



**ANALISIS UNJUK KERJA PENDINGIN KONVEKSI
PAKSA MENGGUNAKAN JET SINTETIK DENGAN
VARIASI GELOMBANG (*SINE, SQUARE, DAN
TRIANGULER*)**

BINTANG ARYA PUTRA

1510311023

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2019



**ANALISIS UNJUK KERJA PENDINGIN KONVEKSI
PAKSA MENGGUNAKAN JET SINTETIK DENGAN
VARIASI GELOMBANG (*SINE, SQUARE, DAN
TRIANGULER*)**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

BINTANG ARYA PUTRA

1510311023

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

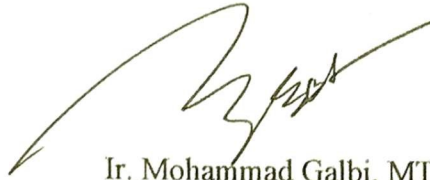
2019

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Bintang Arya Putra
NIM : 1510311023
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : ANALISIS UNJUK KERJA PENDINGIN KONVEKSI
PAKSA MENGGUNAKAN JET SINTETIK DENGAN
VARIASI GELOMBANG (*SINE*, *SQUARE*, DAN
TRIANGULER)

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta.



Ir. Mohammad Galbi, MT

Ketua Penguji



Sigit Pradana, ST., MT

Penguji I



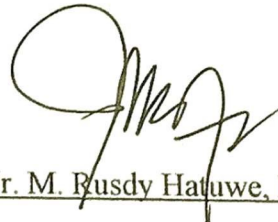
Dr. Ir. Reda Rizal, M. Si

Dekan



Dr. Damora Rhakasywi, ST., MT

Penguji II (Pembimbing I)



Ir. M. Rusdy Hatuwe, MT

Ka. Program Studi

Ditetapkan di : Jakarta
Tanggal Ujian : 11 Juli 2019

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**ANALISIS UNJUK KERJA PENDINGIN KONVEKSI
PAKSA MENGGUNAKAN JET SINTETIK DENGAN
VARIASI GELOMBANG (*SINE, SQUARE, DAN
TRIANGULER*)**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

BINTANG ARYA PUTRA

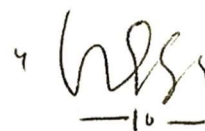
1510311023

Pembimbing I



(Dr. Damora Rhakasywi, ST., MT)

Pembimbing II

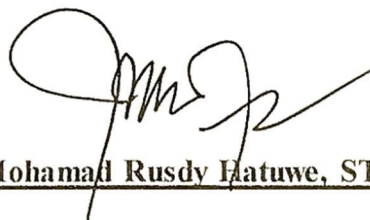


(Muhammad As'adi, MT)

Jakarta, 11 Juli 2019

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin



(Ir. Mohamad Rusdy Hatuwe, ST., MT)

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Bintang Arya Putra
NIM : 1510311023
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, 11 Juli 2019

Yang menyatakan,



(Bintang Arya Putra)

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

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

Nama : Bintang Arya Putra
NIM : 1510311023
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya 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 :

ANALISIS UNJUK KERJA PENDINGIN KONVEKSI PAKSA
MENGUNAKAN JET SINTETIK DENGAN VARIASI GELOMBANG (*SINE, SQUARE, DAN TRIANGULER*)

Berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/format kan, dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mengaplikasikan 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 : 1 Agustus 2019

Yang Menyatakan



Bintang Arya Putra

ANALISIS UNJUK KERJA KONVEKSI PAKSA MENGUNAKAN JET SINTETIK DENGAN VARIASI GELOMBANG (*SINE*, *SQUARE*, DAN *TRIANGULER*)

