



**OPTIMASI RESPON POTENSIOMETRIK SENSOR pH
BERBASIS ELEKTRODA SERAT KARBON BERLAPIS
POLYPYRROLE MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI
DENGAN ANALISIS KARAKTERISTIK ALIRAN
MENGGUNAKAN ANSYS FLUENT**

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
BARIQ NASHIR MUSAD
41322010024

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**



**OPTIMASI RESPON POTENSIOMETRIK SENSOR pH
BERBASIS ELEKTRODA SERAT KARBON BERLAPIS
POLYPYRROLE MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI
DENGAN ANALISIS KARAKTERISTIK ALIRAN
MENGGUNAKAN ANSYS FLUENT**

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

**BARIQ NASHIR MUSAD
41322010024**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**

HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bariq Nashir Musad
NIM : 41322010024
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Mesin

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:

“Optimasi Respon Potensiometrik Sensor pH Berbasis Elektroda Serat Karbon Berlapis Polypyrrole Menggunakan Metode Taguchi dengan Analisis Karakteristik Aliran Menggunakan ANSYS Fluent” adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 13 Agustus 2026



Bariq Nashir Musad

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Jurnal / Karya Ilmiah / Laporan Tugas Akhir pada BAB I, BAB III, BAB IV, dan BAB V / Praktek Keinsinyuran atas nama:

Nama : **Bariq Nashir Musad**
NIM : **41322010024**
Program Studi : **Teknik Mesin**
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **Optimasi Respon Potensiometrik Sensor pH Berbasis Elektroda Serat Karbon Berlapis Polypyrrole Menggunakan Metode Taguchi dengan Analisis Karakteristik Aliran Menggunakan ANSYS Fluent**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Jumat, 14 Agustus 2026** dengan hasil presentase sebesar **11 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 14 Agustus 2026

UNIVERSITAS

Administrator Turnitin,

MERCU BUANA

Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bariq Nashir Musad
NIM : 41322010024
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Optimasi Respon Potensiometrik Sensor pH Berbasis Elektroda Serat Karbon Berlapis Polypyrrole Menggunakan Metode Taguchi dengan Analisis Karakteristik Aliran Menggunakan ANSYS Fluent

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 10 Agustus 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:
Pembimbing



Sagir Alva, S.Si., M.Sc., Ph.D
NIDN/NUPTK: 0313037707

Jakarta, 13 Agustus 2026
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.
NIDN/NUPTK: 0307037202

Koordinator Tugas Akhir



Dr. Eng. Imam Hidayat, ST., MT
NIDN/NUPTK: 0005087502

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Saya menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak sejak masa perkuliahan hingga proses penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Sagir Alva, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, serta masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Orang tua dan kakak kandung saya yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat, serta kasih sayang selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman angkatan Teknik Mesin 2022 yang telah memberikan dukungan, semangat, dan kebersamaan selama masa perkuliahan maupun dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam berbagai bentuk.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 13 Agustus 2026



Bariq Nashir Musad

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR DI REPOSITORY UMB**

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bariq Nashir Musad
NIM : 41322010024
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Optimasi Respon Potensiometrik Sensor pH Berbasis Elektroda Serat Karbon Berlapis Polypyrrole Menggunakan Metode Taguchi dengan Analisis Karakteristik Aliran Menggunakan ANSYS Fluent

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

MERCU BUANA

Jakarta, 13 Agustus 2026

Yang menyatakan,



Bariq Nashir Musad

**OPTIMASI RESPON POTENSIOMETRIK SENSOR pH
BERBASIS ELEKTRODA SERAT KARBON BERLAPIS
POLYPYRROLE MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI
DENGAN ANALISIS KARAKTERISTIK ALIRAN
MENGGUNAKAN ANSYS FLUENT**

