

**ANALISIS EKSPERIMENTAL KEKUATAN STRUKTUR DAN
KEBUTUHAN KALOR PADA PURWARUPA DESTILATOR
ULTRASONIK MINYAK ATSIRI**



Nama : Rezky Eko Bawono
NIM : 55819120001
Program Studi : Magister Teknik Mesin

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2022**

PENGESAHAN TESIS

Judul : Analisis Eksperimental Kekuatan Struktur dan Kebutuhan Kalor Pada
Purwarupa Destilator Ultrasonik Minyak Atsiri
Nama : Rezky Eko Bawono
NIM : 55819120001
Program : Magister Teknik Mesin
Tanggal : 15 Februari 2022

Mengesahkan,

Dosen Pembimbing,



(Prof. (Em). Dr. Ing. Ir. Darwin Sebayang)

MERCU BUANA

Dekan Fakultas Teknik,

Ketua Program Studi Magister Teknik, Mesin



(Dr. Ir. Mawardi Amin, MT)



(Dafit Feriyanto, M.Eng, Ph.D)

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Rezky Eko Bawono

NIM : 55819120001

Jurusan : Magister Teknik Mesin

Fakultas : Fakultas Teknik

Judul Tesis : Analisis Eksperimental Kekuatan Struktur dan Kebutuhan Kalor Pada Purwarupa Destilator Ultrasonik Minyak Atsiri

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan tesis yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan tesis ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Tangerang, 02 Februari 2022



Rezky Eko Bawono

PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh

Nama : Rezky Eko Bawono
NIM : 55819120001
Program Studi : Magister Teknik Mesin


dengan judul

“*Analisis Pengaruh Perlakuan Kavitasi Ultrasonik terhadap struktur Mikro Pada Daun Tanaman Nilaim (Pogostemon Cublin Benth)*”,
telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal 03/02/2022,
didapatkan nilai persentase sebesar 27%.

Jakarta, 03 Februari 2022

Administrator Turnitin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA


Atie Pangudi, A.Md

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tesis ini yang berjudul “Analisis Eksperimental Kekuatan Struktur dan Kebutuhan Kalor Pada Purwarupa Destilator Ultrasonik Minyak Nilam”. Laporan tesis ini disusun sebagai salah satu tugas mata kuliah Penulisan dan Sidang Tesis program studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para pihak yang telah bersedia memberikan bimbingan dan arahnya serta bantuan yang tiada henti dalam hal penulis menyelesaikan laporan penelitian ini. Ucapan terima kasih khususnya penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. (Em). Dr. Ing. Ir. Darwin Sebayang sebagai dosen pembimbing, pengajar, serta pendidik bagi penulis.
2. Bapak Hendi Suryanto, M. Eng selaku dosen pembimbing lapangan yang telah memberikan kesempatan penulis untuk menggunakan prototype produk sebagai bahan analisis pada laporan proposal tesis ini.
3. Bapak Dafit Feriyanto, M.Eng., Ph.D sebagai ketua program studi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Rekan-rekan seangkatan Magister Teknik Mesin tahun masuk 2019/2020 semester genap, Universitas Mercu Buana sebagai teman diskusi mengenai penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tesis ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran membangun sangat diharapkan.

Jakarta, 15 Februari 2022

Rezky Eko Bawono

DEDIKASI

Lembar dedikasi ini dikhususkan untuk Hazizah selaku ibu penulis, Rifky Jati Pamungkas selaku adik penulis, Anggi Firdani selaku partner penulis, Masyita Tamara, Ilham Dwi Nugroho, Adha Luri Adam Rusman, M. Pahlevi selaku sahabat penulis, rekan-rekan PT. Arsundagi Media Tech, PT. Batik Air Indonesia, Move On Multimedia yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik.



