

## Simulasi Desain Diameter Rotor 50 mm pada Mechanical Seal untuk Pompa Sentrifugal dengan Software

**Fatkur Rachmanu**

Prodi Teknologi Mesin, Politeknik Enjinering Indorama  
e-mail: fatkur.rachman@gmail.com

### Abstrak

*Mechanical seal adalah alat atau komponen untuk mencegah kebocoran pada suatu mesin yang memiliki poros berputar semisal pompa sentrifugal. Prinsip kerja berdasarkan gesekan antara 2 atau lebih permukaan. Pada penelitian ini menggunakan material material o-ring silikon karbit dengan o-ring karbon grafit. Simulasi ini untuk memperhitungkan kekuatan mechanical seal dari bagian berputar (rotor) dan diam (stator) serta dimensi lainnya sebagai pembentuk utama dari sistem mechanical seal. Hasil yang didapatkan adalah terjadi fenomena panas berlebih ketika gesekan operasi silikon karbit - karbon grafit yang tidak mampu didinginkan oleh sistem pendingin menggunakan cairan yang dipompakan. Dari simulasi desain mechanical seal pada stator dan rotor terdapat panas yang tinggi sebesar 40,60 °C tetapi masih dalam batas wajar. Gesekan yang terjadi dalam keadaan wet running nilai tekanan kontak permukaan sebesar 55,08 bar pada daerah radius 29 mm rotor. Dengan daerah stator nilai film thickness  $h$  0,001836 mm pada posisi jari-jari sebesar radius sebesar 26 mm. Simulasi desain ini belum melibatkan pegas, o-ring dalam pembuatan mechanical seal sebenarnya, dimana faktor manufaktur berupa ketelitian, kelonggaran suaian antara permukaan komponen.*

**Kata Kunci :** mechanical-seal, gesekan, poros, pompa, berputar

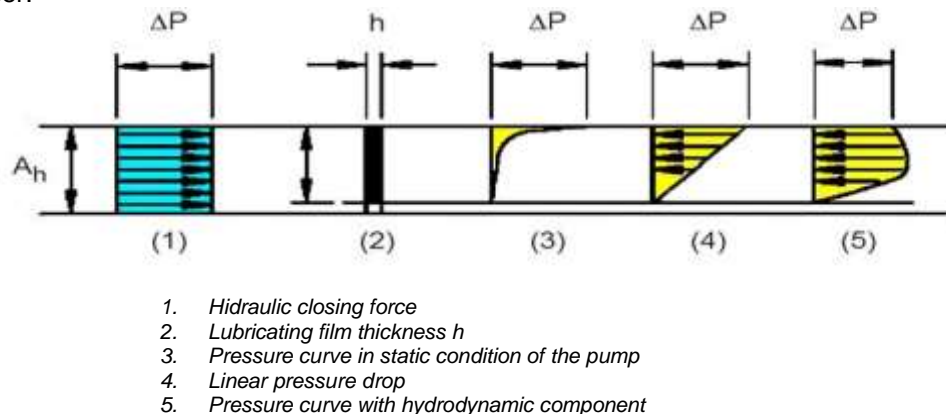
### Abstract

*A Mechanical seal is a tool or component to prevent leakage in a machine that has a rotating shaft such as a centrifugal pump. The working principle is based on friction between 2 or more surfaces. In this research, silicon carbide o-ring material with graphite carbon o-ring is used. This simulation takes into account the mechanical seal strength of the rotating (rotor) and stationary (stator) parts as well as other dimensions as the main constituent of the mechanical seal system. The results obtained are the phenomenon of overheating occurs when the friction operation of silicon carbide - carbon graphite is not able to be cooled by the cooling system using pumped liquid. From the simulation of the mechanical seal design on the stator and rotor, there is a high heat of 40.60 °C but still within reasonable limits. The Friction that occurs in the wet running state, the surface contact pressure value is 55.08 bar in the 29 mm radius area of the rotor. With the stator area, the value of the film thickness ( $h$ ) is 0.001836 mm at the position of the radius of a radius of 26 mm. This design simulation does not involve springs, o-rings in the actual manufacture of mechanical seals, where the manufacturing factor is in the form of accuracy, the adjustment slack between the component surfaces.*

**Keyword :** mechanical-seal, friction, shaft, pump, rotating

## 1. PENDAHULUAN

*Mechanical seal* adalah perangkat presisi yang dirancang untuk menyegel poros yang berputar, namun alat tersebut mengandalkan sedikit kebocoran untuk melumasi dan mendinginkan permukaan segel. Kebocoran berguna untuk menyediakan film pelumas yang sangat penting untuk memastikan umur panjang berdasarkan keausan normal permukaan yang bergeser.

