



**ANALISIS EFEK PENDINGIN KONVEKSI PAKSA  
MENGGUNAKAN JET SINTETIK NOZZLE X**

**SKRIPSI**

**IBNU DRAJAT WIJATAMA**

**1610311054**

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

**2020**



**ANALISIS EFEK PENDINGIN KONVEKSI PAKSA  
MENGGUNAKAN JET SINTETIK NOZZLE X**

**SKRIPSI**

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

**IBNU DRAJAT WIJATAMA**

**1610311054**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Ibnu Drajat Wijatama  
NIM : 1610311054  
Program Studi : S1 Teknik Mesin  
Judul Skripsi : ANALISIS EFEK PENDINGIN KONVEKSI PAKSA  
MENGGUNAKAN JET SINTETIK NOZZLE X

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

(Muhamad As'adi, S.T., M.T.)

Penguji Utama

(M. Arifudin Lukmana, S.T., M.T.) (Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T., IPP)

Penguji III (Pembimbing)



(Dr. Ir. Reda Rizal, M.Si.)

Dekan Fakultas Teknik

Penguji III (Pembimbing)

Ka.Progdi

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 29 Juni 2020

## **LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**ANALISIS EFEK PENDINGIN KONVEKSI PAKSA MENGGUNAKAN JET  
SINTETIK NOZZLE X**

Disusun oleh :

**IBNU DRAJAT WIJATAMA  
161.0311.054**

Menyetujui,



Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T., IPP

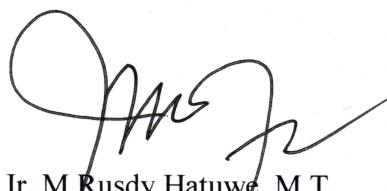
Pembimbing I



Nur Cholis, S.T., M.Eng, IPM

Pembimbing II

Mengetahui,



Ir. M. Rusdy Hatuwe, M.T.

Ketua Program Studi Teknik Mesin

## **PERNYATAAN ORISINALITAS**

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

Nama : Ibnu Drajat Wijatama

NIM : 1610311054

Fakultas : Teknik

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Menyatakan bahwa skripsi yang saya kerjakan ini merupakan hasil karya sendiri, serta semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Jakarta, 08 Juli 2020

Yang menyatakan.



(Ibnu Drajat Wijatama)

## **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta,  
Saya yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Ibnu Drajat Wijatama  
NIM : 1610311054  
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-eksklusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISIS EFEK PENDINGIN KONVEKSI PAKSA MENGGUNAKAN JET SINTETIK NOZZLE X**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, 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 : 08 Juli 2020  
Yang Menyatakan



(Ibnu Drajat Wijatama)

## Nomenclature

$V$ = kecepatan, cepat rambat gelombang, kecepatan aliran (m/s)	$\tau$ = tegangan geser (Pa)
$V_0$ = kecepatan awal gelombang (m/s)	$dV/dy$ = gradien kecepatan
$\pi$ = Bilangan tak berdimensi	$\nu$ = viskositas difusivitas rate (Pa.s)
$k$ = kecepatan anguler (rad/s)	$Q$ = debit (m <sup>3</sup> /s)
$\omega$ = frekuensi anguler (rad/s)	$A$ = luas permukaan (m <sup>2</sup> )
$A$ = amplitudo (m)	$L$ = panjang, panjang karakteristik (m)
$f$ = frekuensi (Hz)	$\alpha$ = difusivitas termal (J/m <sup>3</sup> .K)
$\theta$ = sudut (o)	$D$ = difusivitas massa
$t$ = waktu (s)	$d$ = diameter pipa (m)
$\lambda$ = panjang gelombang (m)	$A_p$ = luas permukaan pipa (m <sup>2</sup> )
$T$ = periode gelombang (s)	$h$ = koefisien perpindahan panas (W/m <sup>2</sup> .K)
$\Sigma$ = Sigma	$k$ = konduktivitas termal (W/m.K)
$\rho$ = kerapatan, density (kg/m <sup>3</sup> )	$m$ = massa (kg)
$\mu$ = kekentalan, viskositas dinamik (Pa.s)	Nozzle X= nozzle yang berbentuk huruf x

# **ANALISIS EFEK PENDINGIN KONVEKSI PAKSA**

## **MENGGUNAKAN JET SINTETIK NOZZLE X**

( Ibnu Drajat Wijatama )