Bintang Arya Putra

ABSTRAK

Efektifitas pendinginan menggunakan kipas pendingin pada suatu perangkat elektronik menjadi tolak ukur. Jet sintetik berbasis *speaker* yang menjadi inovasi saat ini berkerja dengan prinsip *zero input mass*, menghasilkan udara di dalam rongga dengan membran berosilasi yang mengakibatkan fase hisap-hembus terjadi pada lubang orifis. Udara yang dibangkitkan kemudian mengalir melalui orifis menumbuk sumber panas sebagai pendingin konveksi paksa. *Speaker* yang digunakan sebagai aktuator berosilasi menyerupai bentuk gelombang menggunakan fungsi gelombang *sine*, *square*, dan *triangular* dengan frekuensi 80, 100, dan 120 Hz. Simulasi aliran udara yang tercipta menggunakan CFD Fluent. Penggunaan variasi gelombang memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Gelombang *triangular* menunjukkan suhu akhir pengujian mencapai 27°C, dengan frekuensi optimum 80 Hz. Aliran udara yang tercipta berupa aliran *vortex* dengan jenis aliran turbulen. Konsumsi daya listrik kipas pendingin mencapai sepuluh kali konsumsi daya jet sintetik.

Kata Kunci : Jet Sintetik, Konveksi Paksa, Variasi Gelombang

***ANALISYS PERFORMANCE OF SYNTHETIC JET FORCED
CONVECTION COOLERS USING SINE, SQUARE,
TRIANGULAR WAVE VARIATIONS***

Bintang Arya Putra

ABSTRACT

Cooling effectiveness using a cooling fan on an electronic device becomes a benchmark. Speaker-based synthetic jets that are becoming innovations today work on the principle of zero input mass, producing air in the cavity with an oscillating membrane which results in the suction phase occurring in the orifice hole. The generated air then flows through the orifice to pound the heat source as a forced convection cooler. Speakers used as oscillating actuators resemble waveforms using sine, square, and triangular wave functions with frequencies of 80, 100, and 120 Hz. Air flow simulation created using Fluent CFD. The use of wave variations has different characteristics. Triangular waves indicate the final test temperature reaches 27oC, with an optimum frequency of 80 Hz. Air flow created in the form of vortex flow with a type of turbulent flow. The electric power consumption of cooling fans reaches ten times the consumption of synthetic jet power.

Keywords : Synthetic Jet, Wave Variations, Forced Convection

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbilalamin. Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala karena limpahan nikmat serta karunia-Nya penulisan skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta. Keterbatasan serta kekurangan penulisan dalam memahami dan mendeskripsikan skripsi ini tidak lepas dari sifat dasar manusia yang mana manusia adalah tempatnya salah.

Penulisan skripsi ini tidak serta merta penulis lakukan sendiri melainkan terdapat banyak bantuan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak yang terlibat. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Damora Rhakasywi, ST., MT. sebagai pembimbing yang telah menjadi panutan dalam menyelesaikan skripsi ini, membagikan pengetahuan dan pengalamannya, mengizinkan ikut serta dalam membuat dan mempublikasikan jurnal internasional, serta sangat sabar dalam menghadapi mahasiswa bimbingannya.
2. Bapak As'adi, MT. sebagai pembimbing yang telah memberikan pencerahan dari setiap permasalahan yang terjadi, mengubah kebuntuan dalam menganalisa permasalahan menjadi lebih mudah dipahami.
3. Alm. Ibunda Siti Aisyah, Ayahanda Joko Triyono, saudara Yossie Cahya Permata, S.Si, Putri Zalfa, serta keluarga besar Alm. Sukardjan dalam mendukung, mendoakan, serta menantikan penulis menyelesaikan Skripsi ini.
4. Hadi Priono Sianturi dan Muchammad Baihaqi yang selalu menjadi sobat Push Rank menunggu pengambilan data selesai. Serta selalu bertukar pikiran saat keadaan tertekan dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Yosua Sebastian yang selalu menjadi support terbaik dalam akademisi maupun non-akademisi, serta menjadi teman bertukar pengalaman dan bertukar cerita.
6. Teman-teman Mahasiswa Teknik Mesin 2015 yang memiliki karakteristik masing-masing dalam menyokong Sistem daripada Teknik Mesin 2015 itu sendiri.

Semoga penulisan skripsi ini menjadi ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi pembaca serta penulis pribadi dalam menciptakan suatu inovasi terkait keterbaharuan energi.

