

Simulasi Perpindahan Panas Pada Area *Rolling Mill Plate 1 Project* Menggunakan *Finite Element Method (FEM)*

M. Irwan Yusuf Donny Wijaya¹, M. Anis Mustaghfirin², Niki Veranda Agil Permadi³

Program studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1 2 3}

Email: muhammadirwan01@student.ppns.ac.id^{1*}; mustaghfirin@ppns.ac.id^{2*}; niki.veranda@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - Three-phase electric motors often experience overheating, which can affect their performance and reliability, especially in industrial applications. This overheating is usually caused by inefficient heat transfer between machine components such as the motor, shaft, and rolling plate. This study analyzes temperature distribution and cooling load in the rolling mill plate system using the Finite Element Method (FEM). Simulations were conducted with various meshing sizes (150 mm, 210 mm, 300 mm, 400 mm, and 500 mm) to evaluate their impact on temperature and cooling efficiency. The simulation results show that meshing size affects steady-state temperature and cooling rate, with the highest temperature recorded at 150 mm meshing and the lowest at 500 mm meshing. At 500 mm meshing, the component temperature decreased from 1000°C to 216°C, and the cooling load was reduced from 599 W/m² to 225 W/m². These findings indicate that larger meshing sizes provide more efficient cooling, highlighting the importance of meshing size selection in thermal analysis. This study supports the design of more optimal cooling systems to prevent overheating and improve the operational efficiency of electric motors.

Keywords: Cooling System, Finite Element Method (FEM), Heat Transfer, Overheating, Rolling Mill Plate, Thermal Simulation.

1. PENDAHULUAN

Motor listrik tiga fasa merupakan salah satu jenis motor induksi yang banyak digunakan pada peralatan industri yang membutuhkan penggerak dari energi mekanik seperti putaran motor. Motor induksi merupakan suatu mesin listrik yang berfungsi merubah energi listrik menjadi energi gerak. Sedangkan, Motor induksi terdiri dari stator dan rotor^{[1][2]}. Sedangkan motor listrik tiga fasa adalah alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dimana listrik yang diubah adalah listrik tiga fasa^{[2][5]}.

Berdasarkan kumparannya rotor motor induksi dibagi menjadi rotor sangkar dan rotor kumparan. Motor rotor sangkar memiliki karakteristik tahanan rotor tetap, arus start yang tinggi, dan torsi start rendah. Sedangkan motor rotor lilit memiliki karakteristik arus start yang kecil, torsi start tinggi, power faktor baik, serta memiliki kemungkinan untuk menghubungkan tahanan luar ke tahanan rotor melalui slip ring yang ada pada sikat. Kelebihan dari motor induksi tiga fasa adalah harganya yang ekonomis, menggunakan konstruksi yang kuat dan mempunyai efisiensi yang tinggi^{[2][4]}. Sedangkan untuk kekurangan motor induksi tiga fasa adalah kecepatan putar motor bergantung pada beban dan arus starting tinggi^{[2][6]}.

Penggunaan motor induksi tiga fasa juga mengalami beberapa kendala salah satunya *overheating*. *Overheating* terjadi ketika suhu pada motor naik secara signifikan akibat kondisi di area hot rolling yang panas. Sebagaimana yang telah disebutkan oleh penelitian Megger (2019), bahwa terjadi *overheating* karena

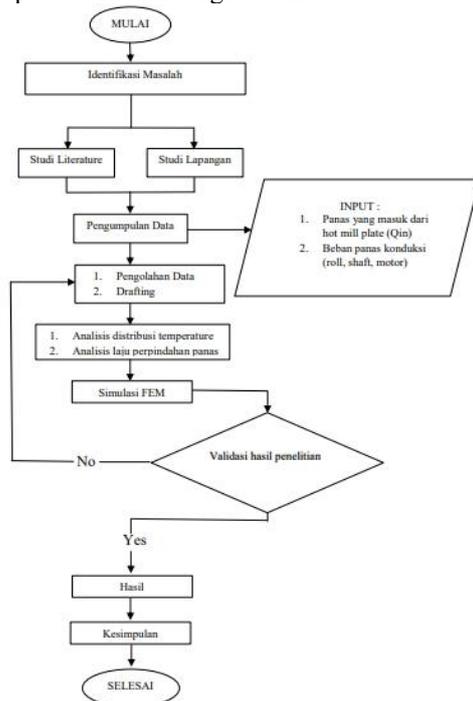
insulasi yang kurang baik sehingga menyebabkan *overvoltage*. Berdasarkan masalah tersebut, perlu adanya sistem pendinginan udara secara eksternal salah satunya dengan sistem *Air Handling Unit (AHU)*.