PENGHARGAAN

Saya mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang berperan dalam menyelesaikan penyusunan laporan penelitian ini terutama Bapak Prof. (Em). Dr. Ing. Ir. Darwin Sebayang selaku dosen pembimbing, Bapak Sagir Alva Ph.D yang banyak membantu kemudahan penulis dalam perkuliahan di program studi Magister Teknik Mesin dan Bapak Dafit Feriyanto, M.Eng, Ph.D selaku ketua program studi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana. Buku laporan ini dalam rangka memenuhi tugas kuliah Penulisan dan Sidang Tesis program studi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DEDIKASI.....	vi
PENGHARGAAN.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR SIMBOL.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.4 MANFAAT PENELITIAN.....	2
1.5 RUANG LINGKUP PENELITIAN.....	3
1.6 KEBARUAN PENELITIAN.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 PENGERTIAN DESTILASI.....	5
2.2 JENIS-JENIS DESTILASI.....	6
2.2.1 Destilasi sederhana.....	6
2.2.2 Destilasi Fraksionasi.....	6
2.2.2 Destilasi Uap.....	7
2.2.2 Beban Vakum.....	7
2.3 METODE-METODE DESTILASI PADA MINYAK NILAM.....	8
2.3.1 Metode Destilasi Air dan Uap.....	8
2.3.2 Destilasi di dalam Godokan.....	9
2.3.3 Destilasi dengan Uap Langsung.....	9

2.4	POTENSI EKONOMIS MINYAK NILAM.....	10
2.5	PARAMETER PENTING DALAM PENYULINGAN.....	13
2.5.1	Perajangan.....	13
2.5.2	Pengeringan.....	15
2.5.3	Optimalisasi Proses Penyulingan.....	16
2.6	PERPINDAHAN PANAS.....	19
2.6.1	Perpindahan Panas Konduksi.....	19
2.6.2	Perpindahan Panas Konveksi.....	21
2.6.3	Perpindahan Panas Radiasi.....	23
2.7	KONSEP DASAR TEGANGAN DAN REGANGAN.....	24
2.8	TEGANGAN NORMAL (<i>NORMAL STRESS</i>).....	25
2.9	TEGANGAN GESER (<i>SHEAR STRESS</i>).....	26
2.10	REGANGAN.....	27
2.11	TEGANGAN LULUH (<i>YIELD STRENGTH</i>).....	28
2.12	KEKUATAN TARIK (<i>TENSILE STRENGTH</i>).....	28
2.13	MODULUS TARIK (<i>YOUNG MODULUS</i>).....	28
2.14	<i>MARGIN OF SAFETY</i>	29
2.13	METODE ELEMEN HINGGA (<i>FINITE ELEMENT METHOD</i>).....	30
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		32
3.1	DATA PROPERTIES PURWARUPA DESTILATOR ULTRASONIK MINYAK NILAM.....	32
3.1.1	Boiler.....	32
3.1.2	Pipa Api.....	34
3.1.3	Ketel Uap.....	34
3.1.4	Tutup Ketel Uap.....	35
3.1.5	Kondensor / Heat Exchanger.....	36
3.2	DATA KARAKTERISTIK BAHAN.....	37
3.3	DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	38
3.4	INSTRUMEN PENELITIAN.....	40
3.5	PENGUMPULAN DATA.....	40
3.6	PERALATAN YANG DIGUNAKAN.....	40
3.7	DIAGRAM <i>FISHBONE</i>	42
3.8	WAKTU PENELITIAN.....	44

3.9	GEOMTERI DESTILATOR.....	44
3.9.1	Geometri Boiler.....	44
3.9.2	Geometri Ketel Uap.....	46
3.9.3	Geometri Kondensor.....	48
BAB 4 HASIL PERHITUNGAN DAN ANALISIS.....		51
4.1	ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR PURWARUPA DESTILATOR ULTRASONIK MINYAK NILAM.....	51
4.1.1	Analisis pada Ketel Uap.....	51
4.1.2	Analisis pada Boiler.....	56
4.1.3	Analisis Pada <i>Heat Exchanger</i> / Kondensor.....	61
4.2	ANALISIS PERHITUNGAN LAJU AIR KONDENSAT DAN AIR PENAMBAH PADA PROSES DESIRKULISASI KE BOILER.....	65
4.3	ANALISIS KALOR YANG DIBUTUHKAN UNTUK MENGUAPKAN AIR DAN BAHAN BAKU.....	66
4.4	ANALISIS LAJU PERPINDAHAN PANAS PADA BOILER DAN KONDENSOR PADA PURWARUPA DESTILATOR ULTRASONIK MINYAK NILAM.....	67
4.4.1	Analisis laju perpindahan panas pada <i>boiler</i>	67
4.4.2	Analisis termal yang dibutuhkan kondensor.....	68
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		70
5.1	KESIMPULAN.....	70
5.2	SARAN.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....		72
LAMPIRAN.....		76
LAMPIRAN A. PERHITUNGAN GEOMETRI MENURUT ASME B.3.14 DAN B.3.15.....		77
LAMPIRAN B. PERHITUNGAN LAJU AIR KONDENSAT DAN AIR PENAMBAH PADA BOILER.....		84
LAMPIRAN C. PERHITUNGAN KALOR YANG DIBUTUHKAN UNTUK MENGUAPKAN AIR DAN BAHAN BAKU.....		88
LAMPIRAN D. PERHITUNGAN LAJU PERPINDAHAN PANAS PADA BOILER DAN KONDENSOR.....		92
LAMPIRAN E. ASME B.3.14.....		101



