



**ANALISIS DAN OPTIMASI
PARAMETER PROSES *FRENCH*
TERHADAP HASIL KUALITAS *ZINC OXIDE POWDER (ZnO)*
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI**

TESIS

Oleh
SUYADI
55823110001

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
MAGISTER FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA JAKARTA
2025**



**ANALISIS DAN OPTIMASI
PARAMETER PROSES *FRENCH*
TERHADAP HASIL KUALITAS *ZINC OXIDE POWDER (ZNO)*
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI**

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Pascasarjana untuk
Mendapatkan Gelar Magister Teknik Mesin

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

Diajukan oleh:

SUYADI

55823110001

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

2025

i

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Suyadi
NIM : 55823110001
Program Study : Magister Teknik Mesin
Judul Tesis : Analisis dan Optimasi Parameter proses *French* terhadap kualitas *Zinc Oxide Powder (ZnO)* menggunakan metode Taguchi

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Strata S2 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan Oleh :

Pembimbing : Sagir Alva, S.Si., M.Sc., Ph.D
NIDN : 0313037707
Ketua Penguji : Ir. Muhammad Fitri, ST., M.Sc., Ph.D
NIDN : 1013126901
Anggota Penguji : Hadi Pranoto, ST., MT., Ph.D
NIDN : 0302077304



Jakarta, 23 Juli 2025

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.

Ketua Program Studi
Magister Teknik Mesin



Ir. Muhammad Fitri, ST., M.Sc., Ph.D

SURAT PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini :

Judul : Analisis dan Optimasi Parameter proses
French terhadap kualitas *Zinc Oxide Powder*
(*ZnO*) menggunakan metode Taguchi

Bentuk Tesis : Penelitian

Nama : Suyadi

NIM 55823110001

Program Studi : Magister Teknik Mesin

Merupakan hasil penelitian dan merupakan karya saya sendiri dengan bimbingan Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin Program Pascasarjana Universitas Mercu Buana.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Master pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 23 Juli 2025



Suyadi

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I, BAB II, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

Nama : Suyadi
NIM : 55823110001
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : Analisis dan Optimasi parameter
proses French terhadap kualitas Zinc Oxide Powder (ZnO) menggunakan
metode Taguchi

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Jum'at, 8 Agustus 2025** dengan hasil presentase sebesar **15 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 8 Agustus 2025

Administrator Turnitin,

Itmam Haidi Syarif

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta ampunan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tesis ini dengan judul “ Analisis dan optimasi suhu tungku, aliran gas, tekanan gas dan tekanan udara dalam proses French terhadap hasil kualitas *zinc oxide* (ZnO) menggunakan metode Taguchi”. Adapun maksud dari penulisan tesis ini adalah untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh Gelar magister dalam Program Magister Teknik Mesin, pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana. Dalam kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati penulis sampaikan ucapan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis, Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih sebesar – besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana Jakarta
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta
3. Dr. Muhamad Fitri, S.T, M.Si selaku Ketua Program Studi Magister TeknikMesin Universitas Mercu Buana Jakarta
4. Sagir Alva, S.si.,M.Sc.,Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah membimbing proposal tesis ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas MercuBuana yang telah memberikan ilmunya selama perkuliahan.

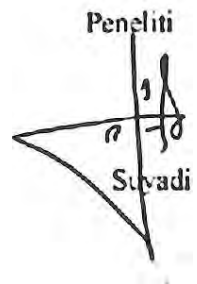
6. Ibuku tercinta, kakak laki-lakiku dan keluarga besar yang telah memberikan doa dan dukungannya .
7. Seluruh rekan – rekan Magister Teknik Mesin Universitas Mercubuana yang telah banyak memberikan dorongan moral dan bantuan teknis dalam mewujudkan ide penelitian dan penulisan proposal tesis.

Akhir kata, penulis berharap semoga proposal tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya, serta pihak-pihak yang mungkin memerlukan, sebagai dasar pengembangan usaha maupun pengembangan ilmu pengetahuan. Amin.