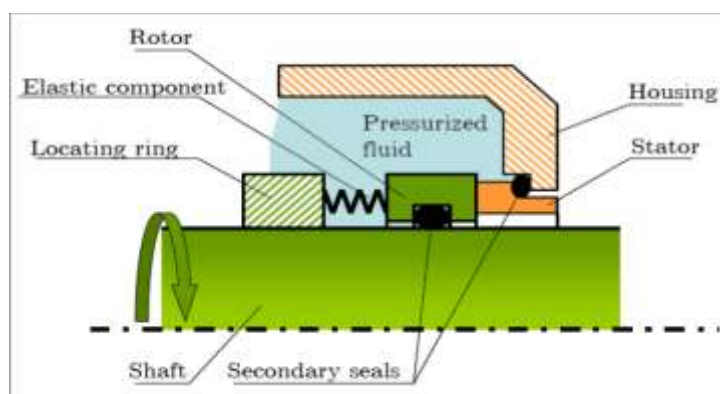


**Gambar 1.** Profil tekanan di celah penyegelan ( $h$ ) (Hidrolik Institute).

Pada Gambar 1, fase (1) menunjukkan adanya tekanan awal dari cairan yang dipompakan oleh pompa, kemudian tiga profil tekanan yang disederhanakan dan diidealkan di celah penyegelan ( $h$ ) pada fase (2), untuk saat poros pompa statis (3), saat poros mulai berputar (4), dan akhirnya zona hidrodinamik (5) saat poros berputar dan tekanan hidrodinamik naik di celah.

Tingkat kebocoran *mechanical seal* tergantung pada berbagai faktor :

- Kekasaran dan keadaan umum permukaan geser selama perakitan, dan selama masa pakai.
- Kerataan permukaan geser dan setiap perubahan kerataan yang disebabkan oleh panas, tekanan, atau deformasi yang terkait secara mekanis.
- Tingkat getaran dan stabilitas mekanis pompa.
- Mode operasi pompa mulai terus menerus atau berhenti sesaat dan sebagainya.
- Karakteristik cairan.



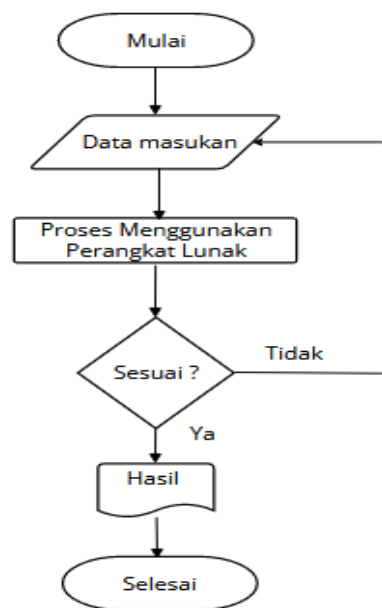
**Gambar 2.** Penampang Mechanical Seal.

Telah dilakukan penelitian tentang mechanical seal dengan membandingkan tipe ANSI/plan 11, 21, 23 terhadap cairan pendingin pada *mechanical seal* yang efektif [1]. Adanya partikel padat asing yang masuk diantara *rotor / rotary* dan *stator / stationary* sehingga terjadi *scratch* [2].

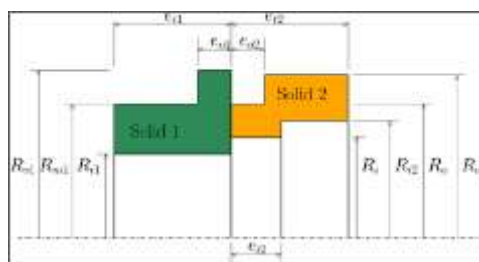
Pengelompokan kerusakan, perbaikan dasar perancangan, *fishbone* penguasaan teknologi dan pengaruh faktor eksternal *mechanical seal* [3]. Analisis rotor dan *stator mechanical seal* menggunakan ANSYS [4]. Analisis kebocoran secara eksperimen terhadap *mechanical seal B-104/GY70* menggunakan *orthogonal test* [5].

