

EFEK PEMBERIAN *RECTANGULAR* TEKSTUR TERHADAP PERFORMASI PELUMASAN JOURNAL BEARING

Mohammad Tauviqirrahman*, Muchammad dan Andhika Mas Maulana

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang 50275.

*Email: mtauviq99@yahoo.com

Abstrak

Pemberian tekstur *rectangular* pada *journal bearing* bertujuan untuk meningkatkan performansi pelumasan (peningkatan *load support* serta penurunan gaya gesek). Pada penelitian ini memfokuskan peningkatan performansi pelumasan pada *journal bearing* dengan pemberian tekstur *rectangular* pada awal permukaan konvergen. Pemodelan dan analisa dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dengan memberikan tekstur berbentuk *rectangular* agar lebih mudah di buat untuk direalisasikan. Distribusi tekanan dan *load support* serta pengaruh kavitasi menjadi luaran dalam penelitian ini, distribusi tekanan didapatkan sepanjang permukaan *journal bearing*. Permukaan *smooth* sebagai parameter acuan pembandingan dengan permukaan bertekstur. Hasil penelitian menunjukkan dengan pemberian permukaan bertekstur mampu meningkatkan tekanan maksimal dan *load support*, sedangkan analisa kavitasi memberikan hasil yang lebih realistis mendekati kondisi nyata.

Kata kunci: Distribusi tekanan, *journal bearing*, *load support*, tekstur *rectangular*.

1. PENDAHULUAN

Journal bearing banyak digunakan pada mesin-mesin besar seperti turbin, kompresor sentrifugal, generator dan pompa (Scott, 2005) karena bisa memberikan kestabilan posisi pada komponen yang berputar. Secara umum, *journal bearing* tersusun atas sebuah poros yang berputar relatif terhadap permukaan housing, dengan fluida pelumasan yang mengisi celah diantara kedua permukaan tersebut. *Journal bearing* digunakan untuk menahan beban radial dari suatu poros yang berputar. *Journal bearing* beroperasi pada rezim batas (kontak logam-ke-logam) hanya pada saat peralatan *startup* dan *shutdown* ketika kecepatan rotasi dari poros tidak mencukupi untuk membuat lapisan minyak. Penting untuk dipahami bahwa poros berputar tidak terpusat pada rumah bantalan selama operasi normal. Jarak *offset* ini disebut eksentrisitas bantalan dan membuat lokasi yang unik untuk ketebalan minimum lapisan minyak. Pelumasan sangat diperlukan untuk memperkecil gesekan dan keausan yang terjadi antara dua permukaan yang bergerak relatif satu terhadap yang lain. Sedangkan substansi yang digunakan tersebut dinamakan pelumas (Shigley dkk., 1995), dengan pelumasan diharapkan akan memperpanjang umur komponen suatu mesin karena adanya film pada pelumas untuk meminimalkan kontak antara permukaan (Pirro dkk., 2001). Pelumasan antara dua permukaan elemen mesin yang bergerak menciptakan distribusi tekanan yang memungkinkan timbulnya daya dukung beban sehingga menghindarkan kontak langsung dan gesekan (Fortier, 2004).

Surface texturing merupakan pemberian tekstur pada permukaan bearing yang bertujuan untuk meningkatkan tekanan dan *load support* pada bearing. *Surface texturing* juga di anggap sebagai alat untuk mengatasi adhesi dan stiksi pada perangkat *Micro-Electro Mechanical Systems (MEMS)*. Penelitian mendasar pada berbagai bentuk *surface texturing* untuk diaplikasikan di dunia tribologi dilakukan di seluruh dunia dan berbagai teknik *texturing* digunakan dalam penelitian tersebut, termasuk peledakan abrasif, mesin ultrasonik, mesin pelepasan listrik, tekstur balok ion, berbagai teknik etsa, dan *laser texturing*. Dari semua metode tersebut *laser texturing* menawarkan konsep paling menjanjikan karena laser sangat cepat dan memungkinkan waktu pemrosesan yang pendek, tidak mencemari lingkungan dan memberikan kontrol yang sangat baik terhadap bentuk dan ukuran tekstur, yang memungkinkan realisasi desain yang optimal (Bruce, 2012).

Penelitian ini akan difokuskan pada penempatan tekstur *rectangular* agar di dapatkan hasil performansi pelumasan yang optimum. Pemberian *texturing* ini dapat digunakan untuk meningkatkan tekanan dan *load support*. Pemberian *texturing* pada penelitian ini akan menggunakan model *rectangular* agar lebih mudah di buat dan cukup mudah dilakukan dari sudut

pandang *meshing* (Cupillard dkk., 2008). Sedangkan model kavitasi diaplikasikan untuk mendapatkan hasil yang lebih realistis mendekati kondisi nyata (Shi dan Ni, 2011).