BARIQ NASHIR MUSAD

ABSTRAK

pH merupakan parameter penting dalam diagnosis klinis dan pemantauan kualitas air. Keterbatasan elektroda kaca, seperti rapuh, memerlukan hidrasi kontinu, dan rentan terhadap biofouling, mendorong pengembangan sensor potensiometrik solid-state. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan sensor pH berbasis *Carbon Fiber Microelectrode* (CFME) berlapis *Polypyrrole* (PPy) menggunakan metode Taguchi serta menganalisis morfologi dan transport massa melalui SEM dan simulasi CFD ANSYS Fluent. Optimasi elektropolimerisasi menggunakan Orthogonal Array L9 dengan tiga replikasi, meliputi konsentrasi pyrrole, konsentrasi KCl, *scan rate*, dan jumlah siklus. Evaluasi dilakukan menggunakan rasio *Signal-to-Noise* kategori *Nominal-the-Best* dan ANOVA dengan target Nernstian $-59,16 \text{ mV/pH}$. Kombinasi optimum diperoleh pada pyrrole 0,5 M, KCl 1 M, *scan rate* 50 mV/s, dan 1 cycle. Nilai rasio S/N tertinggi tercatat sebesar $-23,55 \text{ dB}$. Kombinasi ini menghasilkan *slope* $-44,12 \text{ mV/pH}$, sedangkan eksperimen konfirmasi menghasilkan $-44,49 \text{ mV/pH}$ dengan error 0,83%. Pengkondisian pyrrole pada pH 6 meningkatkan *slope* menjadi $-52,64 \text{ mV/pH}$ dan menghasilkan lapisan PPy yang lebih merata. KCl menjadi faktor dominan dengan kontribusi 59,89%. Kontribusi *cycles*, *scan rate*, dan pyrrole masing-masing sebesar 4,76%, 0,99%, dan 0,86%, sementara kontribusi error total mencapai 33,51%. Simulasi CFD menunjukkan aliran laminar dan transpor spesies transien, dengan kesetimbangan pada detik ke-7 dan ke-11. Hasil ini mendukung pengembangan sensor pH portabel yang responsif dan andal.

Kata Kunci : sensor pH potensiometrik, CFME, Polypyrrole, metode Taguchi, ANSYS Fluent

**OPTIMASI RESPON POTENSIOMETRIK SENSOR pH
BERBASIS ELEKTRODA SERAT KARBON BERLAPIS
POLYPYRROLE MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI
DENGAN ANALISIS KARAKTERISTIK ALIRAN
MENGGUNAKAN ANSYS FLUENT**

BARIQ NASHIR MUSAD

ABSTRACT

pH is essential in clinical diagnosis and water quality monitoring. Glass electrodes are fragile, require continuous hydration, and are susceptible to biofouling. This study optimized a polypyrrole (PPy)-coated carbon fiber microelectrode (CFME) pH sensor using the Taguchi method and analyzed morphology and mass transport through SEM and ANSYS Fluent CFD simulations. Electropolymerization was optimized using an L9 Orthogonal Array with three replications, covering pyrrole concentration, KCl concentration, scan rate, and number of cycles. Evaluation used the Nominal-the-Best Signal-to-Noise ratio and ANOVA with a Nernstian target of -59.16 mV/pH. The optimum combination comprised 0.5 M pyrrole, 1 M KCl, a 50 mV/s scan rate, and 1 cycle. The highest S/N ratio was -23.55 dB. This combination produced a slope of -44.12 mV/pH, while confirmation experiments produced -44.49 mV/pH with 0.83% error. Conditioning pyrrole at pH 6 improved the slope to -52.64 mV/pH and produced a more uniform PPy layer. KCl was the dominant factor, contributing 59.89%. Cycles, scan rate, and pyrrole contributed 4.76%, 0.99%, and 0.86%, respectively, while error contribution reached 33.51%. CFD simulations showed laminar flow and transient species transport, with equilibrium occurring at 7 and 11 seconds. These findings support the development of responsive and reliable portable pH sensors.

