

SKRIPSI

**ANALISIS NUMERIK PENGARUH KETEBALAN *SLAG*
TERHADAP PERPINDAHAN PANAS PADA PIPA
SUPERHEATER DI DALAM *STEAM GENERATOR***

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan Strata Satu di Program
Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan*

Disusun Oleh :

Firnadi Risnandar

14.303.0092



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PASUNDAN

BANDUNG

2019

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**“ANALISIS NUMERIK PENGARUH KETEBALAN *SLAG*
TERHADAP PERPINDAHAN PANAS PADA PIPA
SUPERHEATER DI DALAM *STEAM GENERATOR*”**



Nama : Firnadi Risnandar

NRP : 143030092

Dosen pembimbing I

Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T.

Dosen pembimbing II

Ir. Toto Supriyono, M.T.

ABSTRAK

Superheater adalah bagian dari boiler yang berfungsi sebagai tempat mengalirnya uap jenuh ($\pm 304^{\circ}\text{C}$) hingga menjadi uap superpanas ($\pm 541^{\circ}\text{C}$). Tujuannya untuk meningkatkan energi panas yang terkandung dalam uap, sehingga efisiensi termal mesin akan meningkat. Hasil pembakaran di dalam *steam generator* akan menghasilkan abu atau biasa disebut *slag* yang menempel dan menumpuk di luar permukaan pipa, hal ini akan mempengaruhi perpindahan panas pada *superheater*. Dalam penyelesaian kasus ini dilakukan simulasi numerik menggunakan perangkat lunak *steady state thermal ANSYS 16.0*. Sehingga dapat mengetahui karakteristik perpindahan panasnya. Pada simulasi ini menggunakan 3 perbedaan tebal *slag* yaitu 1 mm, 2 mm, dan 3 mm.

Pada penelitian ini, hasil perhitungan dan simulasi ini akan di analisis pengaruh ketebalan *slag* terhadap perpindahan panas dimana perpindahan panas yang didapat pada perhitungan pipa tanpa *slag* yaitu 23178 W/m^2 , tebal *slag* 1 mm = 23118 W/m^2 , tebal *slag* 2 mm = 22676 W/m^2 , tebal *slag* 3 mm = 22615 W/m^2 . Temperatur yang didapat dari hasil simulasi pada permukaan luar pipa tanpa *slag* 1175.7°C , tebal *slag* 1 mm = 1174.3°C , tebal *slag* 2 mm = 1162.1°C , tebal *slag* 3 mm = $1160,4^{\circ}\text{C}$ untuk temperatur pada permukaan dalam pipa tanpa *slag* 1170.6 , tebal *slag* 1 mm = 1169°C , tebal *slag* 2 mm = 1157°C , tebal *slag* 3 mm = 1155.3°C . Total *heat flux* yang didapat dari hasil simulasi pada pipa tanpa *slag* yaitu 23178 W/m^2 , tebal *slag* 1 mm = 23118 W/m^2 , tebal *slag* 2 mm = 22676 W/m^2 , tebal *slag* 3 mm = 22615 W/m^2 .

Kata kunci: *Perpindahan panas, slag, analisis numerik, ansys steady state thermal.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 <i>Superheater</i>	4
2.2 <i>Slagging</i>	5
2.3 Perpindahan Kalor	6
2.3.1 Perpindahan Kalor Secara Konduksi	7
2.3.2 Perpindahan Kalor Secara Konveksi.....	9
2.3.3 Perpindahan Kalor Secara Radiasi	13
2.4 Perpindahan Panas Konduksi Steady State Satu Dimensi.....	14
2.4.1 Perpindahan Panas Pada Bidang Silindris Dalam Kondisi <i>Steady State</i> – Satu Dimensi.....	14
2.4.2 Perpindahan Panas Pada Bidang Silindris Dalam Kondisi <i>Steady State</i> – Satu Dimensi Dengan Tahanan Termal.....	15
2.5 Pengertian Ansys	16
2.6 Pengertian <i>Steady State Thermal Analys</i> Ansys.....	17