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini, efek dari pemberian tekstur pada permukaan *journal bearing* di analisa dengan menggunakan perangkat lunak CFD. Parameter *journal bearing* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Geometri *journal bearing* ditunjukkan pada Gambar 1, sedangkan untuk permukaan bertekstur ditunjukkan pada Gambar 2, dalam penelitian ini aliran fluida terjadi secara laminar dan kavitasi masuk dalam topik pembahasan. Pemodelan 2 dimensi dilakukan dengan membuat penyederhanaan dari bentuk geometri lingkaran menjadi garis untuk *housing bearing (stationary wall)* dan *shaft bearing (moving wall)* yang dimodelkan dengan menggunakan persamaan yang telah diperhitungkan sebagai berikut:

Persamaan kurva	$y = A \cdot \cos(bx) + c$	(1)	Keterangan:
Amplitudo	$A = \frac{h_{max} - h_{min}}{2}$	(2)	h_{max} = ketebalan <i>film</i> fluida maksimum h_{min} = ketebalan <i>film</i> fluida minimum
Konstanta <i>b</i>	$b = \frac{2\pi}{L}$	(3)	L = panjang gelombang permukaan <i>housing</i>
Konstanta <i>c</i>	$c = A + h_{min}$	(4)	R = jari-jari permukaan <i>housing</i>
Panjang Gelombang	$L = 2\pi R$	(5)	

Tabel 1. Parameter model journal bearing.

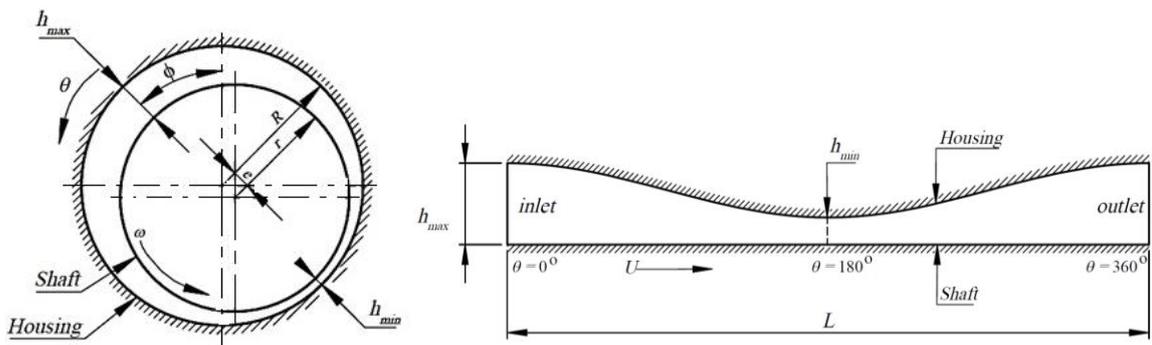
Parameter	Simbol	Nilai
Panjang <i>bearing</i>	<i>L</i>	133 mm
Jari-jari poros	<i>r</i>	50 mm
Jari-jari <i>housing</i>	<i>R</i>	50.145 mm
<i>Radial clearance</i>	<i>C</i>	0.145 mm
Rasio eksentrisitas	ϵ	0.2, 0.5 dan 0.8
Eksentrisitas	<i>e</i>	0.029 mm ($\epsilon = 0.2$) 0.0725 mm ($\epsilon = 0.5$) 0.116 mm ($\epsilon = 0.8$)
Kecepatan <i>journal</i>	angular ω	48.1 rad/s
Densitas pelumas	ρ	840 kg/m ³
Viskositas <i>lubrikan</i>	dinamis μ	0.0127 kg/m.s

Berdasarkan persamaan (1) sampai dengan persamaan (5) didapat hasil persamaan untuk 3 rasio eksentrisitas pada Tabel 2 berikut

