

ANALISIS FAKTOR PEMBENTUKAN *FOULING* PADA PROSES STERILISASI SUSU UHT *FULL CREAM* PT XYZ

AKHMAD ANDY RIYANTORO



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Faktor Pembentukan *Fouling* pada Proses Sterilisasi Susu UHT *Full Cream* PT XYZ ” 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.

Dalam penyusunan karya ini, penulis menggunakan bantuan kecerdasan buatan Chat GPT untuk menyesuaikan tata bahasa dan format penulisan. Setelah menggunakan alat/layanan tersebut, penulis meninjau dan menyunting konten sesuai kebutuhan serta bertanggung jawab penuh atas isi karya tugas akhir ini. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Akhmad Andy Riyantoro
F2401221068



ABSTRAK

AKHMAD ANDY RIYANTORO. Analisis Faktor Pembentukan *Fouling* pada Proses Sterilisasi Susu UHT *Full Cream* PT XYZ. Dibimbing oleh PROF. DR. NUGRAHA EDHI SUYATMA, S.T.P., D.E.A. dan FERY NURDIN FERDIYAN, S.SI.

Fouling pada unit sterilisasi *Shell and Tube* (S&T) merupakan salah satu permasalahan dalam produksi susu UHT karena meningkatkan hambatan perpindahan panas yang ditandai oleh kenaikan nilai ΔT serta meningkatkan frekuensi pelaksanaan *Cleaning in Place* (CIP). Penelitian ini bertujuan menganalisis faktor-faktor yang berkontribusi terhadap pembentukan *fouling* pada proses sterilisasi susu UHT *full cream* di PT XYZ sebagai dasar penyusunan tindakan pengendalian sesuai kondisi operasional perusahaan. Penelitian menggunakan pendekatan *Plan-Do-Check-Act* (PDCA). Tahap *Plan* dilakukan melalui identifikasi faktor pembentukan *fouling* menggunakan diagram Ishikawa. Tahap *Do* meliputi analisis data operasional, pengujian kadar abu pada deposit *fouling*, simulasi efektivitas CIP skala laboratorium, serta pengujian laboratorium menggunakan *fresh milk* untuk menganalisis pengaruh suhu dan waktu pemanasan terhadap pembentukan agregat protein. Tahap *Check* dilakukan menggunakan *scoring*, diagram Pareto, dan *why-why analysis*, sedangkan tahap *Act* menghasilkan usulan tindakan pengendalian *fouling*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan ΔT merupakan indikator operasional perkembangan *fouling* akibat akumulasi deposit pada permukaan *heat exchanger*. Hasil karakterisasi deposit menunjukkan kadar abu sebesar 79,95% yang mengindikasikan bahwa deposit didominasi oleh komponen mineral (*fouling* tipe B). Faktor prioritas yang berkontribusi terhadap pembentukan *fouling* meliputi karakteristik susu, penggunaan bahan tambahan, suhu dan waktu *final mixing*, serta tipe *heat exchanger*. Hasil karakterisasi deposit digunakan sebagai bukti pendukung untuk menjelaskan mekanisme pembentukan *fouling*, sedangkan rekomendasi pengendalian difokuskan pada pengendalian karakteristik bahan, formulasi produk, serta parameter proses sesuai dengan kondisi operasional PT XYZ.

Kata kunci: *fouling*, PDCA, *Shell and Tube*, sterilisasi UHT, susu UHT *full cream*



ABSTRACT

AKHMAD ANDY RIYANTORO. Analysis of Factors Contributing to Fouling Formation during the Sterilization Process of Full Cream UHT Milk at PT XYZ. Supervised by PROF. DR. NUGRAHA EDHI SUYATMA, S.T.P., D.E.A. and FERY NURDIN FERDIYAN, S.SI.

