



**OPTIMASI UNJUK KERJA PENDINGINAN KONVEKSI
PAKSA PADA JET SINTETIK BERBASIS SPEAKER DENGAN
VARIASI *NOZZLE* BERBENTUK ABJAD X DAN Z**

SKRIPSI

SALMA ZAFIRAH WISRIANSYAH

1610311045

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2020



**OPTIMASI UNJUK KERJA PENDINGINAN KONVEKSI
PAKSA PADA JET SINTETIK BERBASIS SPEAKER DENGAN
VARIASI *NOZZLE* BERBENTUK ABJAD X DAN Z**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

SALMA ZAFIRAH WISRIANSYAH

1610311045

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

2020

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Salma Zafirah Wisriansyah

NIM : 1610311045

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Optimasi Unjuk Kerja Pendinginan Konveksi Paksa Pada Jet Sintetik Berbasis Speaker Dengan Variasi *Nozzle* Berbentuk Abjad X Dan Z

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Ir. M. Galbi B. MT
Penguji Utama



M. Arifudin L., ST, MT



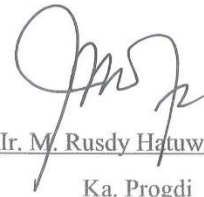
Dr. Purkha Rizal, M. Si.

Dekan



Dr. Damora Rhakasywi, ST, MT

Penguji Pembimbing



Ir. M. Rusdy Hatuwe, MT

Ka. Progdi

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 23 Juni 2020

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Salma Zafirah Wisriansyah

NIM : 1610311045

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Optimasi Unjuk Kerja Pendinginan Konveksi Paksa Pada Jet Sintetik Berbasis Speaker Dengan Variasi *Nozzle* Berbentuk Huruf X Dan Z

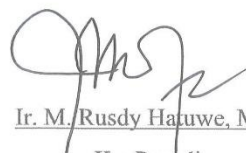
Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis berdasarkan arahan oleh dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Dr. Damora Rhakasywi, ST, MT
Pembimbing I



Nur Cholis ST, M. Eng
Pembimbing II



Ir. M. Rusdy Hafuwe, MT.
Ka. Progd

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil saya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Salma Zafirah Wisriansyah

NIM : 1610311045

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 10 Juli 2020

Yang menyatakan



Salma Zafirah Wisriansyah

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Salma Zafirah Wisriansyah
NRP : 1610311045
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

OPTIMASI UNJUK KERJA PENDINGINAN KONVEKSI PAKSA PADA JET SINTETIK BERBASIS SPEAKER DENGAN VARIASI *NOZZLE* BERBENTUK ABJAD X DAN Z

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 10 Juli 2020

Yang menyatakan,



Penulis

**OPTIMASI UNJUK KERJA PENDINGINAN KONVEKSI
PAKSA PADA JET SINTETIK BERBASIS SPEAKER DENGAN
VARIASI *NOZZLE* BERBENTUK ABJAD X DAN Z**

Salma Zafirah Wisriansyah

Abstrak

Jet sintetik dianggap sebagai solusi yang menjanjikan untuk digunakan sebagai alat pendinginan pada elektronik modern yang memiliki bentuk bodi tipis. Terdapat banyak variasi variabel yang dapat digunakan pada penelitian jet sintetik seperti bentuk *nozzle* dan frekuensi yang digunakan. Penelitian ini memilih untuk memvariasikan bentuk *nozzle* menggunakan huruf *alphabet* yaitu X dan Z. Pemilihan bentuk *nozzle* ini selain sebagai bentuk inovasi juga diharapkan mampu memberikan efek perpindahan panas yang lebih baik karena keberadaan sudut-sudut (*corners*) pada bentuknya, jika dibandingkan dengan bentuk *nozzle* yang paling umum yaitu bentuk lingkaran. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan speaker pada jenis gelombang sinusoidal sebagai aktuatornya. Hasil penelitian ini secara eksperimental menunjukkan bahwa *nozzle* bentuk X dan Z mampu menghasilkan temperatur akhir terbaik pada frekuensi 40 Hz, 60 Hz dan 80 Hz. Sementara hasil simulasi aliran fluida menggunakan CFD pada penelitian ini menemukan nilai *vorticity* tertinggi dihasilkan oleh *nozzle* bentuk Z pada seluruh frekuensi. Sementara nilai *velocity* tertinggi pada fluida dihasilkan oleh *nozzle* bentuk X untuk seluruh frekuensi yang digunakan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *nozzle* bentuk X dan Z dapat meningkatkan heat transfer jika dibandingkan dengan *nozzle* bentuk lingkaran.

