



ANALISIS PINDAH PANAS SUSU SELAMA PROSES PASTEURISASI PADA MESIN SISTEM KONTINU

MUHAMMAD JULIANDIKA



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Pindah Panas Susu Selama Proses Pasteurisasi pada Mesin Sistem Kontinu” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2025



Muhammad Juliandika
F1401201088

ABSTRAK

MUHAMMAD JULIANDIKA. Analisis Pindah Panas Susu Selama Proses Pasteurisasi Pada Mesin Sistem Kontinu. Dibimbing oleh AGUS SUTEJO dan DYAH WULANDANI

Proses pasteurisasi kontinu harus dilakukan pada suhu dan lama waktu pemanasan yang ideal yaitu pada suhu 72°C selama 15 detik. Proses pasteurisasi dengan suhu dan waktu yang tidak optimal dapat menyebabkan kerusakan pada kandungan susu atau patogen yang terkandung di dalam susu tidak tereliminasi. Hal ini tentu saja dapat merusak kualitas susu pasteurisasi. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis proses pindah panas pada mesin pasteurisasi kontinu yang dirancang oleh PT. Daud Teknik Maju Pratama untuk mengamati sebaran suhu, lama waktu pemanasan susu, dan mengukur efisiensi. mesin pasteurisasi tipe kontinu. Tahapan penelitian ini terdiri dari 1) Analisis pindah panas dan visualisasi data aktual dengan CFD, 2) Perhitungan efisiensi mesin, 3) Perhitungan konsumsi energi, dan 4) Uji patogen. Parameter utama yang diukur selama proses pengambilan data adalah suhu minyak bagian bawah (Tmb), suhu minyak bagian atas (Tma), suhu *inlet* susu (Ti), dan suhu *outlet* susu (To) dengan pengondisian laju aliran massa ($\dot{m}$) susu konstan yaitu $1,2 \times 10^{-2}$ kg/dt dan panjang pipa 16 meter. Hasil analisis pindah panas dengan CFD menunjukkan bahwa lama waktu pemanasan susu pada suhu 72°C dengan pengondisian geometri pipa aktual adalah 10,47 detik. Untuk mendapatkan lama waktu pemanasan yang ideal dengan asumsi kondisi isothermal fluida susu dipertahankan di sepanjang pipa maka panjang ideal adalah 20,3 meter. Perhitungan efisiensi energi pada kondisi aktual menunjukkan nilai efisiensi energi bahan bakar 35,6%, nilai efisiensi energi minyak 23%, dan nilai efisiensi energi total 8,2%. Hasil perhitungan efisiensi menunjukkan mesin bahwa mesin pasteurisasi tipe kontinu memiliki nilai efisiensi energi yang rendah. Produk akhir berupa susu yang dipasteurisasi dengan menggunakan mesin pasteurisasi tipe kontinu diuji kandungan patogennya di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor. Uji patogen melibatkan pengukuran kandungan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Bakteri E.coli dianalisis dengan menggunakan metode SNI ISO 7251:2012, sedangkan bakteri *Staphylococcus aureus* diuji dengan menggunakan metode BAM 2001 Chapter 12 (Metode hitung cawan). Hasil analisis patogen menunjukkan bakteri E.coli tereliminasi secara sempurna hingga tidak ada kandungan bakteri E.coli pada ketiga sampel yang diuji. Hasil analisis bakteri *staphylococcus aureus* juga menunjukkan selisih jumlah koloni bakteri yang cukup signifikan pada variabel kontrol dan tiga variabel perlakuan yaitu $> 2,4 \times 10^4$ dan $< 2 \times 10^1$.

Kata kunci: efisiensi, pasteurisasi, pindah panas



ABSTRACT

MUHAMMAD JULIANDIKA. Heat Transfer Analysis of Milk during Pasteurization Using a Continous System Machine. Supervised by AGUS SUTEJO and DYAH WULANDANI

The continuous pasteurization process must be carried out at an ideal heating temperature and duration, namely at 72 °C for 15 seconds. A pasteurization process with suboptimal temperature and time may damage the nutritional content of the milk or fail to eliminate the pathogens contained in the milk. This condition decreased the quality of pasteurized milk. The objective of this research was to analyze the heat transfer process in a continuous pasteurization machine designed by PT. Daud Teknik Maju Pratama in order to observe the temperature distribution, heating time of the milk, and to measure the efficiency of the continuous pasteurization machine. The research stages consisted of: (1) heat transfer analysis and visualization of actual data using CFD, (2) efficiency calculation of the machine, (3) energy consumption calculation, and (4) pathogen testing. The main parameters measured during data collecting were (T_{ma}), milk inlet temperature (T_i), and milk outlet temperature (T_o), with the milk mass flow rate ($\dot{m}$) maintained constant at $1,2 \times 10^{-2}$ kg/s and pipe length of 16 meters. The CFD analysis showed that the heating time of milk at 72 °C with the actual pipe geometry was 10,47 seconds. To achieve the ideal heating time under the assumption that the milk fluid condition remained isothermal along the pipe, the ideal pipe length was 20.3 meters. The energy efficiency calculation under actual conditions showed that the fuel energy efficiency was 35,6%, the oil energy efficiency was 23%, and the total energy efficiency was 8,2%. These results indicated that the continuous pasteurization machine had relatively low energy efficiency. The final product, namely pasteurized milk produced using the continuous pasteurization machine, was tested for pathogen content at the Laboratory of Food Science and Technology, Bogor Agricultural University. The pathogen test involved measuring the presence of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *E. coli* was analyzed using the SNI ISO 7251:2012 method, while *Staphylococcus aureus* was tested using the BAM 2001 Chapter 12 (plate count method). The pathogen analysis showed that *E. coli* was completely eliminated until there are none *E.coli* contained in all three tested samples. The analysis of *Staphylococcus aureus* also showed a significant difference in colony counts between the control variable and the three treatment variables, namely $> 2,4 \times 10^4$ and $< 2 \times 10^1$.