Fouling in Shell and Tube (S&T) sterilization units is one of the major challenges in UHT milk production because it increases heat transfer resistance, as indicated by an increase in the temperature difference (ΔT), and leads to more frequent Cleaning in Place (CIP) operations. This study aimed to analyze the factors contributing to fouling formation during the sterilization process of full cream UHT milk at PT XYZ as a basis for developing fouling control measures that are compatible with the company's operating conditions. The study employed the Plan–Do–Check–Act (PDCA) approach. The Plan stage involved identifying the factors contributing to fouling formation using the Ishikawa diagram. The Do stage included operational data analysis, ash content determination of fouling deposits, laboratory-scale simulation of CIP effectiveness, and laboratory experiments using fresh milk to evaluate the effects of heating temperature and holding time on protein aggregate formation. The Check stage employed scoring, Pareto analysis, and why–why analysis, while the Act stage generated proposed fouling control measures. The results showed that an increase in ΔT serves as an operational indicator of fouling progression caused by deposit accumulation on the heat exchanger surface. Deposit characterization revealed an ash content of 79.95%, indicating that the deposits were predominantly composed of mineral components (Type B fouling). The priority factors contributing to fouling formation were milk characteristics, the use of additives, final mixing temperature and holding time, and the type of heat exchanger. Deposit characterization was used as supporting evidence to explain the fouling formation mechanism, while the proposed control measures focused on controlling raw material characteristics, product formulation, and process parameters in accordance with the operating conditions at PT XYZ.

Keywords: fouling, PDCA, Shell and Tube, UHT full cream milk, UHT sterilization



@Hak cipta milik IPB University

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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
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 FAKTOR PEMBENTUKAN *FOULING* PADA PROSES STERILISASI SUSU UHT *FULL CREAM* PT XYZ

AKHMAD ANDY RIYANTORO

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknologi Pangan

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1 Prof. Dr. Eko Hari Purnomo S.T.P., M.Sc



Judul Skripsi : Analisis Faktor Pembentukan *Fouling* pada Proses Sterilisasi Susu UHT *Full Cream* PT XYZ

Nama : Akhmad Andy Riyantoro
NIM : F2401221068

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Nugraha Edhi Suyatma, S.T.P., D.E.A
NIP. 19701220 199512 1 001

Pembimbing 2:
Fery Nurdin Ferdiyan, S.Si
NIP. 8002093



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ing Dase Hunaefi, S.T.P., M.Food.St
NIP. 19791208 200501 1 003

Tanggal Ujian: 3 Agustus 2026

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 September 2025 sampai bulan Januari 2026 ini ialah “Analisis Faktor Pembentukan *Fouling* pada Proses Sterilisasi Susu UHT *Full Cream* PT XYZ” Penelitian dilakukan dalam bentuk kegiatan magang pada salah satu industri pengolahan susu di Jawa Barat.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat diselesaikan karena bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Nugraha Edhi Suyatma, STP, DEA selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing dan memberikan banyak saran, masukan, serta dukungan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
2. Bapak Fery Nurdin Fediyan S.Si selaku dosen pembimbing lapang yang telah memberikan kesempatan, kepercayaan, dukungan, dan bimbingan selama kegiatan magang berlangsung.
3. Mas Adam dan Kak Zahra selaku kakak staf Divisi *Research and Development*. Terima kasih atas bimbingan, arahan, bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama pengerjaan proyek berlangsung.
4. Seluruh staff Divisi Produksi, para manajer, serta segenap keluarga besar PT XYZ atas kesempatan, pembelajaran, bimbingan, dan kerja samanya selama kegiatan magang.
5. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Teknologi Pangan, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, bantuan, dan perhatian selama penulis menempuh pendidikan.
6. Alit Isworo dan Amerati selaku Ayah dan Ibu penulis serta Sulthon selaku adik penulis yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, dan semangat tanpa henti kepada penulis. Terima kasih atas setiap pengorbanan, perhatian, nasihat, serta kepercayaan yang selalu diberikan sehingga penulis memiliki kekuatan untuk terus berjuang dalam menghadapi berbagai tantangan selama menempuh pendidikan. Dukungan yang tulus, baik secara moral maupun material, menjadi sumber motivasi terbesar bagi penulis untuk tetap berusaha memberikan yang terbaik hingga akhirnya dapat menyelesaikan masa studi dan penyusunan skripsi ini. Semoga segala kebaikan, cinta, dan pengorbanan yang telah diberikan senantiasa mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah Swt.
7. Teman-teman terbaik penulis, yaitu Dhava, Hanan, Imam, serta teman-teman Aliansi Supporter ITP, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, motivasi, dan semangat kepada penulis selama menjalani kegiatan magang hingga proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas setiap perhatian, bantuan, serta kebersamaan yang telah diberikan, baik dalam bentuk diskusi, berbagi pengalaman, maupun menjadi tempat bagi penulis untuk saling menguatkan di tengah berbagai tantangan. Kehadiran dan dukungan kalian menjadi salah satu sumber semangat yang