## 2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan simulasi berbantuan program komputer seperti terlihat pada diagram alir pada Gambar 3. Untuk dimensi desain *mechanical seal* dapat dibuat sesuai Gambar 4.



Gambar 3. Diagram alir simulasi *mechanical seal*.



Gambar 4. Dimensi *Mechanical Seal*

Data masukan berupa dimensi utama dari *mechanical seal*, yaitu :

D1 = Diameter dalam komponen bergerak (*rotor*) sebesar 50 mm

D2 = Diameter dalam komponen diam (*stator*) sebesar 52 mm

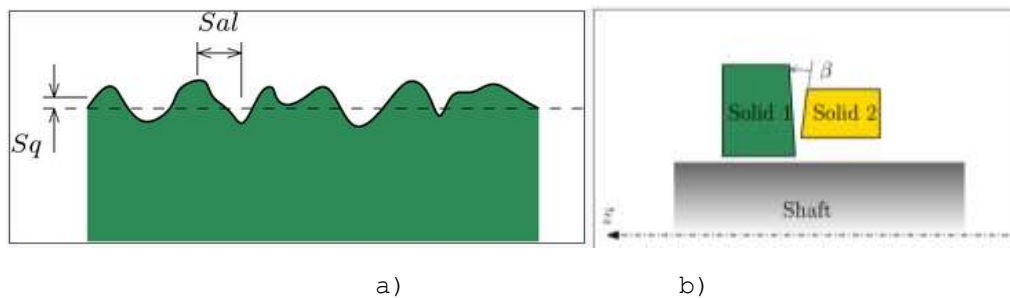
Serta data pendukung lainnya agar dapat diproses oleh perangkat lunak, sesuai Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Masukan Dimensi Mechanical Seal.

Variable	Solid 1	Variable	Solid 2
	(Rotor) (mm)		(Stator) (mm)
Ri1	25	Ri	26
Rm1	29	Ri2	28
Ro1	33	Ro	29
ei1	12	Ro2	33
eo1	5	et2	12,5
		ei2	6,5
		eo2	2,5

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil pembahasan dimulai pada kondisi permukaan yang terjadi pada komponen berputar (*rotor*) dan komponen diam (*stator*) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.



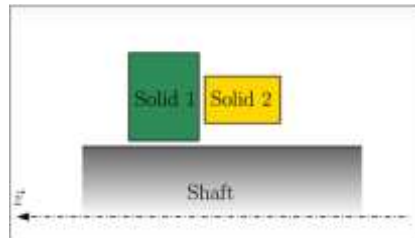
**Gambar 5.** a) Permukaan Kontak b) Bagian Solid 1 (*rotor*), Solid 2 (*Stator*), Shaft / Poros.

Dengan asumsi data masukan lainnya seperti pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kondisi permukaan desain.

Surface	Roughness	Face Options	value
RMS (mm)	$1.5 \times 10^{-4}$ mm	Beta	0 derajat
Correlation Leangth Sal	$1 \times 10^{-2}$ mm	Spiral Grooves	No
Dry Friction	0,1	Weavines	No

Kemudian dengan hasil dari Tabel 2, dapat menghasilkan Gambar 6 dan Tabel 3. Gambar 6 merupakan susunan rotor, stator dan poros. Desain telah melibatkan *surface, roughnes, face opetion*, serta menghasilkan Tabel 3, merupakan spesifikasi dari rotor dan stator.