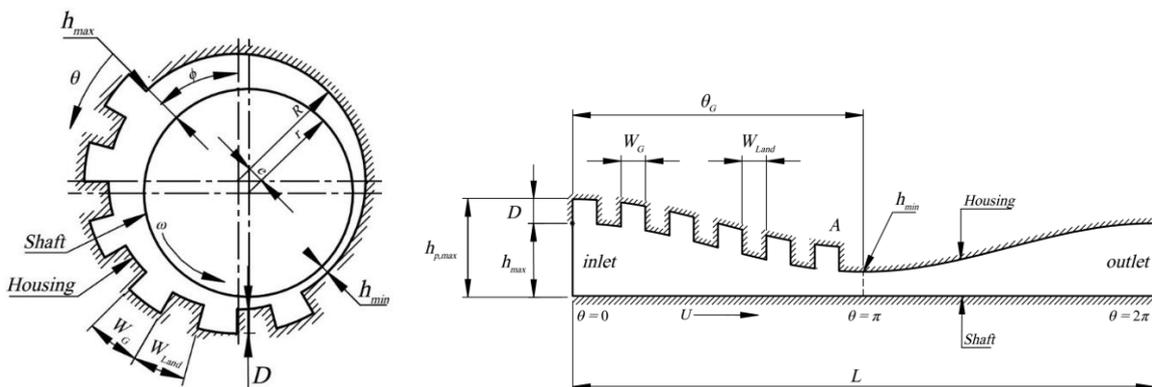
Tabel 2. Persamaan garis berkurva journal bearing.

ϵ	<i>e</i>	<i>hmax</i>	<i>hmin</i>	<i>y(x)</i>
0.2	0.029	0.174	0.116	$y(x) = 0.029 \cdot \cos\left(\frac{200x}{10029}\right) + 0.145$
0.5	0.0725	0.2175	0.0725	$y(x) = 0.0725 \cdot \cos\left(\frac{200x}{10029}\right) + 0.145$
0.8	0.116	0.261	0.029	$y(x) = 0.116 \cdot \cos\left(\frac{200x}{10029}\right) + 0.145$

Variasi tekstur yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi dalam 2 penempatan tekstur, yaitu pada awal daerah konvergen (0° – 30°) hingga (0° – 180°) yang dilakukan secara bertahap. Sedangkan rasio kedalaman tekstur terbagi menjadi 4 variasi, yaitu $d/h_{min} = 0,5$, $d/h_{min} = 1,0$, dan $d/h_{min} = 1,5$.



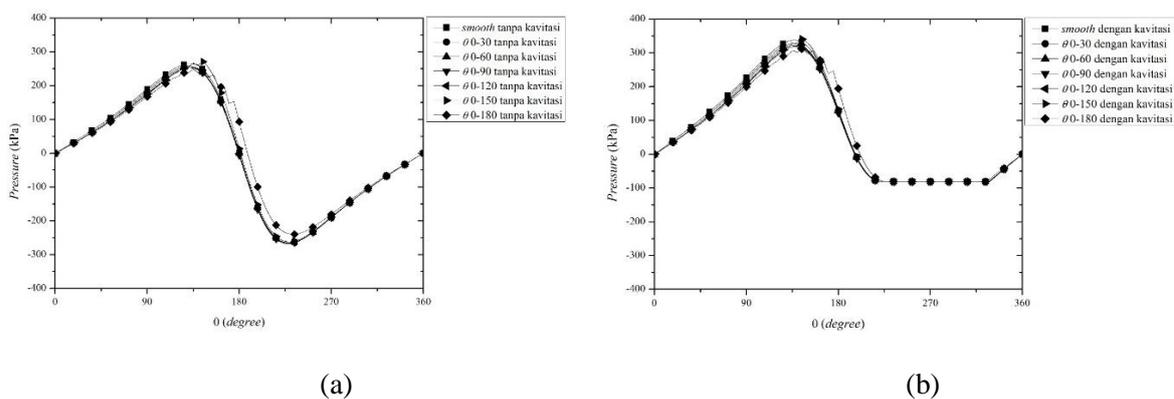
Gambar 1. Geometri *journal bearing* tanpa tekstur



Gambar 2. Geometri *journal bearing* dengan tekstur rectangular.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan hasil dari pemodelan *journal bearing* tanpa tekstur dan dengan berbagai variasi geometri tekstur terhadap distribusi tekanan dengan dan tanpa kavitasi yang dapat dilihat pada Gambar 3, serta *load support* yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Perbandingan distribusi tekanan dengan pemberian tekstur pada rasio eksentrisitas 0,5 dan $D/h_{min} = 0,5$, (a) No-kavitasi dan (b) Kavitasi.