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 23 Juli 2025

Peneliti

Suryadi

ABSTRAK

Produksi *Zinc Oxide* (ZnO) berkualitas tinggi menjadi fokus utama dalam industri kimia, elektronik, kosmetik, dan energi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimasi pengaruh suhu tungku, laju aliran gas alam (CNG), tekanan gas, dan tekanan udara (*blower*) terhadap kualitas ZnO yang dihasilkan melalui metode French. Kualitas ZnO dievaluasi berdasarkan kemurnian, ukuran partikel, dan morfologi. Metode Taguchi dengan desain eksperimen ortogonal L9 digunakan untuk menentukan kombinasi parameter proses yang optimal secara efisien. Proses produksi dilakukan dengan melebur zinc pada tiga variasi suhu (900°C, 1000°C, dan 1100°C) serta memvariasikan aliran gas, tekanan gas, dan tekanan blower. Karakterisasi ZnO dilakukan melalui titrasi kompleksometri menggunakan EDTA untuk menentukan kemurnian, pengukuran ukuran partikel menggunakan instrumen laser difraksi BT-9300SE, dan pengamatan morfologi dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Hasil menunjukkan bahwa suhu tungku dan aliran gas memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas ZnO. Kombinasi optimal yang diperoleh adalah suhu 1100°C, aliran gas 60 m³/jam, tekanan gas 1,0 bar, dan tekanan udara 4 kg/cm², menghasilkan kemurnian 99,94% dan ukuran partikel rata-rata 1,08 µm dengan morfologi partikel sferis yang homogen. Penelitian ini memberikan rekomendasi teknis yang dapat diterapkan dalam industri untuk meningkatkan efisiensi energi dan kualitas produk ZnO secara berkelanjutan. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, terutama pada aspek efisiensi energi dan biaya operasional proses French yang belum dianalisis secara menyeluruh. Oleh karena itu, studi akan mengeksplorasi aspek ekonomi, keberlanjutan energi, dan potensi aplikasi ZnO lebih luas di berbagai industri teknologi tinggi.

Kata kunci: *Zinc Oxide* (ZnO), metode *French*, optimasi proses, Taguchi, kemurnian, ukuran partikel, morfologi

ABSTRACT

The production of high-purity Zinc Oxide (ZnO) has become increasingly important for various industrial applications, including electronics, cosmetics, energy, and chemical manufacturing. This study aims to analyze and optimize the effects of furnace temperature, natural gas flow rate (CNG), gas pressure, and air (blower) pressure on ZnO quality using the French process. The quality of ZnO was evaluated in terms of purity, particle size, and morphology. The Taguchi method with an L9 orthogonal array design was employed to determine the optimal combination of process parameters efficiently. Zinc was melted and oxidized under three temperature levels (900°C, 1000°C, and 1100°C), while varying the gas flow rate, gas pressure, and blower pressure. The ZnO products were characterized through complexometric titration with EDTA for purity determination, particle size analysis using laser diffraction (BT-9300SE), and morphological observation using Scanning Electron Microscopy (SEM). Results showed that furnace temperature and gas flow rate significantly influenced ZnO quality. The optimal parameter combination was found at 1100°C, 60 m³/h gas flow rate, 1.0 bar gas pressure, and 4 kg/cm² air pressure, achieving a purity of 99.94%, an average particle size of 1.08 µm, and uniform spherical particle morphology. This study offers technical recommendations for improving process efficiency and ZnO product quality for industrial-scale applications. This research still has limitations, particularly in the energy efficiency and operational costs of the French process, which have not been thoroughly analyzed. Therefore, the study will explore the economics, energy sustainability, and potential broader applications of ZnO in various high-tech industries.

Keywords: Zinc Oxide (ZnO), French process, process optimization, Taguchi method, purity, particle size, morphology

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
SURAT KETERANGAN <i>SIMILARITY</i>	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	4
1.5 <i>Novelty</i>	4
1.6 Asumsi Penelitian.....	5
1.7 Manfaat Penelitian.....	5
1.8 Sistematika Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Seng Oksida (ZnO)</i> dan Aplikasinya.....	7
2.1.1 Struktur Kristal ZnO.....	8
2.1.2 Sifat Fisis kristal ZnO.....	9
2.1.3 Sifat Kimia ZnO.....	10
2.1.4 Sifat Eliktrik ZnO.....	10
2.2 Metode <i>French</i> dalam Produksi <i>Zinc Oxide</i>	10
2.3 Parameter kritis dalam proses <i>French</i>	13

2.4 Metode Taguchi dalam Optimasi Proses.....	14
2.5 Kesenjangan Pengetahuan dan Kebutuhan Penelitian.....	16
2.6 Kontribusi Penelitian terhadap Ilmu Pengetahuan dan Industri.....	17
2.6.1 Kontribusi terhadap ilmu pengetahuan.....	18
2.6.2 Kontribusi terhadap Industri.....	18