Sistem AHU memiliki Standar pengukuran *Air Quantity* i metode atau bahan dengan sifat terkenal yang digunakan untuk kalibrasi pengukuran, audit, dan pengujian kinerja, dan menjadi subjek penelitian Ini diklasifikasikan sebagai *Primary Standard Mixtures, Transfer (Secondary) Standard Mixtures, Reference Materials, Reference Materials, Calibration Standards Transfer, Performance Test Standards Transfer, Audit Standards Transfer* (Watson et al., 2013).

Perpindahan panas yang terjadi di dalam mesin *roll plate* merupakan persoalan kompleks karena melibatkan banyak parameter, sehingga penyelesaian persoalan perpindahan panas dalam mesin memerlukan asumsi asumsi untuk menyederhanakan permasalahan. Untuk masalah yang kompleks dapat dikerjakan dengan menggunakan metode numerik. Salah satu metode numerik yang dapat digunakan adalah Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*). Penggunaan metode tersebut sebagai salah satu upaya dalam pemenuhan standart pengukuran panas konduksi pada area *Motor Rolling Mill*. Oleh karena itu pihak konsultan atau kontraktor proyek harus memberikan data analisa perhitungan dan data simulasi kepada konsumen agar tidak terjadi salah perhitungan ketika dilapangan .

2. METODOLOGI

Alur penelitian ini sebagai berikut :



2.1 Data Perancangan

Data perancangan mencakup data primer dan data sekunder. Data primer meliputi data spesifikasi di area mesin rol plat, Sedangkan data sekunder adalah data kondisi perancangan. Kedua data tersebut diperlukan untuk memenuhi suhu standar yang ingin dicapai yaitu berada di sekitar 145° – 180°.

Data sekunder dalam penelitian ini adalah data spesifikasi material *roll* (Lampiran), *shaft* (Lampiran), dan data spesifikasi motor rol plat (Tabel 2.1).

MODEL	DXE 825-B5(PA)	POWER SUPPLY	380V/3 N~/50Hz
AHU No.	AHU-4	Pipe Orientation	L
Air Flow	57600m ³ /h	Esp	780 Pa
TSP	1128Pa	Rated Power /Power Input	30.00Kw/32.82 kW
Cooling Capacity	490.4kW	Heating Capacity	0.00kW
Dimensi	Refer To The Packing	Gross Weight	Refer To The Packing
Serial No.	Refer To Thebarcode	Date	Refer To The Barcode

2.2 Tahapan FEM

Desain simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi panas konduksi dari rolls, shaft sampai ke motor electric. Menurut Adiwiyata, (2017)

jika dalam simulasi masih terdapat kesalahan dapat kembali lagi ke tahap pengolahan data yaitu merubah desain area mill plate. Prosedur simulasi FEM adalah sebagai berikut :

- Studi Literatur dan Pengumpulan Data
- Pemodelan *Finite Element*
- Penerapan perkontakan & kondisi batas
- Kontak element
- Updating Geometry*
- Geometri baru
- Metode *Finite Element*
- Batas Maksimal
- Hasil Simulasi
- Kesimpulan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai Sistem Pengondisian Udara Pada *Project GDS 2 Plate Mill Revamp* Menggunakan *Finite Element Method* (FEM) dilakukan di PT. Gunawan Dianjaya Steel, Surabaya. Waktu penelitian dimulai pada bulan Januari – Juni 2024. Penelitian ini dilakukan dengan serangkaian kegiatan antara lain pengumpulan data panas konduksi, pengolahan data beban konduksi dan menghitung panas yang masuk dari *hot mill plate*, kemudian di simulasikan melalui aplikasi Inventor *Finite Element Method* (FEM). Serangkaian kegiatan tersebut akan dibahas lebih mendalam melalui pembahasan di bawah ini.