membantu penulis tetap optimis dan mampu menyelesaikan seluruh rangkaian proses penyusunan skripsi ini. Semoga tali persahabatan yang telah terjalin dapat terus terjaga dengan baik di masa yang akan datang.

8. Teman-teman terdekat penulis di Departemen, K1mor Himit, yang senantiasa menemani perjalanan akademik penulis sejak awal perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan. Kehadiran, dukungan, serta kebersamaan yang telah dibangun selama ini memberikan semangat bagi penulis dalam menghadapi berbagai tantangan. Berbagai momen, canda, dan pengalaman yang telah dilalui bersama akan selalu menjadi kenangan yang berharga dan tidak terlupakan bagi penulis.
9. Teman-teman satu bimbingan yaitu Belva, Larissa, dan Moses serta teman-teman Eaternal angkatan 59, yang telah menjadi bagian dari perjalanan perkuliahan penulis. Terima kasih atas cerita, tawa, semangat, dan berbagai kenangan yang telah dibagikan.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun telah memberikan bantuan, doa, semangat, dan kebaikan kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
11. Alvira Rusliyani yang senantiasa menemani, memberikan dukungan, motivasi, serta semangat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas perhatian, kesabaran, doa, dan kehadiran yang selalu memberikan kekuatan bagi penulis dalam menghadapi berbagai tantangan selama menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi. Dukungan yang diberikan, baik dalam bentuk dorongan moral maupun kebersamaan di setiap proses, menjadi salah satu penyemangat bagi penulis untuk terus berusaha hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
12. Terakhir, kepada diri penulis sendiri, Akhmad Andy Riyantoro, terima kasih karena telah berusaha tetap kuat, bertahan, dan tidak menyerah dalam menghadapi setiap tantangan selama menempuh pendidikan hingga proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas segala usaha, kesabaran, ketekunan, serta komitmen untuk terus belajar dan berkembang, meskipun dihadapkan pada berbagai kesulitan dan keterbatasan. Setiap proses yang telah dilalui menjadi pembelajaran yang sangat berharga dan membentuk penulis menjadi pribadi yang lebih tangguh. Semoga pencapaian ini menjadi awal dari perjalanan yang lebih baik, serta menjadi pengingat bahwa setiap usaha yang dilakukan dengan sungguh-sungguh akan memberikan hasil yang bermakna.

Penulis memohon maaf atas kesalahan yang terdapat dalam penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan serta perkembangan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Akhmad Andy Riyantoro

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Susu	4
2.2 Susu <i>Ultra High Temperature</i>	4
Persyaratan	5
2.3 Unit <i>Heat Exchanger</i>	6
2.4 <i>Fouling</i>	6
2.5 <i>Cleaning In Place</i>	6
2.6 Siklus PDCA	7
2.7 <i>Seven Tools</i>	7
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Pendekatan Penelitian	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Identifikasi Produk dan Proses Produksi Susu UHT	19
4.2 Identifikasi Masalah (<i>Plan</i>)	19
4.3 Spesifikasi Masalah (<i>Plan</i>)	19
4.4 Pengumpulan Data (<i>Plan</i>)	20
4.5 Analisis Faktor Pembentukan <i>Fouling</i> (<i>Do</i>)	20
4.6 Analisis Hasil (<i>Check</i>)	31
4.7 Pembuatan Kesimpulan Tentatif (<i>Check</i>)	36
4.8 Usulan Tindakan Perbaikan (<i>Act</i>)	37
V SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	44
RIWAYAT HIDUP	54