Jakarta, 11 Juli 2019

Penulis

DAFTAR NOTASI

y : Simpangan gelombang	q_k : Laju perpindahan panas konduksi (W/m^2K)
f : Frekuensi (Hz)	k : Konduktivitas termal ($W/m K$)
x : Sumbu horizontal	A_l : Luas permukaan (m^2)
V : Kecepatan (m/s)	T : Temperatur ($^{\circ}C$)
t : Waktu (s)	R_{cd} : Tahanan konduksi (K/W)
A : Amplitudo (m)	q : Laju perpindahan panas (W/m^2K)
T_p : Periode (s)	L : Panjang laluan perpindahan panas (m)
ω : Frekuensi anguler (rad/s)	h : Koefisien perpindahan panas (W/m^2K)
ka : Kecepatan anguler (rad/s)	P : Daya (Watt)
θ : Sudut ($^{\circ}$)	Volt : Tegangan (V)
ϕ : Fase gelombang	I : Kuat arus (A)
Σ : Sigma	

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
I. 1. Latar Belakang	1
I. 2. Perumusan Masalah	2
I. 3. Batasan Masalah	3
I. 4. Tujuan Penelitian	3
I. 5. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II. 1. Gelombang	5
II. 2. Aliran Fluida	10
II. 2. 1. Aliran Fluida Laminar	11
II. 2. 2. Aliran Fluida Transisi	11
II. 2. 3. Aliran Fluida Turbular	12
II. 3. Perpindahan Panas	12
II. 3. 1. Perpindahan Panas Konduksi	13
II. 3. 2. Perpindahan Panas Konveksi	14
II. 4. CFD (<i>Computational Fluid Dynamic</i>)	15
II. 4. 1. GAMBIT®	16
II. 4. 2. FLUENT®	17
II. 5. Jet Sintetik	19

II. 6. Daya Listrik	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
III. 1. Diagram Alur Penelitian	22
III. 2. Prosedur Pengambilan Data.....	23
III. 3. Alat yang Digunakan	24
III. 4. Langkah – Langkah Simulasi CFD Fluent	31
BAB IV PEMBAHASAN.....	34
IV. 1. Karakteristik Gelombang.....	35
IV. 1. 1. Gelombang Sinus	35
IV. 1. 2. Gelombang <i>Square</i>	37
IV. 1. 3. Gelombang <i>Triangular</i>	40
IV. 2. Frekuensi Optimum	42
IV. 3. Simulasi Aliran Menggunakan CFD Fluent	50
IV. 4. Perbandingan Daya Listrik	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
V. 1. Kesimpulan	65
V. 2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gelombang transversal	5
Gambar 2.2 Gelombang longitudinal	5
Gambar 2.3 Gelombang yang bergerak pada $t=0$	6
Gambar 2.4 Gelombang yang bergerak setelah t detik kearah kanan	7
Gambar 2.5 Gelombang sinusoidal bergerak kearah kanan dengan kecepatan v ...	7
Gambar 2.6 Gelombang <i>square</i> dan <i>triangular</i>	9
Gambar 2.7 Transformasi gelombang sinus menjadi gelombang <i>square</i>	9
Gambar 2.8 Transformasi gelombang sinus menjadi gelombang <i>triangular</i>	10
Gambar 2.9 Aliran Lamiran Fluida	11
Gambar 2.10 Aliran Transisi Fluida.....	12
Gambar 2.11 Aliran Turbulen Fluida.....	12
Gambar 2.12 perpindahan panas konveksi pada plat datar	15
Gambar 2.13 Tahapan menjalankan Gambit.....	16
Gambar 2.14 <i>UserInterface</i> Gambit.....	16
Gambar 2.15 Desain Jet Sintetik berbasis <i>speaker</i> sebagai <i>aktuator</i>	19
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian jet sintetik	22
Gambar 3.2 <i>Stabilizer</i> Tegangan.....	24
Gambar 3.3 AC-DC <i>UniversalAdaptors</i>	25
Gambar 3.4 <i>ThermometerDigital</i> TM-946.....	25
Gambar 3.5 Kabel UPCB	26
Gambar 3.6 <i>ThermostatAutonics</i> TC4S	26
Gambar 3.7 <i>HeaterMat</i>	27
Gambar 3.8 Plat Datar.....	27
Gambar 3.9 <i>Fan</i>	28
Gambar 3.10 Akrilik	28
Gambar 3.11 <i>Speaker</i>	29
Gambar 3.12 Model jet sintetik berbasis <i>speaker</i>	29
Gambar 3.13 Laptop yang sedang melakukan pengujian	30
Gambar 3.14 <i>Gridcheck</i> pada aplikasi Fluent.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 <i>Boundary Condition</i> pada Fluent	31
Tabel 4.1 Vorticity dan Intensitas Turbulen Gelombang Sinus 80 Hz	51
Tabel 4.2 Vorticity dan Intensitas Turbulen Gelombang Sinus 100 Hz	53
Tabel 4.3 Vorticity dan Intensitas Turbulen Gelombang Sinus 120 Hz	54
Tabel 4.4 Vorticity dan Intensitas Turbulen Gelombang <i>Square</i> 80 Hz.....	55
Tabel 4.5 Vorticity dan Intensitas Turbulen Gelombang <i>Square</i> 100 Hz.....	56
Tabel 4.6 Vorticity dan Intensitas Turbulen Gelombang <i>Square</i> 120 Hz.....	57
Tabel 4.7 Vorticity dan Intensitas Turbulen Gelombang <i>Trianguler</i> 80 Hz.....	59
Tabel 4.8 Vorticity dan Intensitas Turbulen Gelombang <i>Trianguler</i> 100 Hz.....	60
Tabel 4.9 Vorticity dan Intensitas Turbulen Gelombang <i>Trianguler</i> 120 Hz.....	61
Tabel 4.10 Perbandingan kebutuhan daya listrik	63