3.1 Permodelan Distribusi Panas Secara Konduksi

Permodelan distribusi panas dilakukan menggunakan metode FEM, dimana metode ini membagi bagian-bagian kompleks pada sistem pengondisian udara menjadi bagian – bagian yang lebih sederhana. Metode ini menggunakan beberapa perhitungan mengenai perpindahan panas secara konduksi. Permodelan ini melalui beberapa tahapan yaitu :

3.1.1 Pre-Processing

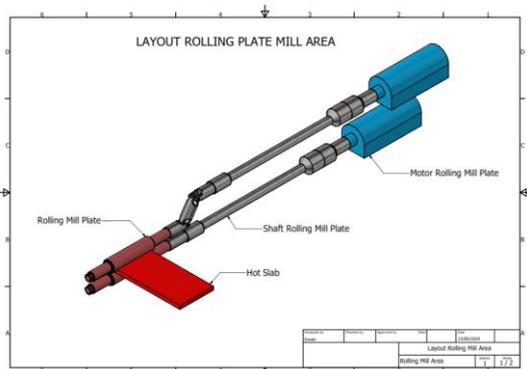
Pre-processing adalah tahapan awal dalam simulasi FEM seperti membuat meshing, pengecekan *meshing*, dan pembuatan geometri. Tahapan ini dimulai dengan mendesain *layout rolling plate mill area* dengan aplikasi Inventor menggunakan data pengukuran yang telah dikumpulkan di lapangan.

Pada gambar 4.1 terdapat desain mesin *rolling plate* yang terdiri dari beberapa komponen yaitu :

- Hot slab* adalah bahan baku yang berasal dari biji besi impor
- Rolling mill plate* yang berfungsi untuk menggiling *hot slab* dengan suhu 900°C – 1.100°C
- Shaft rolling mill plate* adalah poros yang berfungsi sebagai penghubung dari motor *rolling* ke *rolling plate*. Dengan begitu,

rolling plate dapat bergerak untuk melakukan proses penggilingan hot slab

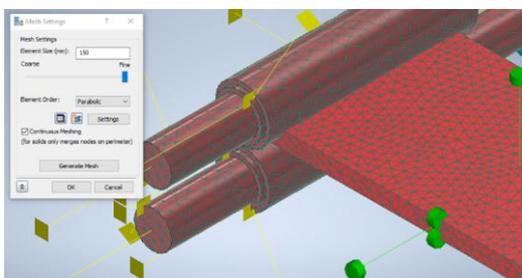
- d. Motor rolling plate berfungsi sebagai penggerak utama mesin rolling plate. Pada bagian ini sering terjadi *overheating*, oleh karena itu dilakukan simulasi FEM agar komponen agar tetap berada pada suhu standart yaitu 145 °C – 180 °C.



Gambar 3.1 Layout Rolling Plate Mill Area

3.1.2 Meshing

Meshing adalah penentuan grid ruangan. Proses meshing yang dilakukan dalam penelitian ini adalah *meshing parabolic*. Meshing tersebut bertujuan untuk menentukan kualitas yang baik pada hasil *output* dari simulasi.



Gambar 3.2 Meshing Output

Pada saat melakukan meshing, masing-masing elemen dikondisikan dengan menggunakan element sizing pada *face* dan *edge*. Hal itu dilakukan untuk mencegah lapisan batas (*boundary layers*) yang telah dibuat menjadi hilang karena diperhalus secara otomatis jika menggunakan mesh volume.

3.1.3 Solver

Sebelum mulai melakukan set-up, dilakukan pengecekan pada kualitas meshing. Lalu didapatkan bahwa kualitas meshing masuk dalam kategori *acceptable*. Pada *solver* tahapan yang dilakukan berupa perhitungan iterasi dengan parameter yang telah ditentukan sebelumnya.