### **ABSTRAK**

Beberapa komponen elektronik mempunyai batas panas sehingga elektronik tersebut bisa bekerja dengan baik, panas yang terjadi mempengaruhi kualitas dan efektifitas perangkat elektronik tersebut. oleh karena itu, pendinginan komponen elektronik telah menjadi bagian penting dalam teknologi elektronik. Pendinginan secara natural yaitu perpindahan panas tanpa bantuan alat namun pendingin natural memiliki kekurangan memerlukan waktu yang lama dan pendinginan secara konveksi paksa yaitu perpindahan panas dengan cara mengalirkan udara dengan bantuan alat seperti kipas namun kipas memiliki kekurangan berdimensi relatif besar. Oleh karena itu, dilakukan penelitian metode pendinginan alternatif konveksi paksa menggunakan jet sintetik sebagai bentuk inovasi dalam pendinginan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari karakteristik Nozzle X. pemilihan frekuensi optimum untuk proses pendinginan serta ketinggian optimum dari nozzle jet sintetik terhadap plat datar. Ada 2 metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengambilan data secara langsung dan berbasis computer untuk CFD. Penggunaan Nozzle huruf X memiliki karakteristik dengan menggunakan frekuensi 100 Hz dan ketinggian 4 cm mampu menurunkan dengan cepat.

**Kata Kunci : Jet sintetik, Nozzle X, frekuensi , ketinggian**

# **ANALYSIS OF FORCED CONVECTION COOLING EFFECTS USING X-NOZZLE OF SYNTHETIC JETS**

( Ibnu Drajat Wijatama )

## **ABSTRACT**

*Some electronic components have a heat limit so that the electronics can work well, the heat that occurs affect the quality and effectiveness of the electronic device. therefore, cooling of electronic components has become an important part of electronic technology. Natural cooling is heat transfer without the aid of tools, but natural cooling has shortcomings that require a long time and forced convection cooling is heat transfer by means of air flow with the help of tools such as fans, but the fans have relatively large dimensions. Therefore, research into alternative methods of forced convection cooling using synthetic jets as a form of innovation in cooling. This study aims to find the characteristics of the Nozzle X. the selection of the optimum frequency for the cooling process and the optimum height of the synthetic jet nozzle to the flat plate. There were 2 methods used in this research, namely data collection directly and computer-based for CFD. The use of X-form nozzle had the characteristics that using a frequency of 100 Hz and a height of 4 cm was able to decrease quickly.*

**Keywords :** Synthetic jets, Nozzle X , frequency, height.

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta masih memberikan nikmat sehat pada masa pandemik corona ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ANALISIS EFEK PENDINGIN KONVEKSI PAKSA MENGGUNAKAN JET SINTETIK NOZZLE X”. 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. Kedua orang tua dan kedua adik saya yang senantiasa memberikan dukungan terbaiknya dan doa setiap waktunya, serta yang selalu menjadi alasan untuk tetap melanjutkan apa-apa yang telah dimulai.
2. Bapak Dr. Damora Rhakasywi S.T., M.T., IPP dan Nur Cholis, S.T., M.Eng., IPM selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang telah bersedia membantu dan meluangkan waktu untuk bimbingan online pada masa pandemik corona, memberikan arahan serta nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
3. Bapak Ir. M. Rusdy Hatuwe, MT selaku Kepala Prodi Teknik Mesin.
4. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Teknik
5. Salma Zafirah dan Ahmad Fikri sebagai rekan penelitian Jet Sintetik.
6. Teman-teman Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta khususnya teman-teman Optimis 2016 yang senantiasa memberikan dukungan moral sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
7. Fanny Farina, Caraka Vira Satriya, Reza Mahendra, Gilang Erlangga, Achmad Gilang, Vincentius Glenaudi, Steven Labana, Arifin Dwi, Deeleo Mevarel, Imron Rosyadi, Rahmat Alfian, Yudha Antariksa, Sanndy Wahyu, Ganang Panjalu, Fariz Hermawan, Gideon,

Muhammad Abyan, dan Jennifer Putri Georgiani yang telah memberikan dukungan maupun bantuan kepada penulis.

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, ... Juli 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
Nomenclature .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR GRAFIK .....	xvi
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Aliran Fluida .....	5
2.1.1 Aliran Turbulen .....	7
2.1.2 Aliran Laminar .....	7

