [9] Kumar, N. 2015. *FDM & FEM Analysis Of a Pad Thrust Bearing For Thermal Effect*. Thesis Master. Department of Mechanical Engineering Lovely Professional University.
- [10] Kumar, P. Gupta AK. 2014. *Eksperimental Investigation on Hydrodynamic Journal Bearing Using SAE 10W-30 Multi Grade Oil*. *International Journal of Advance Research and Innovation*, Volume 2, issue 1 (2014) 166-173.