

PERANCANGAN SISTEM LUBRIKASI CIRCULATING LUBRICATION PADA BEARING PRIMARY AIR FAN BURNER KILN

Ashari Nur Faisal ¹⁾ ✉, Nugrah Rekto Prabowo ²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin,
STT Wiworotomo Purwokerto
Jl. Semangkir No. 1 Purwokerto, Jawa
Tengah, INDONESIA - 53134
ashari.nurfaisal123@gmail.com

²⁾ Mechanical Engineering Department,
STT Wiworotomo Purwokerto
Jl. Semangkir No. 1 Purwokerto, Jawa
Tengah, INDONESIA - 53134
rektoprabowo@gmail.com

Abstract

The Primary Air Fan plays a crucial role in the combustion process within the kiln system of the cement industry, supplying primary air required for fuel combustion. The existing bearing lubrication system, which uses bath lubrication, has proven to be ineffective in maintaining stable operating temperatures. As a result, bearing temperatures have reached up to 95°C, significantly reducing the bearing's service life and increasing the frequency of replacements. This study aims to design a circulating lubrication system for the Primary Air Fan bearing that effectively reduces operating temperature and extends bearing lifetime. The methodology includes literature review, identification of system requirements, heat transfer calculations using a plate heat exchanger, selection of a circulation pump, oil filter, and the design of the piping system. The design process is supported by technical analysis and thermal performance evaluation before and after modification. The results show that the circulating lubrication system successfully reduces bearing temperature to within the recommended limits. This improvement enhances lubrication efficiency and lowers the risk of bearing failure due to overheating. Post-installation evaluations indicate a significant extension of bearing lifespan and a reduction in the frequency of annual bearing replacements. Implementing a circulating lubrication system on the Primary Air Fan bearing is an effective solution to stabilize operating temperature, improve machine reliability, and prevent potential unplanned kiln breakdowns.

Keywords: primary air fan, bearing, heat exchanger

1. PENDAHULUAN

Kiln merupakan suatu alat yang berbentuk tabung berongga yang mempunyai kemiringan tertentu, yang berperan dalam proses pemanasan bahan homogen (Raw material) dengan temperatur $\pm 1450^{\circ}\text{C}$. Salah satu equipment penting untuk proses pembakaran bahan bakar pada burner kiln yaitu Primary Air Fan. Fungsi Primary Air Fan yaitu menyediakan udara yang diperlukan untuk pembakaran bahan bakar pada kiln. Kebutuhan udara yang cukup tinggi pada proses pembakaran bahan bakar maka digunakan High Speed Fan dengan kecepatan mencapai 3000 rpm.

Sistem pelumasan bearing existing pada Primary Air Fan menggunakan sistem bath lubrication pada bearing fan dimana sistem pelumasan tersebut kurang efektif karena operating temperature bearing fan tinggi mencapai 95°C yang dapat menyebabkan penurunan lifetime bearing fan dan kerusakan pada bearing. Lifetime bearing fan menurut manual book dapat mencapai 5 tahun, karena operating temperature bearing yang tinggi maka dilakukan penggantian bearing setiap tahunnya dikarenakan kerusakan bearing yang sudah melebihi batasan standarnya. Pada tahun 2021 bearing fan mengalami penggantian bearing 2x selama satu tahun karena bearing fan sudah mengalami keausan melebihi standart.

Hal ini dapat menyebabkan unplanned breakdown kiln jika operating temperature bearing melebihi batasannya. Maka diperlukan perancangan sistem pelumasan bearing primary air fan yang lebih efektif untuk menurunkan operating temperature dan menambah lifetime pada bearing Primary Air Fan. Perancangan ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pelumasan sirkulasi (*circulating lubrication system*) pada bearing Primary Air Fan di area burner kiln. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan operasi peralatan dengan menjaga temperatur pelumas tetap stabil, mengoptimalkan pendinginan oli, serta mengurangi risiko kerusakan bearing akibat kekurangan pelumasan. Selain itu, rancangan sistem ini bertujuan untuk memperpanjang umur pakai komponen dan mengurangi frekuensi perawatan tak terencana.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem pelumasan sirkulasi lebih bagus dibandingkan dengan pelumasan celup karena oli pelumas mengalami pendinginan dan penyaringan sehingga oli pelumas menjadi konsisten dan dapat menjaga temperature bearing fan, vibarasi bearing fan dan menambah lifetime bearing fan ^[1,2,3,4], dan perhitungan untuk pemilihan plate heat exchanger yang digunakan pada sistem pelumasan bearing fan. ^[5]