2.7	Cara Kerja Ansys.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		19
3.1	Diagram Alir.....	19
3.2	Pemodelan Geometri	20
BAB IV DATA DAN ANALISA		21
4.1	Simbol dan Satuan.....	21
4.2	Data dan Parameter	22
4.3	Mencari Nilai Perpindahan Panas Pada Pipa Tanpa Slag (q).....	23
4.3.1	Mencari Nilai Temperatur Pada Permukaan Luar Pipa Tanpa Slag (T_1).....	26
4.3.2	Mencari Nilai Temperatur Pada Permukaan Dalam Pipa Tanpa Slag (T_2).....	26
4.3.3	Mencari Nilai <i>Heat Flux</i> Pipa Tanpa Slag (q_i)	27
4.3.4	Hasil Simulasi Pipa Tanpa Slag	27
4.4	Mencari Nilai Perpindahan Panas Pada Pipa Dengan Tebal Slag 1 mm (q).....	28
4.4.1	Mencari Nilai Temperatur Pada Permukaan Dalam Pipa Dengan Tebal Slag 1 mm (T_3)	30
4.4.2	Mencari Nilai Temperatur Pada Permukaan Luar Pipa Dengan Tebal Slag 1 mm (T_2)	30
4.4.3	Mencari Nilai <i>Heat Flux</i> Pipa Dengan Tebal Slag 1 mm (q_i).....	31
4.4.4	Hasil Simulasi Pipa Dengan Tebal Slag 1 mm	31
4.5	Mencari Nilai Perpindahan Panas Pada Pipa Dengan Tebal Slag 2 mm (q).....	31
4.5.1	Mencari Nilai Temperatur Pada Permukaan Dalam Pipa Dengan Tebal Slag 2 mm (T_3)	34
4.5.2	Mencari Nilai Temperatur Pada Permukaan Luar Pipa Dengan Tebal Slag 2 mm (T_2)	34
4.5.3	Mencari Nilai <i>Heat Flux</i> Pipa Dengan Tebal Slag 2 mm (q_i).....	35
4.5.4	Hasil Simulasi Pipa Dengan Tebal Slag 2 mm	35

4.6	Mencari Nilai Perpindahan Panas Pada Pipa Dengan Tebal Slag 3 mm (q).....	36
4.6.1	Mencari Nilai Temperatur Pada Permukaan Dalam Pipa Dengan Tebal Slag 3 mm (T_3)	38
4.6.2	Mencari Nilai Temperatur Pada Permukaan Luar Pipa Dengan Tebal Slag 3 mm (T_2)	38
4.6.3	Mencari Nilai <i>Heat Flux</i> Pipa Dengan Tebal Slag 2 mm (q_i).....	39
4.6.4	Hasil Simulasi Pipa Dengan Tebal Slag 3 mm	39
4.7	Hasil Perhitungan Dan Simulasi Intensitas Laju Perpindahan Panas....	40
4.8	Hasil Perhitungan Dan Simulasi Temperatur Pada permukaan Luar Pipa	42
4.9	Hasil Perhitungan Dan Simulasi Temperatur Pada permukaan Dalam Pipa.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		46
5.1	Kesimpulan.....	46
5.2	Saran	46
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sering terlihat fenomena perpindahan panas dari fluida yang memiliki temperatur yang lebih tinggi ke fluida yang memiliki temperatur lebih rendah. Pada industri fenomena perpindahan panas dimanfaatkan untuk keperluan proses dengan menggunakan suatu alat yang disebut *steam generator* yang berfungsi untuk memproduksi uap yang akan memutarakan turbin. Uap tersebut harus memenuhi syarat standar kualitas tertentu seperti tekanan, temperatur dan unsur kimia dan juga hasil kuantitas yaitu laju aliran.

Di dalam *steam generator* terdapat komponen *superheater* yang memiliki fungsi mengubah uap jenuh pada temperatur $\pm 304^{\circ}\text{C}$ sampai menjadi uap superpanas yang memiliki temperatur $\pm 541^{\circ}\text{C}$. Tujuan utama dari *superheater* yaitu untuk meningkatkan energi panas yang terkandung di dalam uap, sehingga efisiensi termal mesin akan meningkat. *Superheater* masih banyak digunakan, terutama pada boiler-boiler pipa air besar pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) [5].