2.1.3 Aliran Transisi .....	8
2.1.4 <i>Dimensionless Number</i> .....	8
2.2 Perpindahan Panas.....	9
2.2.1 Perpindahan Panas Konveksi.....	10
2.2.2 Perpindahan Panas Konduksi.....	10
2.3 <i>Computational Fluid Dynamic</i> (CFD).....	11
2.3.1 ANSYS .....	12
2.3.2 <i>Mesh Independent Study</i> .....	13
2.3.3 <i>User-Defined-Function</i> (UDF) .....	14
2.4 Jet Sintetik .....	14
2.5 Aktuator Jet Sintetik.....	17
2.5.1 Speaker.....	18
2.5.2 Frekuensi.....	19
2.5.3 Gelombang Sinus.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Diagram Alur Penelitian.....	21
3.2 Alat yang Digunakan.....	22
3.3 Prosedur Pengambilan Data .....	31
3.4 Tahapan CFD FLUENT ANSYS .....	32
3.5 Parameter Penelitian.....	34
BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN .....	36
4.1 Variasi Frekuensi.....	36
4.1.1 Ketinggian 2 cm.....	37
4.1.2 Ketinggian 3 cm.....	39
4.1.3 Ketinggian 4 cm.....	41
4.2 Variasi Ketinggian.....	43

4.2.1 Frekuensi 40 Hz .....	43
4.2.2 Frekuensi 60 Hz .....	45
4.2.3 Frekuensi 80 Hz .....	47
4.2.4 Frekuensi 100 Hz .....	49
4.3 Hasil Optimum dari variasi ketinggian dan variasi frekuensi .....	50
4.4 Simulasi Aliran CFD Ansys Fluent .....	52
4.4.1 Geometri .....	52
4.4.2 <i>Boundary conditions</i> .....	53
4.4.3 <i>Meshing</i> .....	54
4.5 Pengambilan data.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	74
5.1 Kesimpulan.....	74
5.2 Saran .....	75
DAFTAR PUSTAKA .....	76
RIWAYAT HIDUP.....	79
LAMPIRAN .....	81

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Aliran Turbulen Fluida ('Aliran Fluida', 1990) .....	7
Gambar 2. 2 Aliran Laminar Fluida ('Aliran Fluida', 1990) .....	7
Gambar 2. 3 Aliran Transisi Fluida ('Aliran Fluida', 1990) .....	8
Gambar 2. 4 Jet Sintetik (Krishan, Aw and Sharma, 2019) .....	15
Gambar 2. 5 Langkah Kerja Jet Sintetik Menggunakan Speaker (Gil and Strzelczyk, 2016).....	18
Gambar 2. 6 Aktuator Speaker(Wijatama, 2020).....	19
Gambar 3. 1 Diagram alur peneltian jet sintetik .....	21
Gambar 3. 2 Stabilizer Tegangan(Wijatama, 2020).....	22
Gambar 3. 3 Termometer Digital TM-946(Wijatama, 2020) .....	23
Gambar 3. 4 Kabel UPCB(Wijatama, 2020).....	24
Gambar 3. 5 Thermostat Autonics TC4S(Wijatama, 2020).....	24
Gambar 3. 6 Thermocouple(Wijatama, 2020) .....	25
Gambar 3. 7 Plat Datar dan Plat Sumber Panas (Heater Mat) .....	25
Gambar 3. 8 Nozzle Akrilik(Wijatama, 2020).....	26
Gambar 3. 9 Dimensi Nozzle .....	26
Gambar 3. 10 Speaker .....	27
Gambar 3. 11 Model jet sintetik berbasis speaker (Rhakasywi <i>et al.</i> , 2019).....	27
Gambar 3. 12 Jangka Sorong(Wijatama, 2020) .....	28
Gambar 3. 13 Laptop Asus ROG(Wijatama, 2020) .....	28
Gambar 3. 14 Test Tone Generator(Wijatama, 2020).....	29
Gambar 3. 15 Ansys 18.2.....	29
Gambar 3. 16 Tampilan Ansys 18.2.....	30
Gambar 3. 17 Tampilan Lutron801(Wijatama, 2020) .....	30
Gambar 3. 18 Tampilan Microsoft Excel(Wijatama, 2020) .....	31
Gambar 4. 1 Geometri Jet Sintetik secara global .....	52
Gambar 4. 2 Geometri Nozzle Huruf X .....	53
Gambar 4. 3 Jet Sintetik dengan variasi ketinggian 2cm, 3cm, 4cm .....	53
Gambar 4. 4 Lokasi inlet .....	53
Gambar 4. 5 Lokasi outlet.....	54

Gambar 4. 6 Lokasi heat source .....	54
Gambar 4. 7 Hasil mesh secara global .....	55