2. METODE DAN DASAR PERANCANGAN

2.1. Dasar Perancangan Heat Exchanger

Berikut Dasar Perancangan Plate Heat Exchanger ^[6]

1. Menghitung neraca energi

Langkah pertama dalam perancangan adalah menghitung neraca energi

$$Q = Q_{oli} = Q_{air} \quad (1)$$

$$Q_{oil} = \dot{m}_{oli} \times C_{p\ oli} \times (T_{hi} - T_{ho}) \quad (2)$$

Dan,

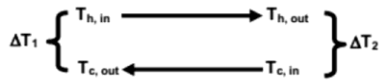
$$Q_{air} = \dot{m}_{air} \times C_{p\ air} \times (T_{co} - T_{ci}) \quad (3)$$

Dimana:

- Q = Laju perpindahan panas pada oli (W)
 $\dot{m}_{oli}$ & $\dot{m}_{air}$ = Laju alir massa pada air dan oli (kg/s)
 C_{Poli} & C_{Pair} = Panas spesifik pada oli dan air (J/kg.K)
 T_{hi} = Temperatur oli masuk (K)
 T_{ho} = Temperature oli keluar (K)
 T_{ci} = Temperatur air masuk (K)
 T_{co} = Temperatur air keluar (K)

2. Menghitung beda temperature rata-rata logaritmik

Persamaan dari perhitungan perbedaan temperature logaritmik rata-rata pada aliran berlawanan arah.



Gambar 1. Analogi aplikasi aliran berlawanan arah

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{hi} - T_{co}) - (T_{ho} - T_{ci})}{\ln \frac{(T_{hi} - T_{co})}{(T_{ho} - T_{ci})}} \quad (4)$$

3. Mencari faktor koreksi temperature rata-rata logaritmik

Nilai faktor koreksi (F_t) adalah perbedaan suhu rata-rata dengan perbedaan suhu logaritmik. Nilai factor koreksi pada PHE dicari berdasar niali *dimensionless temperature effectiveness* (P) dan (R)

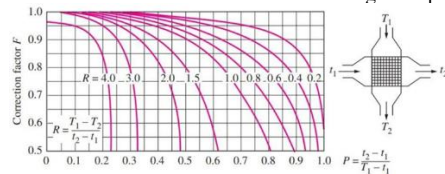
$$P = \frac{(T_{co} - T_{ci})}{(T_{hi} - T_{ci})} \quad (5)$$

$$R = \frac{(T_{hi} - T_{ho})}{(T_{co} - T_{ci})} \quad (6)$$

Dimana:

P = *dimensionless temperature effectiveness*

R = rasio minimum dan maksimum tingkat kapasitas panas dari dua fluida.



Gambar 2. Correction Factor PHE cross Flow

4. Menghitung nilai perbedaan koreksi temperature rata-rata

Nilai *correction mean temperature difference* dapat dicari menggunakan persamaan berikut. Dimana F_t adalah factor koreksi

$$\Delta T_M = F_t \times \Delta T_{LM} \quad (7)$$

5. Menentukan nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh

Tabel 1. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Heat Exchanger

Hot Fluid	Cold Fluid	U (W/m ² °C)
<i>Heat exchangers</i>		
Water	Water	800-1500
Organic solvents	Organic solvents	100-300
Light oils	Light oils	100-400
Heavy oils	Heavy oils	50-300
Gases	Gases	10-50
<i>Coolers</i>		
Organic solvents	Water	250-750
Light oils	Water	350-900
Heavy oils	Water	60-300
Gases	Water	20-300
Organic solvents	Brine	150-500
Water	Brine	600-1200
Gases	Brine	15-250
<i>Heaters</i>		
Steam	Water	1500-4000
Steam	Organic solvents	500-1000
Steam	Light oils	300-900
Steam	Heavy oils	60-450
Steam	Gases	30-300
Dowtherm	Heavy oils	50-300
Dowtherm	Gases	20-200
Flue gases	Steam	30-100
Flue	Hydrocarbon vapors	30-100
<i>Condensers</i>		
Aqueous vapors	Water	1000-1500
Organic vapors	Water	700-1000
Organics (some noncondensables)	Water	500-700
Vacuum condensers	Water	200-500
<i>Vaporizers</i>		
Steam	Aqueous solutions	1000-1500
Steam	Light organics	900-1200
Steam	Heavy organics	600-900