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tanaman Nilam dan Nilam Kering.....	6
Gambar 2.2	Teknik Perajangan/Pencacahan Secara Konvensional.....	13
Gambar 2.3	Teknik Pengeringan menggunakan Sinar Matahari Langsung.....	15
Gambar 2.4	Proses pelayunan tena nilam dengan cara diangin-angin.....	15
Gambar 2.5	Ekstraktor berbantu gelombang mikro.....	17
Gambar 2.6	Supercritical CO ₂ yang digunakan oleh Donelian.....	13
Gambar 2.7	Bubble Implosion yang terjadi pada tangka berisi air yang disebabkan oleh <i>Ultrasonic Cavitation</i>	19
Gambar 2.8	Proses Perpindahan Panas Secara Konduksi.....	20
Gambar 2.9	Proses Perpindahan Panas Secara Konduksi pada Bidang Datar.....	21
Gambar 2.10	Proses Perpindahan Panas Secara Konveksi.....	21
Gambar 2.11	Analogi fluida bergerak dengan kecepatan (V) diatas permukaan benda padat.....	21
Gambar 2.12	Proses Perpindahan Panas Secara Radiasi.....	23
Gambar 2.13	Batang Penampang persegi panjang mula-mula dan dikenai beban aksial.....	23
Gambar 2.14	Gaya Normal.....	26
Gambar 2.15	Gaya Geser.....	27
Gambar 2.16	Diskritisasi.....	26
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	39
Gambar 3.2	Laptop HP Omen 15.....	41
Gambar 3.3	Mouse Logitech M100r.....	41
Gambar 3.4	<i>Fishbone</i> Diagram.....	42
Gambar 3.5	Model 3D <i>Boiler</i> Sebelum <i>Rendering</i>	45
Gambar 3.6	Model 3D <i>Boiler</i> Setelah Proses <i>Rendering</i>	45
Gambar 3.7	Model 3D Ketel Uap Sebelum Proses <i>Rendering</i>	47
Gambar 3.8	Model 3D Ketel Uap Setelah Proses <i>Rendering</i>	47
Gambar 3.9	Model 3D Kondensor Sebelum Proses <i>Rendering</i>	49
Gambar 3.10	Model 3D Kondensor Setelah Proses <i>Rendering</i>	49
Gambar 4.1	Definisi beban dan kondisi batas pada model.....	52
Gambar 4.2	Hasil Simulasi nilai tegangan terhadap ketel uap.....	52