Keywords: potentiometric pH sensor, CFME, polypyrrole, Taguchi method, ANSYS Fluent

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	0
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI	ii
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORY UMB	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
NOMENKLATUR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	5
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 pH dan Karakteristik Kimia larutan.....	7
2.1.1 Definisi dan Skala pH.....	7

2.2	Sensor Elektrokimia Potensiometrik	8
2.2.1	Prinsip Kerja Potensiometrik.....	9
2.2.2	Elektroda Kerja.....	11
2.2.3	Elektroda Referensi	12
2.3	Mikroelektroda Serat Karbon	13
2.4	Sistem Kerja Sensor Elektrokimia	14
2.4.1	PPy sebagai Lapisan Transduser dan <i>Sensing</i> pH	16
2.4.2	Doping KCl Sebagai Elektrolit Pendukung.....	17
2.4.3	Elektropolimerisasi Menggunakan <i>Cyclic Voltammetry</i>	20
2.5	Metode Taguchi	22
2.5.1	<i>Orthogonal Array</i> L9.....	24
2.5.2	<i>Signal-to-Noise Ratio</i>	26
2.6	<i>Scanning Electron Microscopy</i>	27
2.7	<i>Species Transport</i> pada Sistem Sensor Elektrokimia	28
2.7.1	Persamaan Transport Massa	29
2.8	Penelitian Terdahulu	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		35
3.1	Diagram Alir	35
3.2	Alat dan Bahan.....	38
3.2.1	Alat	38
3.2.2	Bahan.....	40
3.3	Skema Penelitian.....	42
3.3.1	Mulai	42
3.3.2	Studi Literatur.....	42
3.3.3	Persiapan Material Mikroelektroda Sensor pH Berbasis Serat Karbon.....	43

3.3.4	Fabrikasi Mikroelektroda Sensor pH Berbasis Serat Karbon	43
3.3.5	Pengujian Awal Karakteristik Respon Linear Sensor pH	43
3.3.6	Analisis Awal Karakteristik Sensor	43
3.3.7	Evaluasi Sensitivitas.....	44
3.3.8	Menentukan Parameter Optimasi Taguchi	44
3.3.9	Pemilihan Input Faktor dan Level Optimasi Taguchi	44
3.3.10	Desain Eksperimen Menggunakan Taguchi <i>Orthogonal Array L9</i>	45
3.3.11	Optimasi Parameter Elektropolimerisasi <i>Polypyrrole</i> Menggunakan Taguchi L9.....	46
3.3.12	Pengujian Karakteristik Respon Linear Sensor pH.....	46
3.3.13	Analisis Hasil Metode Taguchi Menggunakan <i>Signal-to-Noise Ratio</i>	46
3.3.14	Analisis ANOVA	46
3.3.15	Fabrikasi Elektroda Optimal dengan Variasi pH Elektropolimerisasi.....	47
3.3.16	Pengujian Karakteristik Respon Linear Elektroda Optimal ...	47
3.3.17	Modelling Geometri	47
3.3.18	Meshing	48
3.3.19	<i>Boundary Condition</i>	48
3.3.20	<i>Solver</i>	48
3.3.21	<i>Post Processing</i>	48
3.3.22	Analisis Distribusi Aliran, Kecepatan, dan Karakteristik Transport Massa	48
3.3.23	Korelasi Hasil Eksperimen dan Simulasi CFD	49
3.3.24	Selesai.....	49