Pada *steam generator* terjadi proses pembakaran yang akan menghasilkan abu atau biasa disebut *slag*. *Slagging* adalah fenomena menempelnya partikel abu batubara baik yang berbentuk padat maupun leburan, pada permukaan dinding penghantar panas yang terletak di zona gas pembakaran suhu tinggi (*high temperature combustion gas zone*), sebagai akibat dari proses pembakaran batubara. Terkait hal ini, persoalan penting yang perlu mendapat perhatian terutama adalah dinding penghantar panas konveksi pada bagian *outlet* dari tungku (*furnace*), bila temperatur gas melebihi temperatur melunak abu (*ash softening temperature*).

Campuran mineral anorganik yang terdapat dalam abu batubara yang terdiri dari lempung (*clay*), *pyrite*, *calcite*, *dolomite*, serta kuarsa (*quartz*), menerima panas radiasi yang kuat di dalam tungku sampai akhirnya melebur. Saat abu yang melebur (*molten ash*) tadi bersentuhan dengan permukaan pipa yang suhunya relatif lebih rendah, abu akan mengalami pendinginan sehingga akhirnya menempel dan mengeras. Untuk *slagging* ini, karakteristiknya dapat dinilai dari temperatur lebur abu dan kondisi abu itu sendiri. Temperatur lebur abu yang rendah akan memudahkan terjadinya *slagging*. Kemudian, diketahui pula bahwa bila rasio unsur alkali (Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O) terhadap unsur asam (SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2) meningkat, potensi timbulnya *slagging* juga meningkat.

Untuk menyelesaikan kasus pengaruh ketebalan slag terhadap perpindahan panas suatu benda dapat menggunakan metode analisis numerik, yaitu dengan melakukan simulasi numerik menggunakan perangkat lunak *Steady State Thermal Analysis Ansys 16.0* sehingga dapat mengetahui karakteristik perpindahan panasnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang ingin penulis ajukan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana memodelkan geometri pada ANSYS *Steady State Thermal Analysis* pipa tanpa *slag* dan pipa dengan *slag* ?
2. Bagaimana pengaruh *slag* terhadap perpindahan panas pipa *superheater* ?