Keywords: efficiency, heat transfer, pasteurization



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

ANALISIS PINDAH PANAS SUSU SELAMA PROSES PASTEURISASI PADA MESIN SISTEM KONTINU

MUHAMMAD JULIANDIKA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



Judul Skripsi : Analisis Pindah Panas Susu selama Proses Pasteurisasi pada Mesin
Tipe Kontinu
Nama : Muhammad Juliandika
NIM : F1401201088

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Agus Sutejo, M.Si



Pembimbing 2:
Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Departemen
Teknik Mesin dan Biosistem
Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso
NIP. 196304251989031001



Tanggal Ujian: 8 Agustus 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari hingga Juli 2025 ini ialah “Analisis Pindah Panas Susu selama Proses Pasteurisasi pada Mesin Tipe Kontinu”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Penulis mengucapkan terimakasih pada seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan kuliah hingga selesainya tugas akhir ini. Secara khusus, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Agus Sutejo, M.Si dan Dr. Ir. Dyah Wulandani selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing, memberikan ilmu dan saran yang membangun.
2. Ayah (Alm) Drs. Japris Iwansyah dan Ibu Ita Mila Salmy sebagai orangtua penulis, dr. Nurul Yuli Permata Sari dan Muhammad Rizky Juliansyah, S.H, M.H sebagai saudara kandung penulis yang selalu memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang yang tak terhingga selama penulis menempuh pendidikan hingga selesainya pendidikan.
3. Keluarga besar Drs. Abdul Karim Ar-rahman dan keluarga besar Arifin Saleh yang telah memberikan bantuan moral dan finansial kepada penulis.
4. Keluarga besar Teknik Mesin dan Biosistem khususnya teman-teman MEISTER (TMB 57) atas semua kebersamaan, bantuan, dan semangatnya.
5. Keluarga besar Ikatan Mahasiswa Bumi Sriwijaya (IKAMUSI) angkatan 57
6. Annida Rahmadiyah Ukhti yang telah banyak memberikan dukungan moral ke penulis
7. Serta semua teman-teman penulis dan seluruh pihak yang telah bersedia membantu dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2025

Muhammad Juliandika



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

ABSTRACT	iii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Susu	3
2.2 Pasteurisasi	3
2.3 Pindah Panas	5
2.4 <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	6
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Penelitian	9
3.4 Analisis Data	20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Sebaran Suhu Mesin Pasteurisasi Tipe Kontinyu	23
4.2 Analisis Pindah Panas Susu	25
4.1 Simulasi Sebaran Suhu dengan CFD dan Evaluasi Disain	27
4.2 Efisiensi dan Konsumsi Energi	33
4.3 Uji Patogen pada Susu Pasteurisasi	36
V SIMPULAN DAN SARAN	38
4.4 Simpulan	38
4.5 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	41
RIWAYAT HIDUP	72



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Fungsional mesin pasteurisasi tipe kontinyu	15
2	Struktural mesin pasteurisasi tipe kontinyu	15
3	Rata-rata sebaran suhu susu dan suhu permukaan pipa pada m konstan	26
4	Hasil perhitungan pindah panas	26
5	Tahapan proses dan input parameter model simulasi CFD Fluida susu dan pipa PTFE	30
6	Parameter <i>boundary conditions</i> simulasi CFD	30
7	Perbandingan spesifikasi aktual dan ideal	33
8	Data efisiensi	33
9	Data konsumsi bahan bakar	35
10	Data daya pompa	35
11	Hasil uji <i>Escherichia coli</i>	36
12	Perbandingan kandungan E.coli sampel penelitian dan kandungan E.coli standar SNI (2009)	36
13	Hasil uji <i>Staphylococcus aureus</i>	37
14	Perbandingan kandungan <i>Stahpylococcus aureus</i> sampel penelitian dan standar SNI (2009)	37

DAFTAR GAMBAR

1	<i>Flowchart</i> prinsip kerja mesin pasteurisasi tipe kontinyu	4
2	<i>Flowchart</i> penelitian	9
3	<i>Flowchart</i> pengolahan data	10
4	Tangki pasteurisasi	13
5	Geometri mesin pasteurisasi	14
6	Ilustrasi mesin pasteurisasi tipe kontinyu	16
7	Diagram perubahan suhu kondisi ($T_s = \text{konstan}$)	17
8	Grafik Perubahan suhu minyak selama proses pemanasan	23
9	Grafik Perubahan suhu fluida selama proses pasteurisasi	24
10	Domain komputasi analisis	27
11	Domain fluida	28
12	<i>Mesh</i> di area pipa	29
13	Hasil <i>Surface plot</i> sebaran suhu fluida	31
14	Hasil <i>Flow trajectories</i> kecepatan aliran fluida	31
15	Grafik sebaran suhu susu di sepanjang pipa	32
16	<i>Multimeter</i> digital	34



DAFTAR LAMPIRAN

1	Tabel <i>properties</i> susu	42
2	Perhitungan pindah panas <i>internal forced convection</i> pada <i>constant surface temperature</i>	43
3	Gambar Teknik	46
4	Tahapan simulasi <i>Computational Fluid Dynamics</i>	48
5	Dokumentasi penelitian	63
6	Tabel <i>liquids properties</i>	66
7	Perhitungan laju perpindahan energi bahan bakar dan energi minyak	67
8	Perhitungan konsumsi energi listrik	70
9	Sertifikat hasil uji lab LDITP (uji <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i>)	71