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	SNI Susu UHT nomor 3950 tahun 2014	5
2	Variasi perlakuan konsentrasi pada proses CIP skala laboratorium	14
3	Karakteristik susu UHT varian <i>full cream</i> sebelum perlakuan sterilisasi	21
4	Hasil analisis kadar abu deposit <i>fouling</i> susu UHT <i>full cream</i>	23
5	Perbandingan kadar lemak, kadar protein dan pH susu UHT berbagai varian pada satu <i>batch</i> produksi	25
6	Rata-rata pH <i>mixing</i> dan <i>finish good</i> susu UHT varian <i>full cream</i>	26
7	Hasil persentase hilangnya kadar mineral pada sampel deposit susu UHT <i>full cream</i>	27
8	Persentase sedimen protein (%) pada berbagai kombinasi suhu dan waktu pemanasan	28
9	Nilai konstanta laju pembentukan endapan (k), ln k, dan 1/T pada berbagai suhu pemanasan susu	29
10	<i>Scoring</i> faktor laju <i>fouling</i> pada unit sterilisasi UHT susu <i>full cream</i>	31
11	<i>Why-why analysis</i> faktor prioritas hasil diagram Pareto terhadap pembentukan <i>fouling</i> pada proses sterilisasi susu UHT <i>full cream</i>	35

DAFTAR GAMBAR

12	Representasi skematis mekanisme pembentukan deposit <i>fouling</i> selama pemrosesan termal susu yang melibatkan denaturasi protein <i>whey</i> , agregasi protein–misel kasein, dan presipitasi mineral pada permukaan <i>heat exchanger</i> (Tarapata <i>et al.</i> 2025)	2
13	Diagram alir penelitian dengan menggunakan siklus PDCA	10
14	Prosedur analisis kadar abu	12
15	Prosedur pengukuran pH	13
16	Prosedur <i>Cleaning In Place</i> skala laboratorium	15
17	Prosedur Uji Alkohol pada susu	16
18	Prosedur Uji Sedimentasi pada susu	17
19	Diagram Ishikawa laju <i>fouling</i> yang cepat saat sterilisasi susu UHT varian <i>full cream</i>	20
20	Laju peningkatan delta T (ΔT) varian susu UHT	24
21	Grafik Arrhenius konstanta laju pembentukan endapan (k) susu	29
22	Diagram Pareto faktor pembentukan <i>fouling</i> pada PT XYZ	33

DAFTAR LAMPIRAN

23	Lampiran 1 Diagram alir proses produksi susu UHT	44
24	Lampiran 2 Dokumentasi deposit <i>fouling</i> pada pipa <i>heat exchanger</i> proses sterilisasi susu UHT <i>full cream</i>	45
25	Lampiran 3 Sisa deposit susu setelah perlakuan CIP skala laboratorium	46



26	Lampiran 4 Analisis kadar air sampel deposit susu UHT <i>full cream</i> metode oven	47
27	Lampiran 5 Analisis kadar abu awal sampel deposit susu UHT <i>full cream</i> metode pengabuan kering	48
28	Lampiran 6 Analisis kadar air setelah CIP sampel deposit susu UHT <i>full cream</i> metode oven	49
29	Lampiran 7 Analisis kadar abu setelah CIP sampel deposit susu UHT <i>full cream</i> metode pengabuan kering	50
30	Lampiran 8 Analisis <i>mineral removal efficiency</i> setelah CIP sampel deposit susu UHT <i>full cream</i>	51
31	Lampiran 9 Dokumentasi contoh hasil uji stabilitas protein susu dengan suhu 20°C dan waktu 30-240 menit	52
32	Lampiran 10 Contoh perhitungan persamaan arrhenius pembentukan endapan protein susu	53



@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