Kata Kunci : Jet sintetik, gelombang sinusoidal, variasi *nozzle*, *corners*

THE OPTIMIZATION OF FORCED COOLING CONVECTION IN SYNTHETIC JET SPEAKER BASED BY VARYING THE SHAPE OF NOZZLE IN THE ALPHABET FORM OF X AND Z

Salma Zafirah Wisriansyah

Abstract

Synthetic jet is considered as a promising solution to be used as a cooling device in a modern electronic that requires a slim body. There are several variables that can be used in synthetic jet studies such as nozzle shapes and frequency excitations. This study chose to vary the shape of the nozzle by using X and Z alphabet shape. Other than as an innovation, this study wanted to prove that the existence of corners in X and Z shape could actually increase the heat transfer if compared to the conventional nozzle shape (circle). This study is done by using speaker as an actuator with sinusoidal wave. The result of this study experimentally showed that X and Z shaped nozzle could produce the best final temperature of the heat source at 40 Hz, 60 Hz and 80 Hz. Moreover, the computational result of this study found that the highest vorticity magnitude occurred is produced by Z shaped nozzle in all frequency excitations whilst the highest velocity magnitude is generated by X shaped nozzle in all frequency excitations as well. This study showed that the X and Z shaped nozzle could increase the heat transfer compared to the circle shaped one.

Keywords : ***Synthetic Jet, sinusoidal wave, nozzle variations, corners***

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Optimasi Unjuk Kerja Pendinginan Konveksi Paksa Pada Jet Sintetik Berbasis Speaker Dengan Variasi *Nozzle* Berbentuk Abjad X Dan Z**”. Skripsi ini dibuat dalam rangka memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terwujud dengan baik dengan bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung dan tidak langsung.

Dalam kesempatan ini pula penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak M. Rusdy Hatuwe, S.T, M.T selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
2. Bapak Dr. Damora Rhakasywi, S.T, M.T selaku dosen Program Studi Teknik Mesin di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta dan dosen pembimbing Skripsi yang telah membantu penulis dalam penelitian.
3. Bapak Nur Cholis ST, M. Eng selaku dosen Program Studi Teknik Mesin di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta dan dosen pembimbing Skripsi yang telah membantu penulis dalam penelitian.
4. Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan moral dan material sehingga penulis dapat mengerjakan skripsi.
5. Rekan-rekan seperjuangan Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta khususnya tahun angkatan 2016 yang senantiasa memberikan dukungan moral dan material sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
6. Serta semua pihak baik teman maupun sahabat yang telah membantu penulis secara materi maupun moril.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua di kedepannya kelak.

Jakarta, 10 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
Abstrak	vi
Abstract	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Jet Sintetik	7
2.2 Aktuator Jet Sintetik	10
2.2.1 Speaker	11
2.2.2 Frekuensi	12
2.2.3 Gelombang Sinus	13
2.3 Aliran Fluida	13
2.3.1 Aliran Laminar	15
2.3.2 Aliran Transisi	16
2.3.3 Aliran Turbulen	16
2.3.4 <i>Dimensionless Number</i>	17
2.4 Perpindahan Panas	19

2.4.1	Perpindahan Panas Konduksi.....	19
2.4.2	Perpindahan Panas Konveksi.....	20
2.5	<i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i>	20
2.5.1	ANSYS.....	22
2.5.2	<i>Mesh Independent Study</i>	23
2.5.3	<i>User-Defined-Function (UDF)</i>	24
BAB III METODE PENELITIAN.....		26
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	26
3.2	Alat yang Digunakan.....	28
3.3	Prosedur Pengambilan Data.....	35
3.4	Tahapan CFD FLUENT ANSYS.....	36
3.5	Parameter Penelitian.....	38
BAB IV PEMBAHASAN.....		41
4.1	Pengujian Eksperimental.....	42
4.1.1	<i>Fan</i>	42
4.1.2	Variasi Frekuensi.....	43
3.1.2	Variasi <i>Nozzle</i>	48
4.2	Simulasi Aliran Fluida Menggunakan CFD.....	54
4.2.1	<i>Nozzle Circle</i>	55
4.2.2	<i>Nozzle X</i>	63
4.2.3	<i>Nozzle Z</i>	71
BAB V PENUTUP.....		79
5.1	Kesimpulan.....	79
5.2	Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA.....		82
RIWAYAT HIDUP.....		86
LAMPIRAN.....		87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jet Sintetik.....	7
Gambar 2.2 Langkah Kerja Jet Sintetik Berbasis Speaker.....	10
Gambar 2.3 Aktuator Speaker	11
Gambar 2.4 Aliran Laminar.....	15
Gambar 2.5 Aliran Transisi.....	16
Gambar 2.6 Aliran Turbulen.....	17
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian Jet Sintetik.....	27
Gambar 3.2 Termometer Digital TM-946	29
Gambar 3.3 Thermostat Autonics TC45.....	30
Gambar 3.4 <i>Thermocouple</i>	30
Gambar 3.5 Plat Datar dan Plat Sumber Panas	31
Gambar 3.6 <i>Nozzle</i> Akrilik.....	32
Gambar 3.7 Dimensi <i>Nozzle</i>	32
Gambar 3.8 <i>Speaker</i>	33
Gambar 3.9 Jangka Sorong.....	33
Gambar 3.10 TTG.....	34
Gambar 3.11 Tampilan ANSYS 16.....	34
Gambar 3.12 Pengambilan Data.....	35
Gambar 4.1 Penurunan Temperatur Menggunakan <i>Fan</i>	42
Gambar 4.2 Perubahan Temperatur Menggunakan <i>Fan</i>	42
Gambar 4.3 Penurunan Temperatur <i>Nozzle Circle</i> Variasi Frekuensi.....	43
Gambar 4.4 Perubahan Temperatur <i>Nozzle Circle</i> Variasi Frekuensi.....	44
Gambar 4.5 Penurunan Temperatur <i>Nozzle</i> Bentuk X Variasi Frekuensi.....	45
Gambar 4.6 Perubahan Temperatur <i>Nozzle</i> Bentuk X Variasi Frekuensi.....	46
Gambar 4.7 Penurunan Temperatur <i>Nozzle</i> Bentuk Z Variasi Frekuensi.....	46
Gambar 4.8 Perubahan Temperatur <i>Nozzle</i> Bentuk Z Variasi Frekuensi.....	47
Gambar 4.9 Penurunan Temperatur Variasi <i>Nozzle</i> Frekuensi 40 Hz.....	48
Gambar 4.10 Perubahan Temperatur Variasi <i>Nozzle</i> Frekuensi 40 Hz.....	49