6. Menghitung luas perpindahan panas
Menghitung nilai luas perpindahan panas

$$A = \frac{Q}{U \times \Delta T_M} \quad (8)$$

Dimana:

- Q = laju perpindahan panas (W)
A = luas perpindahan panas (m²)
U = Koefisien perpindahan panas keseluruhan (W/m².K)
 ΔT_M = Perhitungan perbedaan koreksi temperature rata-rata (K)

7. Menentukan dimensi *Plate Heat exchanger*

Dimensi *plate heat exchanger* penentuannya berdasarkan standar desain spesifikasi *plate heat exchanger* berupa ketebalan pelat, jarak pelat, area efektif pelat, lebar pelat, Panjang pelat, diameter port dan *area enlargement factor*.

8. Menghitung Jumlah Pelat

Persamaan perhitungan jumlah pelat dapat dituliskan seperti di bawah ini. Dimana A_{ef} adalah area efektif pelat (m²)

$$N_{plat} = \frac{A}{A_{ef}} \quad (9)$$

9. Menghitung jumlah channel tiap pass

Persamaan perhitungan jumlah *channel* tiap pass dapat dituliskan seperti di bawah ini. Dimana N adalah banyaknya jumlah aliran *pass*.

$$N_{ctp} = \frac{(N_{plat}-1)}{2N} \quad (10)$$

10. Menghitung area cross sectional

Persamaan perhitungan *Area channel-cross sectional* dapat dituliskan seperti di bawah ini.

$$A_{ch} = d \times W \quad (11)$$

Dimana:

- A_{ch} = *area cross sectional* (m²)
d = jarak antar pelat (m)
W = lebar pelat (m)

11. Menghitung diameter ekuivalen

Persamaan perhitungan diameter ekuivalen dapat dituliskan seperti di bawah ini.

$$d_e = \frac{2d}{\phi a} \quad (12)$$

Dimana:

- d_e = diameter ekuivalen (m),
d = adalah jarak antar pelat (m),
 ϕa = *area enlargement faktor* (1,1-1,25)

12. Menghitung plate coefficient panas dan dingin

- 1) Menghitung kecepatan channel

Persamaan perhitungan kecepatan *channel* dapat dituliskan seperti di bawah ini.

$$u_p = \frac{\dot{m}}{\rho \times A_{ch} \times N_{ctp}} \quad (13)$$

Dimana:

- u_p = kecepatan channel fluida oli dan air (m/s),
 ρ = massa jenis oli dan air (kg/m³)

- 2) Menghitung bilangan Reynold

Persamaan perhitungan bilangan Reynold dapat dituliskan seperti di bawah ini

$$Re = \frac{\rho \times u_p \times d_e}{\mu} \quad (14)$$

Dimana

- μ = viskositas baik untuk oli atau air (kg/m.s)

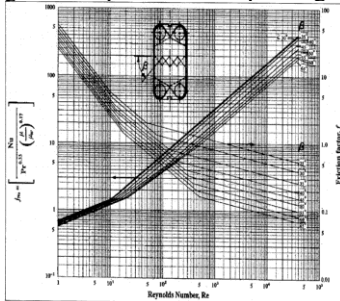
3) Menghitung bilangan Prandtl

Dimana c_p adalah panas spesifik fluida baik oli atau air (J/kg.K)

$$Pr = \frac{c_p \mu}{k} \quad (15)$$

4) Colburn factor

Hasil percobaan biasa dinyatakan dengan korelasi bertipe $JNu = f(Re)$, dimana parameter korelasinya bergantung pada geometri pelat. Faktor penting korelasi adalah *corrugation angle*.



Gambar 3. Plate heat exchanger *f*- and *j*-factors

Gambar diatas Menunjukkan grafik dari Re terhadap korugasi pelat pada parameter sudut tertentu.

5) Menghitung plate film coefficient

Persamaan perhitungan *Plate film coefficient* oli dapat dituliskan seperti di bawah ini. Dimana h_p adalah koefisien *plate film* oli dan air (W/m². K), J_{Nu} adalah nilai *Colburn factor*, dan K adalah nilai konduktivitas termal baik dari oli maupun air (W/m.K).

$$h_p = J_{Nu} \times \left(\frac{k}{d_e}\right) \times PR^{\frac{1}{3}} \quad (16)$$

13. Menghitung koefisien perpindahan panas kotor keseluruhan

Perhitungan mencari nilai koefisien perpindahan panas kotor keseluruhan (U_d), diperlukan data mengenai nilai *fouling factor* oli, air, dan material pelat yang didapatkan dari buku “*Chemical Engineering Design*” (Towler & Sinnott, 2008).