Gambar 4.3	Variasi Nilai Perpindahan Pada Ketel Uap.....	53
Gambar 4.4	Visualisasi meshing pada ketel uap.....	54
Gambar 4.5	Nilai tegangan maksimum pada ketel uap.....	54
Gambar 4.6	Elemen Size and Quality pada kerangka ketel uap.....	54
Gambar 4.7	Konvergensi hasil nilai hasil tegangan maksimum dan jumlah elemen pada ketel uap.....	55
Gambar 4.8	Definisi beban dan kondisi batas pada <i>boiler</i>	57
Gambar 4.9	Hasil Simulasi nilai tegangan terhadap <i>boiler</i>	57
Gambar 4.10	Variasi Nilai Perpindahan Pada <i>boiler</i>	58
Gambar 4.11	Visualisasi meshing pada <i>boiler</i>	58
Gambar 4.12	Nilai tegangan maksimum pada <i>boiler</i>	59
Gambar 4.13	<i>Elemen Size and Quality</i> pada kerangka <i>boiler</i>	59
Gambar 4.14	Konvergensi hasil nilai hasil tegangan maksimum dan jumlah elemen pada boiler.....	60
Gambar 4.15	Definisi beban dan kondisi batas pada <i>heat exchanger</i>	61
Gambar 4.16	Hasil Simulasi nilai tegangan terhadap <i>heat exchanger</i>	61
Gambar 4.17	Variasi Nilai Perpindahan Pada <i>heat exchanger</i>	62
Gambar 4.18	Visualisasi meshing pada <i>heat exchanger</i>	63
Gambar 4.19	Nilai tegangan maksimum pada <i>heat exchanger</i>	64
Gambar 4.20	<i>Elemen Size and Quality</i> pada kerangka <i>heat exchanger</i>	64
Gambar 4.21	Konvergensi hasil nilai hasil tegangan maksimum dan jumlah elemen pada heat exchanger.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	<i>Novelty</i>	4
Tabel 2.1	Hasil Minyak Nilam yang Dihasilkan oleh Pabrik Destilasi desa Cikondang, Majalengka.....	16
Tabel 3.1	Properties Material Silinder Dalam Boiler.....	33
Tabel 3.2	Properties Material Pelat Silinder Dalam Boiler.....	33
Tabel 3.3	Properties Material Struktur Boiler.....	33
Tabel 3.4	Properties Material Pipa Api.....	34
Tabel 3.5	Properties Material Silinder Ketel Uap.....	35
Tabel 3.6	Properties Material Struktur Ketel Uap.....	35
Tabel 3.7	Properties Material Silinder Tutup Ketel Uap.....	35
Tabel 3.8	Properties Material Struktur Tutup Ketel Uap.....	36
Tabel 3.9	Properties Material Silinder Kondensor.....	36
Tabel 3.10	Properties Material Struktur Kondensor.....	37
Tabel 3.11	Karakteristik Bahan dan Keterangan dari Tanaman Nilam.....	37
Tabel 3.12	Penentuan Masalah Utama Pada Penelitian.....	43
Tabel 3.13	Geometri <i>Boiler</i>	45
Tabel 3.14	Geometri Struktur Boiler.....	46
Tabel 3.15	Geometri Ketel Uap.....	47
Tabel 3.16	Geometri Struktur Ketel Uap.....	48
Tabel 3.17	Geometri Heat Exchanger / Kondensor.....	47
Tabel 4.1	Perbandingan jumlah elemen dan tegangan maksimum pada analisis ketel uap.....	56
Tabel 4.2	Perbandingan jumlah elemen dan tegangan maksimum pada analisis boiler.....	60
Tabel 4.3	Perbandingan jumlah elemen dan tegangan maksimum pada analisis heat exchanger.....	65
Tabel 4.4	Perbandingan Kalor Air dan Bahan Bakar.....	48
Tabel 4.5	Perbedaan waktu operasional pada destilator konvensional dan destilator ultrasonik minyak nilam.....	68
Tabel 4.6	Nilai Property Udara Kering pada Tekanan 1 Atm.....	68

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
A_0	Luasan permukaan pipa bagian luar
A_i	Luasan permukaan pipa bagian dalam
C_i	Kalor spesifik zat cair jenuh
$C_{,m}$	Konstanta untuk permukaan isothermal
C_{sf}	Konstanta gabungan fluida-permukaan
g	Percepatan Gravitasi
Gr_j	Bilangan <i>Grashof</i>
h	Koefisien kondensasi rata-rata
h_0	Koefisien perpindahan kalor konveksi
h_i	Koefisien perpindahan kalor kondensasi
h_{fg}	<i>Enthalpy</i> Penguapan
k	Konduksi fluida jenuh
L	Panjang pipa
\bar{Nu}_j	Bilangan <i>Nusselt</i>
P_i	Tekanan zat cair
PR_t	Angka <i>Prandtl</i>
P_v	Tekanan uap di dalam gelembung
$\frac{q}{A}$	Fluks kalo per satuan luas
r_o	Jari – jari luar pipa
r_i	Jari – jari dalam pipa
R_a	Bilangan <i>Rayleigh</i>
Rf	Tahanan pengotoran
E	<i>Weld joint factor</i>

t	Tebal pelat
t_1	Tinggi
t_o	Suhu air pendingin keluar
t_i	Suhu air pendingin masuk
T_f	Suhu dievaluasi pada kondisi film
T_s	Suhu permukaan solid
t_s	Suhu uap jenuh
T_{sat}	Suhu jenuh
T_w	Suhu dinding
T_∞	Suhu dievaluasi pada kondisi arus bebas
U_o	Koefisien perpindahan kalor menyeluruh
ΔT_e	<i>Excess temperature</i>
ΔT_m	Beda suhu rata – rata logaritmik ³
Δx	Tebal dinding
μ_l	Vikositas zat cair
ρ_l	Densitas zat cair jenuh
ρ_v	Densitas uap jenuh