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Pendahuluan.....	50
4.2 Karakteristik CFME.....	50
4.3 Karakteristik CFME Sebagai Sensor pH	54
4.4 Optimasi CFME Sebagai Sensor pH dengan Metode Taguchi.....	61
4.3.1 Analisis S/N Hasil Optimasi CFME Sebagai Sensor pH Dengan Metode Taguchi	63
4.3.2 Analisis Varians Hasil Optimasi CFME Sebagai Sensor pH Dengan Metode Taguchi	64
4.5 Performa CFME Sebagai Sensor pH dengan Formula Optimal dan Variasi pH Pada Proses Elektropolimerisasi.....	68
4.5.1 Karakterisasi Morfologi CFME Sebagai Sensor pH Dengan SEM	71
4.6 Simulasi CFD CFME Sebagai Sensor pH	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN.....	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Struktur Matriks Ortogonal L9 (3^4).....	25
Tabel 2.2	Penelitian Terdahulu.....	31
Tabel 3.1	Alat Penelitian	38
Tabel 3.2	Bahan Penelitian.....	40
Tabel 3.3	Faktor dan Level Optimasi Taguchi	45
Tabel 3.4	Desain Eksperimen OA L9.....	45
Tabel 4.1	Karakteristik Elektroda Sensor pH Sebelum Optimasi	56
Tabel 4.2	Parameter yang Dikontrol Berdasarkan Metode Taguchi OA L9.....	62
Tabel 4.3	Hasil Nilai <i>Slope</i> Saat Proses Optimasi.....	62
Tabel 4.4	Hasil perhitungan MSD dan S/N.....	63
Tabel 4.5	Hasil Kalkulasi Pengaruh Faktor.....	64
Tabel 4.6	Hasil Kalkulasi SS, MS, dan Kontribusi Parameter Optimasi	66
Tabel 4. 7	Hasil Kalkulasi Prediksi <i>Slope</i> Dengan Parameter yang Optimal	68
Tabel 4.8	Hasil Pengukuran dengan Parameter Optimasi yang Optimal	68
Tabel 4.9	Hasil Pengukuran pH dengan Mengontrol Variasi pH pada Larutan Pyrrole	69
Tabel 4.10	Lanjutan Hasil Pengukuran pH dengan Mengontrol Variasi pH pada Larutan Pyrrole	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Slope</i> Cl ⁻ dengan menggunakan metode potensiometrik (Sagir Alva et al. (2023)).....	10
Gambar 2.2	Ilustrasi Cara Kerja Sensor Elektrokimia	15
Gambar 2.3	Struktur Kimia Ppy	16
Gambar 2.4	Voltammogram Pelapisan PPy 0.1 M 20 cycles di <i>Indium</i> <i>Tin Oxide (ITO) Electrode</i> (Waffa Rakhrou et al. (2020))	21
Gambar 2.6	Distribusi Konsentrasi Spesies (Shinar et al. (2004)).....	29
Gambar 3.1	Diagram Alir Proses <i>Trial</i> CFME sebagai Sensor pH.....	35
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian Proses Optimasi CFME dengan Metode Taguchi.....	36
Gambar 3.3	Diagram Alir Simulasi ANSYS untuk Validasi	37
Gambar 4.1	(a) <i>Modelling</i> CFME (b) Perbandingan Ukuran CFME Dengan Uang Koin	51
Gambar 4.2	Gambar Teknik dari CFME.....	52
Gambar 4.3	(a) Karakterisasi Voltammogram CFME untuk Proses <i>Trial</i> (b) Karakterisasi Voltammogram CFME untuk Proses Optimasi	54
Gambar 4.4	Karakteristik Elektroda Sensor pH Berbasis CFME	55
Gambar 4.5	Setup Pengujian (a) Dua Elektroda Kerja dan (b) Tiga Elektroda Kerja.....	57
Gambar 4.6	Kondisi Pengukuran SHE.....	61
Gambar 4.7	Grafik Pengaruh Faktor yang Paling Berpengaruh Saat Proses Optimasi	64
Gambar 4.8	Karakteristik Elektroda Sensor pH Berbasis CFME dengan Parameter Optimal dan Variasi pH (a) Voltammogram elektropolimerisasi, (c) Voltammogram Sesudah Pelapisan, dan (d) Pengukuran Potensiometrik	71
Gambar 4.9	Hasil SEM Variasi (a) pH 4, (b) pH 5, (c) pH 6,.....	72