Tabel 3.1 Input Boundary Conditions

Parameter	Jenis
Viscous Model	Heat Transfer

Model Geometri	3 D
Model Meshing	150 mm, 210 mm, 300 mm, 400 mm, 500 mm
Condition	Steady State
Material properties	Fluid : Air Solid : Steel, Chromium, Stainless steel
Input Temperature 1	1273 °K
Input Temperature 2	453 °K

Parameter yang digunakan parameter pengaturan awal saat kondisi simulasi. Parameter pada tabel 3.1 berfungsi menunjukkan model visibilitas, model geometri, keadaan, material bahan.

Tabel 3.2 Input Type Matreial

Comp osition	Melting point (K)	Properties at 300 K			
		ρ Kg/m ³	C_p J/K g.K	K W/m.K	$\alpha \times 10^6$ m ² /s
Chro mium	2118	7160	449	93.7	29.1
Stainl ess Steel (AISI 304)	1670	7900	477	14.9	3.95
Steel	750	7854	434	60.5	17.7

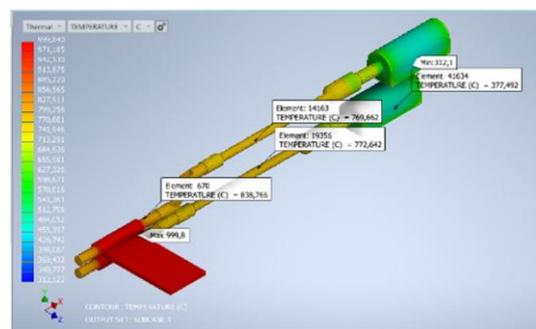
Pada tabel 3.2 menjelaskan tentang tipe material yang digunakan serta koefisien konveksi. Tipe material yang digunakan adalah *Steel Chromium* dengan koefisien sebesar 93.7 W/m.K.

3.1.4 Post-Processing

Tahapan ini merupakan hasil dari perhitungan iterasi simulasi yang telah dilakukan. Data disajikan dalam bentuk kontur *heat flux* dan temperatur, streamline, dan grafik. Streamline digunakan untuk melihat aliran panas dari *hot plat mill* ke *roll mill* sampai ke *motor*. Hasil dari perhitungan iterasi simulasi diplot dalam bentuk grafik.

3.1.5 Simulasi FEM

Hasil perhitungan pada post processing kemudian di input pada aplikasi inventor untuk dilakukan simulasi. Tahapan simulasi ini berguna untuk mengetahui distribusi panas pada *rolling mill area*.



Gambar 3.3 Output Simulasi meshing 210mm

Pada Gambar 3.3 didapatkan hasil simulasi pada hot slab yaitu 1.000 °C sedangkan pada ujung bawah mesin bersuhu ±377,7 °C. Data suhu komponen mesin penggilingan baja ini berguna untuk memastikan area *rolling mill plate* nantinya berjalan sesuai standar.

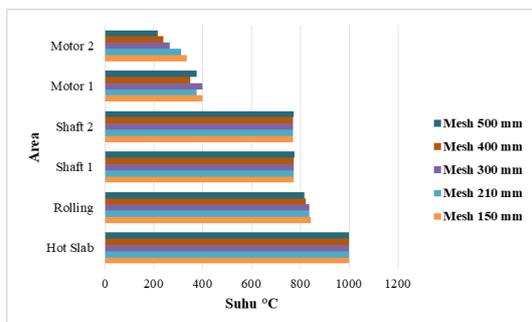
3.2 Hasil Simulasi

Perubahan suhu dalam *steady state* diartikan sebagai setiap perubahan suhu yang terus menerus diseimbangkan dengan perubahan yang lain misalnya perubahan suhu pada sistem pendingin. Atau bisa juga diartikan kondisi di mana suatu sistem tidak berubah sepanjang waktu.