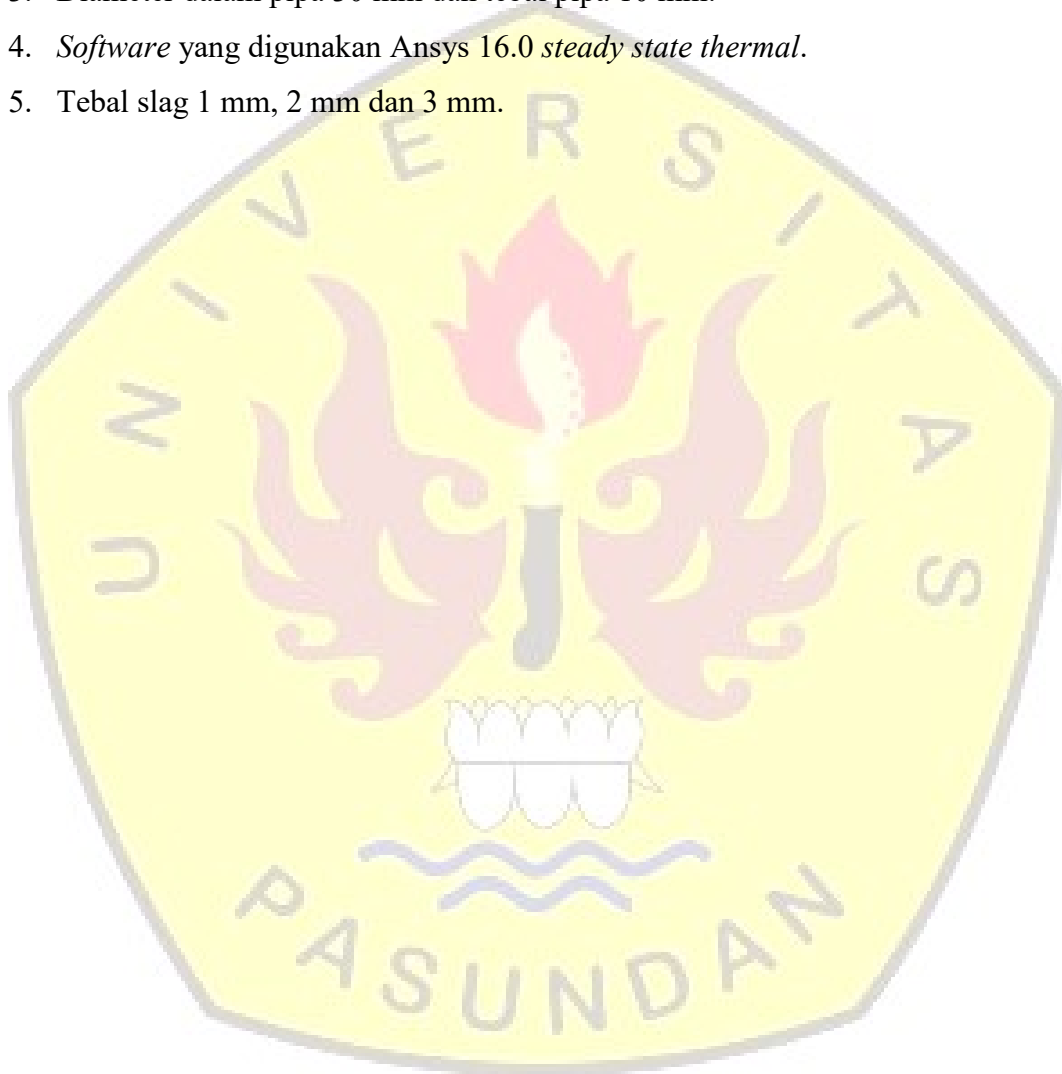
1.3 Tujuan

1. Menganalisis karakteristik perpindahan panas pada pipa *superheater* tanpa *slag*.
2. Menganalisis karakteristik perpindahan panas pada pipa *superheater* dengan *slag*.
3. Menganalisis pengaruh ketebalan *slag* pada pipa *superheater*.

1.4 Batasan Masalah

Dalam skripsi ini, diharapkan penyelesaian masalah dapat terarah sehingga dibuatlah batasan masalah pada karya tulis ini, yaitu :

1. Material pipa yang digunakan ASTM A213 T22 baja karbon rendah.
2. Temperatur api *steam generator* 1400°C, temperatur uap dalam pipa 540°C.
3. Diameter dalam pipa 30 mm dan tebal pipa 10 mm.
4. *Software* yang digunakan Ansys 16.0 *steady state thermal*.
5. Tebal slag 1 mm, 2 mm dan 3 mm.



DAFTAR PUSTAKA

1. Theodore L. Bregman ASL, Frank P Incropera, David P. Dewitt. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 7th edition ed; canada 1968.
2. Michael J. Moran, Howard N. Shapiro, Bruce R. Munson, David P. Dewitt. Introducing to Thermal System Engineering Thermodynamics, Fluid Mechanics and Heat Transfer; John Wiley & Sons, Inc 2003.
3. Pane AH. Perpindahan panas konduksi steady state - one dimensional Medan: slidshare; 2015.
4. Apriyahanda, O. prinsip kerja superheater: artikel - teknologi; 2017 [cited 2019 20 januari 2019].
5. Pakiding, K. superheater dan reheater: slideshare; 2016 [cited 2019 20].
6. www.ansys.stuba.sk. steady state thermal analys. chapter 2
7. Fauzan. A. CFD: <http://fauzanahmad.wordpress.com/>; 2009 [cited 15 januari 2019].
8. J.P Holman. Perpindahan Kalor. edisi keenam ed. Jakarta: Erlangga; 1994.
9. Imam budiharjo. Slagging dan Fouling: <http://Imambudiharjo.wordpress.com/>; 2009.