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perbandingan Penurunan Temperatur Natural Konveksi vs <i>Fan</i>	34
Grafik 4.2 Perbandingan Perubahan Temperatur Variasi Gelombang Sinus.....	35
Grafik 4.3 Perbandingan Perubahan Temperatur Persatuan Waktu.....	36
Grafik 4.4 Besar Perubahan Temperatur Persatuan Waktu	37
Grafik 4.5 Perbandingan Perubahan Temperatur Variasi Gelombang <i>Square</i>	38
Grafik 4.6 Perbandingan Perubahan Temperatur Persatuan Waktu.....	38
Grafik 4.7 Besar Perubahan Temperatur Persatuan Waktu	39
Grafik 4.8 Perbandingan Perubahan Temperatur Variasi Gelombang <i>Trianguler</i>	40
Grafik 4.9 Perbandingan Perubahan Temperatur Persatuan Waktu.....	41
Grafik 4.10 Besar Perubahan Temperatur Persatuan Waktu	42
Grafik 4.11 Perbandingan frekuensi 80 Hz dari setiap gelombang	42
Grafik 4.12 Penurunan temperatur frekuensi 80 Hz dari setiap Gelombang	43
Grafik 4.13 Perbandingan delta temperatur untuk frekuensi 80 Hz.....	44
Grafik 4.14 Perbandingan frekuensi 100 Hz dari setiap gelombang	44
Grafik 4.15 Penurunan temperatur frekuensi 100 Hz dari setiap Gelombang	45
Grafik 4.16 Perbandingan delta temperatur untuk frekuensi 100 Hz.....	46
Grafik 4.17 Perbandingan frekuensi 120 Hz dari setiap gelombang	46
Grafik 4.18 Perbandingan frekuensi 120 Hz dari setiap gelombang	47
Grafik 4.19 Perbandingan delta temperatur untuk frekuensi 120 Hz.....	48
Grafik 4.20 Penurunan Temperatur Konveksi Natural, <i>Fan</i> dan Jet Sintetik	48
Grafik 4.21 Kebutuhan Daya Listrik Jet Sintetik.....	64