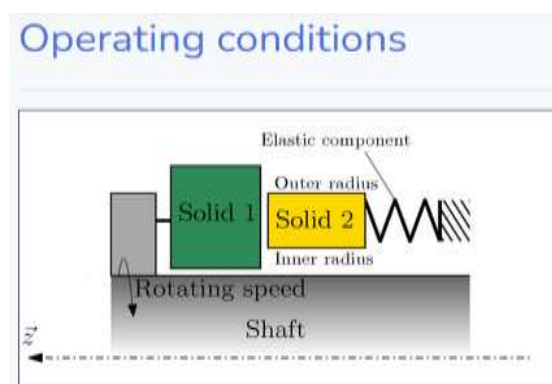


**Gambar 6.** Posisi rotor, stator, poros.

**Tabel 3.** Spesifikasi rotor dan stator.

	Rotor	Stator
Deskripsi		
Material	Silicon Carbide	Carbon Graphite
Thermal Conductivity (W/m.K)	150	10
Density (kg/m <sup>3</sup> )	3100	1800
Thermal Capacity (J/kg.K)	670	470
Elastic Modulus (Pa)	400 x 10 <sup>9</sup>	20 x 10 <sup>9</sup>
Poissson Ratio	0,17	0,2
Expansion Coef (1/K)	4,3 x 10 <sup>-6</sup>	4,0 x 10 <sup>-6</sup>

Sehingga dapat dibentuk dengan perangkat lunak seperti pada Gambar 7.

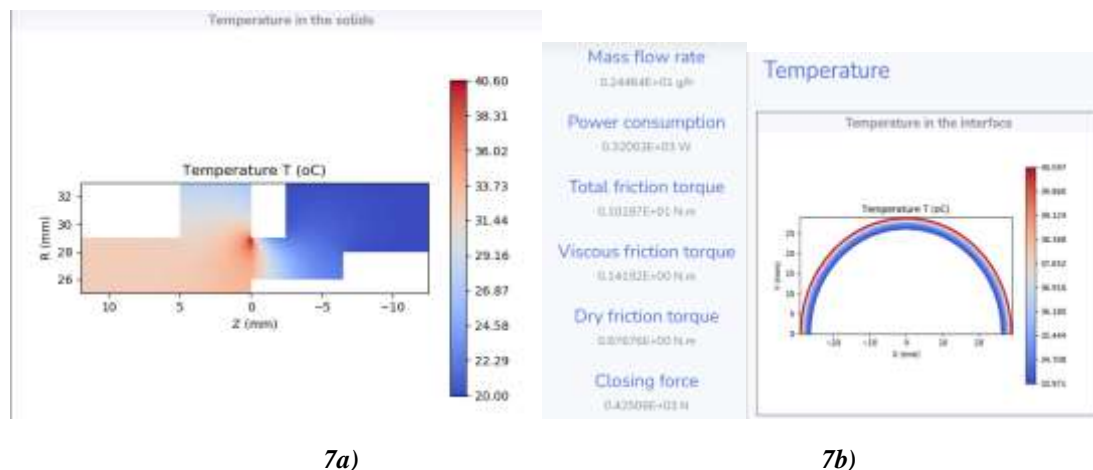


**Gambar 7.** Penampang Mechanical Seal.

Pada Gambar 7 merupakan penampang mechanical seal dilengkapi dengan pegas (elastic component) dan pegangan terhadap rotor ke poros. Tabel 4 hasil dari perhitungan kondisi mekanis dan kondisi lingkungan.

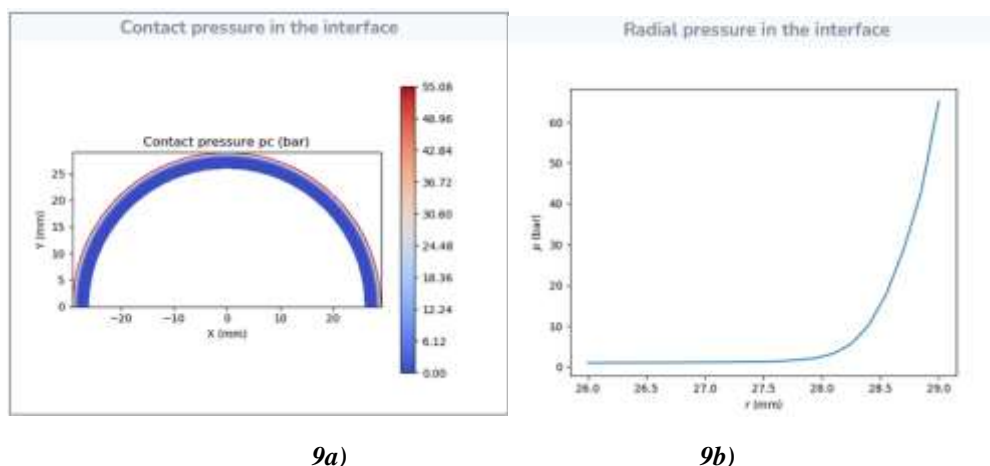
**Tabel 4.** Kondisi Mekanis dan kondisi lingkungan.