Gambar 4.11 Penurunan Temperatur Variasi <i>Nozzle</i> Frekuensi 60 Hz	50
Gambar 4.12 Perubahan Temperatur Variasi <i>Nozzle</i> Frekuensi 60 Hz.....	51
Gambar 4.13 Penurunan Temperatur Variasi <i>Nozzle</i> Frekuensi 80 Hz.....	51
Gambar 4.14 Perubahan Temperatur Variasi <i>Nozzle</i> Frekuensi 80 Hz.....	52
Gambar 4.15 Penurunan Temperatur Variasi <i>Nozzle</i> Frekuensi 100 Hz.....	53
Gambar 4.16 Perubahan Temperatur Variasi <i>Nozzle</i> Frekuensi 80 Hz.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 <i>Boundary Conditions</i>	36
Tabel 4.1 <i>Vorticity dan Velocity Nozzle Circle 40 Hz</i>	55
Tabel 4.2 <i>Vorticity dan Velocity Nozzle Circle 60 Hz</i>	57
Tabel 4.3 <i>Vorticity dan Velocity Nozzle Circle 80 Hz</i>	59
Tabel 4.4 <i>Vorticity dan Velocity Nozzle Circle 100 Hz</i>	61
Tabel 4.5 <i>Vorticity dan Velocity Nozzle X 40 Hz</i>	63
Tabel 4.6 <i>Vorticity dan Velocity Nozzle X 60 Hz</i>	65
Tabel 4.7 <i>Vorticity dan Velocity Nozzle X 80 Hz</i>	67
Tabel 4.8 <i>Vorticity dan Velocity Nozzle X 100 Hz</i>	69
Tabel 4.9 <i>Vorticity dan Velocity Nozzle X 40 Hz</i>	71
Tabel 4.10 <i>Vorticity dan Velocity Nozzle X 60 Hz</i>	73
Tabel 4.11 <i>Vorticity dan Velocity Nozzle X 80 Hz</i>	75
Tabel 4.12 <i>Vorticity dan Velocity Nozzle X 100 Hz</i>	76

DAFTAR NOTASI

f	: Frekuensi (Hz)	P	: Density (kg/m^3)
n	: Banyak getaran	V	: Kecepatan (m/s)
t	: Waktu (s)	D	: Diameter pipa (m)
T	: Periode (s)	α	: <i>Thermal diffusion rate</i> (m^2/s)
A_p	: Amplitudo (m)	h	: Koefisien konveksi termal ($\text{W/m}^2\text{K}$)
ω	: Frekuensi radial (rad/s)	L	: Panjang (m)
φ	: Fase (m)	k	: Konduktivitas termal (W/m.K)
Q	: Debit (m^3/s)	D	: <i>Mass diffusion rate</i> (m^2/s)
A	: Luas permukaan (m^2)	Kc	: <i>Convective mass transfer rate</i> (m/s)
λ	: panjang gelombang (m)	Cp	: <i>Thermal capacity</i> (J/K)
T	: periode gelombang (s)		
μ	: Kekentalan, viskositas dinamik (Pa.s)		
τ	: Tegangan geser (Pa)		
du/dy	: Gradien kecepatan		
v	: <i>Viscous diffusion rate</i> (m^2/s)		