Perhitungan koefisien perpindahan panas kotor keseluruhan dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{h_{p,air}} + \frac{1}{h_{p,oli}} + \frac{t}{k_w} + \frac{1}{f_{air}} + \frac{1}{f_{oli}} \quad (17)$$

Dimana:

u_d = koefisien perpindahan panas kotor keseluruhan (W/m². K)

h_p = *plate film coefficient* fluida oli dan air (W/m². K),

f_{air} dan f_{oli} = *fouling factor* air dan oli (W/m². K),

t = tebal pelat dan k_w adalah material pelat (W/m.K)

14. Menghitung koefisien perpindahan bersih keseluruhan

Perhitungan koefisien perpindahan panas bersih keseluruhan dapat dituliskan dalam persamaan berikut. Dimana u_c adalah koefisien perpindahan panas bersih keseluruhan (W/m². K)

$$\frac{1}{U_c} = \frac{1}{h_{p,air}} + \frac{1}{h_{p,oli}} + \frac{t}{k_w} \quad (18)$$

15. Menghitung faktor kekotoran (R_d)

Persamaan untuk menghitung faktor kekotoran

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} \quad (19)$$

16. Menghitung pressure drop pada fluida panas dan dingin

Persamaan perhitungan *Pressure drop* dapat dituliskan seperti dibawah ini

1) Mencari nilai friction factor fluida oli dan air

Friction factor merupakan suatu istilah yang menggambarkan faktor gesekan fluida yang melalui pelat. Nilai *friction factor* dicari menggunakan grafik yang tertera pada Gambar 2.34 baik untuk fluida oli dan air dan nilai nya bergantung pada geometri sudut korugasi pelat serta bilangan Reynold.

2) Menghitung pressure drop pelat pada fluida oli dan air

$$\Delta P_p = \frac{4 \times f \times L_e \times N \times \rho \times u_p^2}{2 \times d_e} \quad (20)$$

Dimana:

ΔP_p = *pressure drop* pelat pada oli dan air (N/ m²)

L_e = Panjang efektif (m)

f = *friction factor*.

3) Menghitung area of port fluida oli dan air

$$A_p = \pi \times \frac{d_p^2}{4} \quad (21)$$

Dimana:

A_p = area of port (m²)

d_p = diameter port (m).

4) Menghitung laju massa pada port fluida oli dan air

$$G_p = \frac{4 \times \dot{m}}{\pi \times d_p^2} \quad (22)$$

Dimana

G_p = laju massa pada port kedua fluida tersebut (kg/s. m²)

- 5) Menghitung kecepatan yang melewati port fluida panas dan dingin

$$u_{p_{pt}} = \frac{\dot{m}}{\rho \times A_p} \quad (23)$$

Dimana

$u_{p_{pt}}$ = kecepatan yang melewati port pada fluida oli dan air (m/s)

A_p = area port (m²).

- 6) Menghitung pressure drop pada fluida oli dan air

$$\Delta P_{pt} = \frac{1.5 \times N \times G_p^2}{2 \times \rho} \quad (24)$$

Dimana

ΔP_{pt} = pressure drop port pada fluida air dan oli (N/ m²)

- 7) Menghitung total pressure drop pelat dan port pada fluida oli dan air

$$\Delta P = \Delta P_p + \Delta P_{pt} \quad (25)$$

17. Menghitung total pressure drop keseluruhan fluida panas dan dingin

Perhitungan ini digunakan untuk mengetahui total *pressure drop* dari fluida panas (oli) dan fluida pendinginnya (air).

$$\Delta P = \Delta P_{oli} + \Delta P_{air} \quad (26)$$

18. Menghitung efektivitas plate heat exchanger

Perhitungan efektivitas dari *plate heat exchanger* dicari terlebih dahulu nilai rasio dari minimum dan maksimum tingkat kapasitas panas dari dua fluida (17). Perhitungan untuk mengetahui C_{min} dan C_{max} adalah melakukan perkalian $\dot{m}_{cp}$ pada dua fluida sehingga yang hasilnya kecil maka itu C_{min} .