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram alir penelitian.....	19
3.2 Studi Literatur.....	20
3.3 Penentuan Variable penelitian.....	21
3.3.1 Variabel Bebas.....	21
3.3.2 Variabel Terikat.....	21
3.3.3 Variabel Terkendali.....	21
3.4 Alat dan Bahan.....	22
3.4.1 Alat yang digunakan.....	22
3.4.2 Bahan yang digunakan.....	24
3.5 Desain Eksperimen.....	25
3.6 Prosedur Penelitian.....	26
3.6.1 Diagram Alir pembuatan ZnO.....	26
3.6.2 Persiapan alat dan bahan.....	27
3.6.3 Proses pemanasan dan penguapan <i>zinc</i>	27
3.6.4 Koleksi Produk.....	27
3.6.5 Karakterisasi produk.....	28
3.7 Analisis data.....	32
3.7.1 Ratio Sinyal terhadap Noise.....	32
3.7.2 Analisa Varian (ANOVA).....	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pengujian Metode Taguchi terhadap kemurnian ZnO.....	35
4.2 Hasil pengujian Metode Taguchi terhadap ukuran partikel.....	37
4.3 Penentuan parameter optimal.....	40
4.4 Validasi kombinasi optimal.....	41
4.4.1 Validasi kombinasi terhadap Kemurnian ZnO.....	42
4.4.2 Variabel kombinasi terhadap ukuran partikel.....	44
4.5 Hasil pengujian Morfologi ZnO.....	48
4.5.1 Hasil pembesaran 3000x.....	48
4.5.2 Hasil pembesaran 5000x.....	50
4.5.3 Hasil pembesaran 10.000x.....	52
4.6 Analisis penggunaan energi dalam pembuatan ZnO.....	54

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	57

DAFTAR PUSTAKA.....	59
----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	61
----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perangkat dan Instrumen pengujian kemurnian ZnO.....	23
Tabel 3.2 Komposisi bahan baku Zinc Ingot.....	24
Tabel 3.3 Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi (Array L9 - 3 ⁴).....	25
Tabel 3.4 Tabel Desain Eksperimen: Array L9 (3 ⁴).....	25
Tabel 3.5 Langkah proses pengujian kemurnian ZnO.....	28
Tabel 3.6 Tabel material pengujian kemurnian ZnO dengan BT 9300.....	30
Tabel 3.7 Spesifikasi & Kinerja SEM.....	31
Tabel 4.1 Data eksperimen berdasarkan kombinasi L9 Taguchi.....	31
Tabel 4.2 Hasil dari nilai S/N.....	36
Tabel 4.3 Analisis ANOVA.....	36
Tabel 4.4 Hasil Validasi eksperimen kemurnian ZnO.....	37
Tabel 4.5 Format penelitian metode Taguchi terhadap ukuran partikel ZnO.....	38
Tabel 4.6 Perhitungan analisis Varians (ANOVA).....	38
Tabel 4.7 Hasil analisis Varians (ANOVA).....	39
Tabel 4.8 Hasil penelitian kemurnian ZnO.....	42
Tabel 4.9 Hasil penelitian ukuran partikel ZnO.....	45
Tabel 4.10 Statistik Ukuran Partikel pembesaran 3000x.....	49
Tabel 4.11 Statistik Ukuran Partikel pembesaran 5000x.....	51
Tabel 4.12 Perhitungan konsumsi energi produksi ZnO.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 SengOxida (ZnO).....	7
Gambar 2.2 Struktur <i>Wurtzite</i>	8
Gambar 2.3 Struktur <i>Zincblende</i>	9
Gambar 2.4 Skema proses French dalam produksi <i>Zinc Oxide</i>	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	22
Gambar 3.2 Tungku pembakaran (Furnace).....	22
Gambar 3.3 Thermocouple dan alat pembaca Suhu.....	22
Gambar 3.4 Flow meter gas alam.....	22
Gambar 3.5 <i>Scanning Electron Microscopy</i>	23
Gambar 3.6 Instrumen Difraksi Laser <i>Bettersize BT-2600</i>	23
Gambar 3.7 Bahan bakuZincIngot.....	24
Gambar 3.8 Bahan bakar gas alam.....	24
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> proses pembuatan ZnO.....	26
Gambar 3.10 Peleburan <i>Zinc Ingot</i>	27
Gambar 3.11 Penguapan <i>Zinc Oxide</i>	27
Gambar 3.12 Pengumpulan <i>ZincOxide</i>	28
Gambar 3.13 Komponen <i>Difraksi Laser Bettersize BT 9300</i>	29
Gambar 3.14 Konsep pengujian <i>DifraksiLaserBettersize BT9300</i>	30
Gambar 3.15 Alat pengujian SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>).....	31
Gambar 3.16 Diagram Alir Analisis Varians (ANOVA).....	22
Gambar 4.1 Hasil pengujian ukuran partikel ZnO.....	47

Gambar4.2 Hasil pengujian SEM pembesaran 3000x.....	48
Gambar4.3 Hasil pengujian SEM pembesaran 5000x.....	51
Gambar4.4 Hasil pengujian SEM pembesaran10.000x.....	52
Gambar 4.5 Estimasi penggunaan energi produksi ZnO.....	54