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Temperatur vs Waktu (detik) untuk ketinggian 2 cm dan variasi frekuensi 40 Hz, 60 Hz, 80 Hz dan 100 Hz. ....	37
Grafik 4. 2 Temperatur vs Waktu (menit) untuk ketinggian 2 cm dan variasi frekuensi 40 Hz, 60 Hz, 80 Hz dan 100 Hz. ....	38
Grafik 4. 3 Temperatur vs Waktu (detik) untuk ketinggian 3 cm dan variasi frekuensi 40 Hz, 60 Hz, 80 Hz dan 100 Hz. ....	39
Grafik 4. 4 Temperatur vs Waktu (menit) untuk ketinggian 3 cm dan variasi frekuensi 40 Hz, 60 Hz, 80 Hz dan 100 Hz. ....	40
Grafik 4. 5 Temperatur vs Waktu (detik) untuk ketinggian 4 cm dan variasi frekuensi 40 Hz, 60 Hz, 80 Hz dan 100 Hz. ....	41
Grafik 4. 6 Temperatur vs Waktu (menit) untuk ketinggian 4 cm dan variasi frekuensi 40 Hz, 60 Hz, 80 Hz dan 100 Hz. ....	42
Grafik 4. 7 Temperatur vs waktu (detik) untuk frekuensi 40 Hz dan variasi ketinggian 2 cm, 3 cm dan 4 cm. ....	43
Grafik 4. 8 Temperatur vs waktu (menit) untuk frekuensi 40 Hz dan variasi ketinggian 2 cm, 3 cm dan 4 cm. ....	44
Grafik 4. 9 Temperatur vs waktu (detik) untuk frekuensi 60 Hz dan variasi ketinggian 2 cm, 3 cm dan 4 cm. ....	45
Grafik 4. 10 Temperatur vs waktu (menit) untuk frekuensi 60 Hz dan variasi ketinggian 2 cm, 3 cm dan 4 cm. ....	46
Grafik 4. 11 Temperatur vs waktu (detik) untuk frekuensi 80 Hz dan variasi ketinggian 2 cm, 3 cm dan 4 cm. ....	47
Grafik 4. 12 Temperatur vs waktu (menit) untuk frekuensi 80 Hz dan variasi ketinggian 2 cm, 3 cm dan 4 cm. ....	48
Grafik 4. 13 Temperatur vs waktu (detik) untuk frekuensi 100 Hz dan variasi ketinggian 2 cm, 3 cm dan 4 cm. ....	49
Grafik 4. 14 Temperatur vs waktu (menit) untuk frekuensi 100 Hz dan variasi ketinggian 2 cm, 3 cm dan 4 cm. ....	50
Grafik 4. 15 waktu (menit) vs Temperatur (°C) untuk pendinginan menggunakan frekuensi 100 Hz dan ketinggian 4 cm.....	51

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3. 1 Boundary Conditions .....	32
Tabel 4. 1 waktu (menit) vs Temperatur (°C) untuk pendinginan menggunakan frekuensi 100 Hz dan ketinggian 4 cm.....	51
Tabel 4. 2 intensitas turbulen dan vorticity pada ketinggian 2 cm, 40 Hz .....	55
Tabel 4. 3 intensitas turbulen dan vorticity pada ketinggian 2 cm, 60 Hz .....	57
Tabel 4. 4 intensitas turbulen dan vorticity pada ketinggian 2 cm, 80 Hz .....	58
Tabel 4. 5 intensitas turbulen dan vorticity pada ketinggian 2 cm, 100 Hz.....	60
Tabel 4. 6 intensitas turbulen dan vorticity pada ketinggian 3 cm, 40 Hz .....	61
Tabel 4. 7 intensitas turbulen dan vorticity pada ketinggian 3 cm, 60 Hz .....	63
Tabel 4. 8 intensitas turbulen dan vorticity pada ketinggian 3 cm, 80 Hz .....	64
Tabel 4. 9 intensitas turbulen dan vorticity pada ketinggian 3 cm, 100 Hz .....	66
Tabel 4. 10 intensitas turbulen dan vorticity pada ketinggian 4 cm, 40 Hz .....	67
Tabel 4. 11 intensitas turbulen dan vorticity pada ketinggian 4 cm, 60 Hz .....	69
Tabel 4. 12 intensitas turbulen dan vorticity pada ketinggian 4 cm, 80 Hz .....	70
Tabel 4. 13 intensitas turbulen dan vorticity pada ketinggian 4 cm, 100 Hz .....	72

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Pengambilan data secara langsung

Lampiran 2 Jet sintetik dengan ketinggian 2 cm

Lampiran 3 Data excel pada ketinggian 2 cm dalam menit

Lampiran 4 Jet sintetik dengan ketinggian 3 cm

Lampiran 5 Data excel pada ketinggian 3 cm dalam menit

Lampiran 6 Jet sintetik dengan ketinggian 4 cm

Lampiran 7 Data excel pada ketinggian 4 cm dalam menit

Lampiran 8 CFD Ansys Fluent