Mechanical Conditions	Surrounding Conditions		
Ring in rotation	Solid 1	Absolute at outer radius (Bar)	10
Initial Force of Elastic Component (N)	0	Absolute Pressure at inner radius (Bar)	1
Stiffness of elastic component (N/m)	0	Temperatur at outer radius (Celcius)	20
Rotating Speed	3000	Temperatur at inner radius (Celcius)	20
Imposed mechanical parameter	Balance Ratio B		
Balance Ratio B	0,8		
Expansion Coef (1/K)	$4,3 \times 10^{-6}$		



**Gambar 8.** a. Temperatur pada bagian rotor (kiri) dan stator (kanan)  
 b. Distribusi temperatur pada bagian radial rotor

Pada Gambar 8.a, terdapat nilai temperatur terbesar adalah pada pertemuan berupa gesekan antara solid 1 (rotor) dan solid 2 (stator) sebesar 40,60 °C. Dengan torsi gesek kering (*dry friction torque*) sebesar 0,87676 Nm. Pada Gambar 8.b, terdapat nilai temperatur terbesar di sepanjang bagian luar rotor dengan temperatur 40,597 °C dan nilai terendah pada bagian dekat poros pompa sebesar 33,971 °C.



**Gambar 9.** a) Nilai tekanan kontak permukaan (*contact pressure interface*,  
b) Nilai tekanan terhadap jari-jari rotor

Pada Gambar 9.a dan 9.b, nilai tekanan kontak permukaan sebesar 55,08 bar pada daerah radius 29 mm rotor. Pada daerah stator nilai film thickness  $h$  pada posisi jari-jari sebesar radius,  $r_i = 26$  mm dengan  $h = 0,001836$  mm.

#### 4. KESIMPULAN

Perhitungan dengan simulasi mechanical seal untuk pompa sentrifugal, dimana sistem pendingin mampu mendinginkan panas berlebih yang dihasilkan dari gesekan material silikon karbit dengan karbon grafit. Panas berlebih ini tidak terjadi karena ditanggulangi oleh gesekan secara basah (*wet running*) dengan pelumas air dari cairan/air yang dipompakan oleh pompa sentrifugal, serta putaran poros yang sesuai kecepatannya dan penekanan pegas yang tidak besar. Dari pengalaman kerusakan mechanical seal diketahui bahwa kebocoran terjadi akibat patahnya ring di suatu bagian, biasanya pada awal kerusakan mechanical seal terjadi kerusakan terjadi akibat adanya panas yang tinggi pada permukaan gesek membuat pelemahan ikatan dari butir-butir material yang bersinggungan dan laju ekspansi thermal yang berbeda akibat pendinginan yang tidak merata membuat bending momen pada permukaan gesek, dikombinasi dengan adanya getaran pada permukaan gesek sehingga menginisiasi terjadinya retak pada batas butir. Bersamaan dengan naiknya temperatur dan tekanan maka retak tersebut terpropagasi dan menyebabkan material rotor dan stator menjadi patah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saragih, SA. Analisa Pengaruh Jenis Mechanical Seal terhadap Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal. LONTAR Jurnal Teknisi Mesin Undana. 2018;1(2):66-71.
- [2] Hananto, AW, Anugrah, VY, dan Tjahyono, S. Analisa kerusakan mechanical seal type 48 lp pada pompa sentrifugal g-202-06-b di high vacuum unit (hvu iii/plant I) pt x. Seminar

- Nasional Teknik Mesin. Politeknik Negeri Jakarta. Jakarta. 2013.
- [3] Kurniawan, Yudianto, Oyok. Kajian Kegagalan Kinerja Sil Mekanik Produksi Dalam Negeri, Seminar Nasional - XIII, RATMI-ITENAS. Bandung. 2014.
  - [4] Zhou, Xou et. al. "Research on Sealing Properties and its Influence Factors of Spherical Mechanical Seal Based on ANSYS."The Open Mechanical Seal Jurnal. 10 (2016);160-172.
  - [5] Dai, LuLing. "Study on Optimization of Operating Parameters of Contact Mechanical Seal Based on Orthogonal Test." ICEMCE 2021. 2137 (2021) 012043, IOP Publishing. Nanjing. 2021.