$$R = \frac{C_{min}}{C_{max}} \quad (27)$$

$$NTU = \frac{U \times A}{C_{min}} \quad (28)$$

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-(1-R)NTU]}{1 - R \times \exp[-(1-R)NTU]} \quad (29)$$

2.2. DASAR PERANCANGAN POMPA OLI

1. Perhitungan daya pompa dan pemilihan pompa [7]

- 1) Kapasitas Pompa

Kapasitas pompa dapat dihitung menggunakan rumus berikut

$$Q = V \times A \quad (30)$$

- 2) Daya Pompa

Daya pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan oli pelumas pada sistem dan kebutuhan untuk pelumasan sesuai spesifikasi yang sudah ditentukan yaitu sebagai berikut:

$$P = \frac{H_{pump} \times Q \times \rho \times g}{\eta} \quad (31)$$

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1.

Data Awal Perancangan

Dalam merancang sistem sirkulasi pelumasan pada bearing fan, dibutuhkan data awal yang berfungsi sebagai landasan dalam proses perhitungan serta pemilihan komponen. Data ini mencakup spesifikasi teknis bearing, kondisi kerja fan, hingga karakteristik fluida pelumas yang akan digunakan.

Tabel 2. Data Awal Perancangan Sistem Lubrikasi *Bearing Fan*

No	Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Kecepatan putar fan	2980	Rpm	Spesifikasi pabrikan fan
2	Daya poros	171,1	kW	Spesifikasi pabrikan
3	Jenis bearing	Spherical Roller Bearing	-	Bearing untuk poros fan
4	Diameter dalam bearing	160	mm	Spesifikasi pada pabrikan fan
5	Diameter luar bearing	90	mm	Spesifikasi pada pabrikan fan
6	Operating temperature bearing	90	°C	Rata-rata suhu kerja bearing
7	Temperature oli pelumas	60-70	°C	Rata-rata suhu oli pelumas
8	Temperature oli keluar dari Heat Exchanger yang dikehendaki	40	°C	Estimasi suhu oli keluar dari Heat Exchanger
9	Suhu air pendingin	33	°C	Suhu air yang ada dipabrik

10	Jenis oli pelumas	ISO VG 68 dengan base oil Synth PAO	-	Digunakan untuk sistem sirkulasi
11	Viskositas kinematis @40°C	68,09	cSt	Data fluida pelumas
12	Densitas oli	855	kg/m ³	Data fluida pelumas
13	Kapasitas panas oli	2100	J/kg.K	Data fluida pelumas

3.2.

Perancangan Plate Heat Exchanger

Untuk kebutuhan pada sistem pelumasan bearing fan, hasil perhitungan menunjukkan bahwa diperlukan heat exchanger dengan kapasitas panas minimum sekitar 1,054 kW dan luas area perpindahan panas sekitar 0,9 m². Fluida kerja yang digunakan memiliki debit massa oli relatif kecil, sehingga pressure drop yang terjadi tergolong rendah.

Mengacu pada karakteristik tersebut dan mengingat bahwa heat exchanger ini akan diaplikasikan pada peralatan yang bersifat kritikal, maka dipilih unit Hydac HEX S522-190-00-GI-1 ½. Alat ini dipilih dengan pertimbangan berikut:

1. Memiliki kapasitas yang jauh melebihi kebutuhan aktual, sehingga mampu memberikan margin keamanan yang besar serta mengakomodasi fluktuasi beban di masa depan.
2. Jumlah pelat yang banyak (190 pelat) memberikan fleksibilitas dan kemampuan penukaran panas yang tinggi.
3. Material dan konstruksi unit memenuhi standar industri, sehingga cocok untuk operasi berkelanjutan dan tahan terhadap lingkungan kerja yang berat.
4. Port dengan diameter 1.5 inch masih mencukupi untuk laju aliran oli yang rendah, dengan estimasi tekanan jatuh tetap dalam batas aman.

Dengan demikian, pemilihan Hydac S522-190-00-GI-1 ½ dinilai tepat untuk menjamin kinerja sistem yang andal, aman, dan stabil dalam jangka panjang.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Hydac S522

Parameter	Perhitungan design	Hydac S522
Kapasitas panas (Q)	1,92 kW	10 kW
Debit massa oli	0,0456 kg/s	3.5 kg/s
Area Perpindahan Panas	0,868 m ²	11,59 m ²
Jumlah Plate	35	190
Diameter Port	2 inch	1,5 inch
Area efektif per plat	0,025 m ²	0,061 m ²
Efektifitas termal	94%	>90% (estimasi)

3.3.