Gambar 4.10 Hasil SEM Variasi <i>Scan rate</i> (a) 10 mV, (b) 50 mV, dan (c) 100 mV	73
Gambar 4.11 Mass Flow Average dari Simulasi CFD Elektroda Dua Sel.....	74
Gambar 4.12 Distribusi Aliran Elektroda Dua Sel (a) 3 detik, (b) 5 detik, (c) 7 detik, (d) 9 detik, dan (e) 11 detik.....	76



NOMENKLATUR

Singkatan	Definisi	Nilai/Satuan
$[H^+]$	Aktivitas ion H^+	
E	Potensial	
E°	Potensial standar elektroda	
E_{sel}	Potensial sel terukur	
R	Konstanta gas ideal	$8,314 J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$
T	Suhu	K
F	Konstanta Faraday	$96.485 C \cdot mol^{-1}$
y_i	Nilai respon pada replikasi ke-i	
y_0	Target nilai	$-59.16 mV/pH$
$\frac{\partial C}{\partial t}$	Turunan Parsial C terhadap t	$kg \cdot m^{-3} \cdot s$
∇	Nabla	
∇^2	Laplacian	
C	Konsentrasi zat	$mol \cdot m^3$
t	Waktu	s
R	Reaksi	
ρ	Densitas	$kg \cdot m^{-3}$
u	Kecepatan fluida	$m \cdot s^{-1}$
μ	Viskositas	$Pa \cdot s$
L	Panjang geometri	m
f	Gaya badan eksternal	$N \cdot m^{-3}$
Re	Bilangan Reynolds	
L	Panjang geometri	m
C	Konsentrasi spesies	$mol \cdot m^{-3}$
D	Koefisien difusi	$m^2 \cdot s^{-1}$
G	Energi bebas Gibbs	J
S	Entropi	$J \cdot K^{-1}$

H	Entalpi	J
U	Energi dalam	J
V	Volume	m^3
dU	Perubahan energi dalam sistem	J
dq	Jumlah kalor/panas diferensial yang ditransfer ke atau dari sistem	J
dW	Kerja diferensial yang dilakukan oleh atau pada sistem	J
W	Kerja	J
q	Muatan elektron	C
n_e	Jumlah mol elektron	mol
Q	Reaction quotient	
a_{red}	Aktivitas kimia spesi bentuk tereduksi	
a_{oks}	Aktivitas kimia spesi bentuk teroksidasi	
m_x	Nilai <i>slope</i> target	$-59,16\text{ mV/pH}$
L	Jumlah level	
n	Jumlah sampel dalam 1 run	
R	Jumlah running optimasi	
N	Jumlah total sampel	
α	Toleransi keraguan	
MSD	Mean Squared Deviations	
S/N	Signal-to-Noise Ratio	dB
Δ	Perbedaan mean faktor maksimum dan minimum	
$\bar{y}$	Grand mean	mV/pH
DoF_T	Degree of Freedom Total	
SS_T	Sum of Squares Total	

SS_x	Sum of Squares faktor x
$\bar{y}_{xl}$	Rata-rata <i>slope</i> faktor x pada level l
SS_E	Sum of Squares Error
DoF_x	Degree of Freedom faktor x
DoF_E	Degree of Freedom error
MS_x	Mean square faktor x
MS_E	Mean square error
$\hat{y}_{pred}$	Prediksi nilai <i>slope</i>
$\bar{y}_{x \cdot opt}$	Mean <i>slope</i> optimum pada pada faktor x
$\bar{y}_{exp \cdot opt}$	Mean <i>slope</i> eksperimen komposisi optimum
$\%E$	Error
F_{hitung}	Nilai hitung variabel signifikan
F_{kritis}	Nilai batas ambang signifikan

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Dokumentasi Set-up Alat Pengujian	90
Lampiran 2.	Spesifikasi & Parameter Pemodelan ANSYS Fluent	91
Lampiran 3.	Data Mentah Transient <i>Mass Flow Average</i>	92
Lampiran 4.	Hak Cipta LOCFIM.....	93
Lampiran 5.	Lembar Bimbingan Tugas Akhir.....	94
Lampiran 7.	Curriculum Vitae Penulis	96