Tabel 3.1 Hasil Simulasi Perubahan Suhu

	Meshing	Suhu °C					
		Hot Slab	Rolling	Shaft 1	Shaft 2	Motor 1	Motor 2
1	150 mm	1000	842	772	769	399	334
	%Error	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	210 mm	1000	838	772	769	377	312
	%Error	0,00	0,48	0,00	0,00	5,84	7,05
3	300 mm	1000	836	772	769	399	267
	%Error	0,00	0,24	0,00	0,00	5,51	16,85
4	400 mm	1000	822	774	771	349	240
	%Error	0,00	1,70	0,26	0,26	14,33	11,25
5	500 mm	1000	818	776	773	376	216
	%Error	0,00	0,49	0,26	0,26	7,18	11,11

Tabel 4.3 Menjelaskan tentang perubahan suhu yang terjadi pada komponen mesin roll plate dengan lima jenis meshing yaitu 150 mm, 210 mm, 300 mm, 400 mm dan 500 mm. Komponen rolling yang memiliki selisih suhu paling besar yaitu pada jenis meshing 500 mm. Suhu aliran fluida panas secara konduksi dari rolling mill plate ke motor rolling semula 818°C menjadi 216°C.



Gambar 3.4 Grafik Temperatur Di Area Mill Rolling Plate

Gambar Grafik 3.4 juga menerangkan trend penurunan suhu yang signifikan terjadi pada meshing 500 mm. Hal ini menunjukkan hasil simulasi perpindahan panas bisa dipengaruhi dengan adanya perbedaan meshing yang signifikan.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian tentang simulasi perpindahan panas pada area rolling mill plate 1 project menggunakan Finite Element Method (FEM) didapatkan hasil perbedaan temperatur yang didapatkan pada mesh 210 mm Motor 1 selama periode steady state sebesar ±377 oC dan laju perpindahan panas pada motor sebesar 46 W/m2.

Dari hasil simulasi dengan didapatkan data suhu di area Rolling, Shaft 1, Shaft 2, Motor 1, dan Motor 2. Didapatkan grafik semakin menurun yang cenderung sama dan ada sedikit perbedaan suhu pada mesh 210 mm di area Motor 1, sedangkan hasil simulasi laju beban pendinginan didapatkan grafik semakin naik yang signifikan dan ada sedikit perbedaan laju beban pendinginan pada mesh 210 mm di area Motor 1.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis
2. Bapak Dr. Eng. Muh. Anis Mustaghfirin, ST., MT. selaku dosen pembimbing I
3. Ibu Niki Veranda Agil Permadi, S.Tr.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing II
4. Kerabat dan sahabat seperjuangan Teknik Permesinan Kapal-PPNS

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arindya, R. (2013). Penggunaan Dan Pengaturan Motor Listrik.
- [2] Naufal, M. I. (2023). Motor Listrik 3 Fasa Sebagai Sistem Penggerak Motor Roll Pada Mesin Case Sealer di Pt . Matahari Megah. Jurnal Sains Dan Teknologi (SAINTEK), 1(2), 32–46. <https://doi.org/https://doi.org/10.58169/saintek.v2i1.132>
- [3] Ningsih, S. (2021). Metode Elemen Hingga Untuk Perpindahan Panas Konduksi Steady State pada Domain 2D dengan Menggunakan Elemen Segitiga. Jurnal Matematika, Sains, Dan Pembelajarannya, 7(2), 146–156. <https://doi.org/10.31605/saintifik.v7i2.336>
- [4] Shihab, M. K., Nrartha, I. M. A., & Suksmadana, I. M. B. (2018). Analisis Arus Starting dan Torsi pada Motor Induksi Tiga Fasa Terhadap Pemasangan Kapasitor Secara Real Time Berbasis Atmega 2560. Dielektrika,

5(2), 99–107.

- [5] Siswoyo. (2008). Teknik Listrik Industri. Direktorat Pembinaan Sekolah. Rusianto, T., & Susastriawan, A. P. (2021). GETARAN MEKANIS. Yogyakarta: AKPRIND PRESS.
- [6] Harahap, P. (2016). Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Simulink MATLAB. Media ElektriKa, 9(2), 1–8.