Perancangan Pompa Oli

Berdasarkan hasil perhitungan dapat dipilih jenis pompa gear dengan spesifikasi berikut:

Merkpompa : SPXFLOW
 Type : Gear pump TG L002-L-02V-NF-00
 Daya : 1,1 kW
 RPM : 1390
 Kapasitas : 5 Lpm
 Frekuensi : 50 Hz
 Pressure : 3 bar

3.4.

Perancangan Filter Oli

Data spesifikasi di bawah ini menjadi acuan utama dalam menentukan jenis *filter*, kapasitas *flow*, serta rating tekanan kerja dari komponen yang akan dipasang. Spesifikasi sistem pelumasan bearing fan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Data Acuan untuk Pemilihan Elemen Filter

Tekanan Kerja Sistem	0 – 5 bar
Tekanan Maksimum Pompa	5 bar
Flow Rate Pompa	5 Lpm
Viskositas oli SK Comp 4068	68 Cst
Jenis Aliran	Reversible

Berikut data rekomendasi pemilihan rating oil filter menurut standar ISO 4406 dan NAS 1638 dengan operating pressure 0 – 3 bar dapat ditentukan maximum contamination dengan standar ISO 4406 yaitu 18/15 dengan rating filtration yaitu 10 – 25 µm. [8,9]

Tabel 5. Recommended Degrees of Purity and Filter Level

Typical demands to components		Recommended maximum contamination		New (fresh) oil is not necessary clean oil !!! Typical range of contamination for fresh oil is approx. NAS 1638 - # 9		Filtration R_{a} ≥ 100 (absolute)
ISO 4406	NAS 1638	ISO 4406	NAS 1638	Pressure	Typical systems	
12/9	3	12/9	3	0-600 bar	Silt sensitive systems with very high demands for reliability of operation. Laboratories – space travel – airplanes – control systems	1-3 μm
15/12	6	14/11	5	0-400 bar	Servo systems, great accuracy, high pressure, long lifetime. Certain airplanes – tool machines – certain plastic machines – servo hydraulic systems – robots	3-5 μm
16/13	7	15/12	6	0-300 bar	Proportionate systems – flow regulation. Fast adjustable pumps. Hydrostatic systems – roller bearings – production machines in general – universal hydraulic systems	5-10 μm
18/15	9	16/13	7	0-250 bar	Ordinary directional valve – conventional mobile hydraulics	5-15 μm
18/15	9	17/14	8	0-250 bar	Components as above used in systems in which reliability and lifetime are not decisive parameters	10-15 μm
18/15	9	18/15	9	0-150 bar	Medium pressure systems in which some operations stops are acceptable – cylindrical gear drives – heavy duty hydraulics	15-25 μm
19/16	10	19/16	10	0-100 bar	Medium pressure systems in which components are specially designed for high contamination – heavy duty machinery	20-30 μm
20/17	11	20/17	11	0-80 bar	Low pressure systems as for instance winches with separate hydraulics for remote control and large tolerances – mining industry	25-40 μm
21/18	12	21/18	12	0-40 bar	Low pressure systems with directly manually operated valves – mining industry	40-50 μm

Pemilihan rating filter diatas, maka didapatkan jenis dan tipe filter dengan menggunakan data rekomendasi dari FluiTech, berikut table pemilihan jenis filter:

Tabel 6. Pemilihan Oil Filter menurut FluidTech

Typical application	Aerospace, test rigs	Aerospace, ind. Robotics	Ind. robotics, precision machine tools	High reliability ind. machines, hydrostatic transmissions	Industrial machines, earth moving machines	Mobile machines	Machines for heavy industry	Machines for agriculture systems not continuous service
Pumps and/or motors	-	Piston, variable > 21 MPa	Piston, variable < 21 MPa Vane, variable > 14 MPa	Pist./vane, variable < 14 MPa Pist./vane, fixed > 14 MPa	Pistons, fixed < 14 MPa Vane, fixed > 14 MPa	Vane, fixed gear > 14 MPa	Vane, fixed gear < 14 MPa	Vane, fixed gear < 14 MPa
Valves	Servovalves > 21 MPa	Servovalves < 21 MPa Proportional > 21 MPa	Proportional < 14 MPa Cartridge > 14 MPa	Cartridge < 14 MPa Solenoid > 21 MPa	Solenoid < 21 MPa	Solenoid > 21 MPa	Solenoid > 14 MPa	Solenoid > 14 MPa
Contamination class ISO 4406	15/13/10	16/14/11	17/15/12	18/16/13	19/17/14	20/18/15	21/19/16	22/20/17
Recommended UFI filter media	FA $R_{\text{90}} > 1.000$	FA - FB $R_{\text{90}} > 1.000$ $R_{\text{100}} > 1.000$	FB $R_{\text{90}} > 1.000$	FB - FC $R_{\text{90}} > 1.000$ $R_{\text{100}} > 1.000$	FC - FD $R_{\text{90}} > 1.000$ $R_{\text{100}} > 1.000$	FD $R_{\text{90}} > 1.000$	FD - CC $R_{\text{90}} > 2$	CC $R_{\text{90}} > 2$