Gambar 3 menunjukkan distribusi tekanan yang terjadi dengan variasi pemberian texture secara bertahap serta efek analisa kavitasi dengan rasio eksentrisitas 0,5. Hasil menunjukkan bahwa penempatan tekstur pada sudut $0^\circ - 150^\circ$ memiliki tekanan maksimal yang paling besar dibandingkan dengan penempatan tekstur pada sudut lainnya baik dengan atau tanpa analisa kavitasi. Namun nilai tekanan maksimal lebih besar dengan memasukkan analisa kavitasi (terjadi perbedaan sebesar maksimal 71 kPa). Adapun *load support* ditabelkan pada Tabel 3 dibawah. *Load support* terbesar terjadi pada pemberian tekstur dengan sudut $0 - 180^\circ$ sebesar 20,68 kN.

Tabel 3. Perbandingan distribusi tekanan, *load support* dengan variasi daerah bertekstur.

D/h_{min}	θ	Tanpa Kavitasi			Dengan Kavitasi		
		P_{max} (kPa)	W (kN)	F (N)	P_{max} (kPa)	W (kN)	F (N)
0.0	0°	265.11	-0.07	101.33	337.71	21.53	96.27
	30°	257.95	-0.70	101.17	328.53	20.63	95.90
	60°	254.86	-1.26	101.09	324.95	19.98	95.72
0.5	90°	252.13	-1.87	101.22	321.10	19.38	95.66
	120°	252.56	-1.60	101.00	317.98	19.26	95.50
	150°	271.99	-0.10	100.73	342.90	20.13	95.42
	180°	248.63	2.54	99.81	315.38	20.67	93.89
	30°	254.90	-1.23	101.02	324.93	20.04	95.70
1.0	60°	248.30	-2.28	100.81	317.21	18.83	95.29
	90°	241.29	-3.36	100.81	308.12	17.69	95.03
	120°	297.25	-3.45	100.54	298.74	17.14	94.69
	150°	257.48	-1.95	100.23	320.44	17.86	94.58
	180°	234.67	1.24	99.31	294.92	18.65	93.23
1.5	30°	252.58	-1.63	100.88	322.22	19.59	95.50
	60°	243.28	-3.07	100.51	311.41	17.96	94.88
	90°	232.69	-4.54	100.36	298.30	16.42	94.40
	120°	224.11	-4.99	99.97	283.50	15.51	93.90
	150°	240.09	-3.75	99.61	298.80	15.97	93.63
	180°	219.87	-0.52	98.30	276.50	16.74	92.25

Dari tabel 3 terlihat betapa pentingnya penggunaan analisa kavitasi untuk perhitungan *load support*. *Load support* tanpa memperhitungkan nilai kavitasi memberikan hasil yang tidak realistis, banyak yang nilainya minus dan sangat kecil, sementara dengan analisa kavitasi hasilnya semuanya positif dan mendekati kondisi sesungguhnya. Dari tabel terlihat bahwa pemberian rectangular tekstur dengan berbagai variasi eksentrisitas maka akan memberikan nilai *load support* yang lebih kecil dari kondisi *smooth*.

4. KESIMPULAN

Pemberian tekstur pada permukaan *journal bearing* pada rasio eksentrisitas 0,2, 0,5 dan 0,8 dengan variasi rasio kedalaman terhadap ketebalan minimum film (d/h_{min}) yaitu 0,5, 1,0, dan 1,5 dengan variasi tekstur ($0^\circ - 30^\circ$) hingga ($0^\circ - 180^\circ$) tidak mampu memberikan peningkatan *load support*, namun pada rasio eksentrisitas 0,5 dan variasi tekstur $0^\circ - 150^\circ$ terjadi peningkatan tekanan maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruce, R.W., (2012), *Handbook of Lubrication and Tribology, 2nd Edition*, Florida: CRC Press.
- Cupillard, S., Glavatskih, S., Cervantes M.J., (2008), Computational Fluid Dynamics Analysis of a Journal Bearing with Surface Texturing, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology 22, pp 97-107.
- Fortier, A., (2004), Numerical Simulation of Hydrodynamic Bearings with Engineered Slip/No-Slip Surfaces, Master's Thesis, Mechanical Engineering, Georgia Institute of Technology.
- Pirro, D.M., Wessol, A.A., (2001), *Lubrication Fundamentals*, Marcel Dekker, Switzerland.
- Scott, R., (2005), *Journal Bearings and Their Lubrication*. Machinery Lubrication Magazine.
- Shigley, Joseph E., Mitchell, Larry D., Harahap, Ghandi, (1995) *Perencanaan Teknik Mesin*, Erlangga, Jakarta.
- Shi X, Ni T., (2011), Effect of groove textures on fully lubricated sliding with cavitation, Tribology International 44, pp. 2022 – 2028.