Berdasarkan maka didapatkan pemilihan oil filter seperti berikut:

1) Housing Oil Filter (DF 4.221-B32-025-L2-P-S-N-5.02-2,0)

DF 4.221	B32	060	L2	V	H	BD	5.02-2.0
----------	-----	-----	----	---	---	----	----------

Makna kode housing filter yang digunakan DF 4.221-B32-025-L2-P-S-N-5.02-2,0 dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 7. Makna Kode housing Oil Filter FluidTech

Kode	Arti
DF	Jenis housing oil filter yaitu fluidtech double changeover filter
4.221	
B32	Nominal connection diameter/ukuran pemasangan DN
025	Menunjukkan rating filter / filter finness. 25 menunjukkan rating nominal filter yaitu 25 μm dan 60 μm absolute
L2	Menunjukkan Panjang keseluruhan filter. L2 menunjukkan ukuran standar
P	Menunjukkan sealing material yang dipakai yaitu NBR
H	Arah pemasangan housing oil filter secara inverted mounting
N	Tanpa pressure adjustment/limitation
5.02-2,0	Tipe indicator perbedaan pressure pada housing filter yaitu tipe 5.02

FE B	B32	060	L2	P
------	-----	-----	----	---

2) Oil Filter (FE B – B32 – 025 – L2 – P)

Makna kode oil filter yang digunakan FE B – B32 – 025 – L2 – P dijelaskan pada tabel dibawah ini:

Tabel 8. Makna Kode Elemen Filter FluidTech

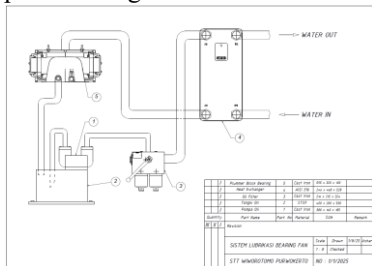
Kode	Arti
FE B	Jenis Elemen Filter yang digunakan untuk Elemen pada Housing Filter Double Changover Filter type 4.222
B32	Menunjukkan ukuran connector atau ukuran keseluruhan untuk tipe B terdiri dari 4 (20/32/50/80)
025	Menunjukkan rating filter / filter finness. 25 menunjukkan rating nominal filter yaitu 25 μm dan 60 μm absolute
L2	Menunjukkan Panjang keseluruhan filter . L2 menunjukkan ukuran standar

P

Menunjukkan sealing material yang dipakai yaitu NBR

3.5. Desain Sistem Pelumasan Bearing

Berikut desain sistem lubrikasi yang akan dibuat pada bearing fan 482-FN5 untuk pelumasan dan pendinginan pada bearing fan.



Gambar 4. Desain sistem sirkulasi pelumasan bearing fan 482-FN5

3.6. Evaluasi Temperature Bearing

Setelah dilakukan instalasi pada sistem pelumasan circulating lubricant pada bearing fan 482-FN5, operating temperature bearing fan mengalami penurunan sebesar 16,5°C dari 90°C ke 73,5°C pada bearing Motor Side dan pada bearing Free Side sebesar 16°C dari 87°C ke 71°C.



Gambar 5. Temperature Bearing Fan 482-FN5 Motor Side *setelah instalasi*



Gambar 6. Temperature Bearing Fan 482-FN5 Free Side *setelah instalasi*



Gambar 7. Temperature Oil Inlet Heat Exchanger



Gambar 8. Temperature Oil Outlet Heat Exchanger



Gambar 9. Temperature Water Inlet Heat Exchanger



Gambar 10. Temperature Water Outlet Heat Exchanger

3.7. Dampak Terhadap Lifetime Bearing

Berdasarkan Operasional Normal Umur dari bearing fan 482-FN5 yaitu 5 tahun. Jika penurunan temperature pada Circulating Lubricant mencapai 10°C maka penambahan Life Time dari Bearing Fan yaitu ½ dari umur Lifetime.

Diketahui:

Penurunan operating temperature bearing fan 482-FN5 = 16 °C

Lifetime Bearing Primary Air Fan 482-FN5 = 5 tahun

Dijawab :

Penurunan $10\text{ }^{\circ}\text{C} = \frac{1}{2} \times \text{life time}$, jika penurunan suhu bearing mencapai $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ maka perhitungan penambahan lifetime menjadi $= \frac{3}{4} \times \text{lifetime}$

$\frac{3}{4} \times 5 \text{ tahun} = 3,75 \text{ tahun}$

Maka Extend Lifetime dari penurunan temperature sebesar $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada Baring Fan 482-FN5 mencapai 3,75 tahun.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Perancangan Sistem Pelumasan Bearing Primary Air Fan 482-FN5 dari bath lubrication ke circulating lubrication, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pelumasan baru berhasil dirancang dengan konsep *circulating lubrication* yang terdiri dari unit pompa, filter oli, *plate heat exchanger*, dan sistem perpipaan tertutup. Sistem ini lebih efektif dibandingkan metode *bath lubrication* sebelumnya karena mampu mengalirkan oli secara kontinu dan menjaga kualitas pelumasan secara konsisten.
2. Implementasi sistem ini terbukti mampu menurunkan suhu operasi bearing secara signifikan, dari sebelumnya mencapai 95°C menjadi $73,5^{\circ}\text{C}$. Penurunan temperatur ini berkontribusi terhadap peningkatan usia pakai (*lifetime*) bearing, dari sebelumnya hanya sekitar satu tahun menjadi mendekati standar ideal yaitu lima tahun.
3. Dengan stabilnya suhu operasi bearing dan meningkatnya keandalan pelumasan, sistem ini berfungsi secara preventif dalam mencegah terjadinya *unplanned breakdown* pada kiln. Hal ini sangat penting mengingat peran krusial Primary Air Fan dalam proses pembakaran bahan bakar di kiln, sehingga perancangan ini turut meningkatkan kontinuitas dan efisiensi proses produksi semen secara keseluruhan.

PERNYATAAN TERIMA KASIH

Melalui pernyataan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pembimbing Drs. Nugrah Rekto Prabowo ST., MT yang telah membantu penulis dalam merampungkan artikel pada Jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nenad M. KOLAREVIJ. 2025. *Optimization Of The Lubrication Conditions For Minimization Of The Operating Temperature Of The High-Speed Ball Bearings*. University of Belgrade. THERMAL SCIENCE: Year 2025, Vol. 29, No. 4A, pp. 2729-2741
- [2] Mian Zhang. 2023. *Analysis of Circulation Characteristics and Heat Balance of High-Speed Rolling Bearing under Oil-Air Lubrication*. Henan University of Science and Technology. Lubricants 2023, 11, 136
- [3] Rama Noval Adhuputra Rasmana, Yuli Mafendro D.E.S. 2021. Modifikasi Sistem Pelumasan *Bearing Support Roller* 464-KR2 dalam Penurunan Temperatur Bearing. Politeknik Negeri Jakarta. Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin. p1187-p1194 .eISSN 2685-9319
- [4] Chih-Ming Chen. 2024. *Thermal Performance of a Ball Bearing System Operating at High Speed with a Circulating Oil Lubrication Module*. National Chin-Yi University of Technology. Sensors and Materials, Vol. 36, No. 8 (2024) 3625–3636
- [5] Adistia Prajani, Sri Wuryanti, Ratu Fenny Muldiani. 2024. *Perancangan Plate Heat Exchanger Untuk Pendinginn Oli Penggerak MSV dan Control Valve Turbin PLTU*. Politeknik Negeri Bandung. *Prosiding the 15th Industrial Research Workshop and National Seminar* 473-478. Bandung, 24 – 25 Juli 2024.
- [6] Towler & Sinnott. 2008. *Chemical Engineering Design*. Page 490-508
- [7] A. Esposito. 2014. *Fluid Power With Application, 7th Edition*. Chapter 4 page 123-125
- [8] Hydac.GmBh, 2009. *HYDAC INTERNATIONAL FILTRATION TRAINING*.
- [9] Hydac Filter teknik GmBh, *Fluid Filters - Product Catalogue*. 2016. Page 28