



**RANCANG BANGUN DAN ANALISIS SISTEM  
PRODUKSI BESI (II) OKSALAT DARI LIMBAH BAJA  
MESIN *CYLINDRICAL GRINDING* PT XYZ  
MENGUNAKAN TEKNIK FOTOREDUKSI SINAR UV  
DENGAN METODE VDI 2221 DAN *RESPONSE  
SURFACE METHODOLOGY***

**TESIS**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan  
Program Studi Magister Teknik Mesin**

**MERCU BUANA**  
OLEH

**HERMAWAN SRIWINDIARTO**

**55821120003**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
JUNI 2024**



**RANCANG BANGUN DAN ANALISIS SISTEM  
PRODUKSI BESI (II) OKSALAT DARI LIMBAH BAJA  
MESIN *CYLINDRICAL GRINDING* PT XYZ  
MENGUNAKAN TEKNIK FOTOREDUKSI SINAR UV  
DENGAN METODE VDI 2221 DAN *RESPONSE  
SURFACE METHODOLOGY***

**TESIS**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan  
Program Studi Magister Teknik Mesin**

**UNIVERSITAS  
MERCU BUANA**  
OLEH  
**HERMAWAN SRIWINDIARTO**

**55821120003**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
JUNI 2024**

## PENGESAHAN TESIS

Judul : Rancang Bangun Dan Analisis Sistem Produksi Besi (II)  
Oksalat Dari Limbah Baja Mesin *Cylindrical Grinding* PT  
XYZ Menggunakan Teknik Fotoreduksi Sinar UV Dengan  
Metode VDI 2221 Dan *Response Surface Methodology*

Nama : Hermawan Sriwindiarto

NIM : 55821120003

Program Studi : Magister Teknik Mesin

Tanggal : 6 Juli 2024



Mengesahkan,  
Pembimbing

( Dr. Eng. Deni Shidqi Khaerudini )

UNIVERSITAS

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi MTM

(Dr. Zulfa Fitri Ilkatrinasari, M.T.)

(Muhamad Fitri, M.Si., Ph.D.)

## PERNYATAAN

Penulis yang bertandatangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini :

Judul : Rancang Bangun Dan Analisis Sistem Produksi Besi (II)  
Oksalat Dari Limbah Baja Mesin *Cylindrical Grinding* PT  
XYZ Menggunakan Teknik Fotoreduksi Sinar UV Dengan  
Metode VDI 2221 Dan *Response Surface Methodology*.  
Nama : Hermawan Sriwindiarto  
NIM : 55821120003  
Program Studi : Magister Teknik Mesin  
Tanggal : 6 Juli 2024

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya penulis sendiri dengan bimbingan Komisi Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Karya ilmiah ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program sejenis diperguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 6 Juli 2024



METERAL  
TEMPEL  
A7AKX200580134

Hermawan Sriwindiarto

## PERNYATAAN SIMILARITY CHECK

Penulis yang bertandatangan dibawah ini, menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh:

Nama : Hermawan Sriwindiarso

NIM : 55821120003

Program Studi : Magister Teknik Mesin

dengan judul:

“Rancang Bangun Dan Analisis Sistem Produksi Besi (II) Oksalat Dari Limbah Baja Mesin *Cylindrical Grinding* PT XYZ Menggunakan Teknik Fotoreduksi Sinar UV Dengan Metode VDI 2221 Dan *Response Surface Methodology*”, telah dilakukan pengecekan similarity dengan sistem Turnitin pada tanggal 10 Juli 2024, didapatkan nilai persentase sebesar 22%.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
Jakarta, 13 Juli 2024  
Administrator Turnitin

Saras Nur Praticha, S.Psi, MM.

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dengan rahman dan rohimnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas berupa suatu karya tulis tesis untuk melengkapi salah satu syarat di dalam menepuh pendidikan magister teknik di Universitas Mercubuana. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada beberapa orang yang telah berjasa didalam menyelesaikan tugas thesis ini beberapa diantaranya yang tersebut di bawah ini :

1. Prof. Dr. Andi Adriansyah, M. Eng., selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Muhamad Fitri, M.Si., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana
4. Dr. Eng. Deni Shidqi Khaerudini, selaku Pembimbing Akademik Tesis yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam melakukan penelitian dan melakukan penyusunan tesis hingga dapat selesai dengan tepat waktu.
5. Dr. Nono Darsono M. Sc. Eng selaku pembimbing kedua penulis yang telah membantu penulis dalam mendapatkan data serta penyelesaian projek penulis di BRIN.

6. Para Penguji Tesis di Universitas Mercu Buana Meruya
7. Seluruh Dosen Pasca Sarjana Program Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana, yang telah membimbing penulis selama masa kuliah dan telah membagi ilmu serta pengalaman yang akan sangat bermanfaat bagi penulis di kemudian hari.
8. Orang Tua Tercinta Ibu Sri Sulasih ,Almh.Ririn Kuswanti,Bpk.Wiji Sunarto dan Bpk.Budi Sehonu. Serta istri penulis Fiqih Hana Saputri dan Putra penulis Faiq Firdaus Al Faruq atas do'a dan dukunganya.
9. Para mahasiswa magang di BRIN yang membantu penulis dalam memberikan data penunjang penyelesaian projek akhir penulis.
10. Pihak-pihak lain yang membantu dalam penyusunan dan pembuatan laporan ini.

Namun penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari sempurna, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mohon pada pembaca memberikan saran dan kritikan yang membangun demi perbaikan. Penulis berharap laporan Tesis dengan judul “Rancang Bangun Dan Analisis Sistem Produksi Besi (II) Oksalat Dari Limbah Baja Mesin *Cylindrical Grinding* PT XYZ Menggunakan Teknik Fotoreduksi Sinar UV Dengan Metode VDI 2221 Dan *Response Surface Methodology*” ini dapat bermanfaat dan berguna bagi kita semua.

Jakarta, 19 Juni 2024



Hermawan Sriwindiarto



## ABSTRAK

Dunia industri khususnya industri manufaktur pasti akan menghasilkan produk samping berupa limbah besi. PT XYZ menjual limbah besi dengan harga murah bahkan dibuang cuma-cuma khususnya limbah besi dari mesin *cylindrical grinding* U1000 yang berbentuk serbuk dan bercampur *coolant*. Guna untuk meningkatkan nilai jual dari limbah besi, peneliti ingin merubahnya menjadi besi(II)oksalat. Salah satu manfaat besi(II)oksalat digunakan katoda positif baterai litium, penulis ingin membuat rancang bangun sistem produksi besi(II) oksalat dari limbah besi dengan teknik fotoreduksi Sinar UV. Metode untuk rancang bangun menggunakan metode VDI 2221. Peneliti melakukan pembuatan alat, pengujian dan optimasi alat. Pengujian alat dengan larutan besi (III) oksalat dilakukan di BRIN. Proses optimasi sistem dengan metode *Response Surface Metodologi* dengan *software* Minitab menghasilkan kondisi optimum pada saat menggunakan 3 buah lampu UV , pembukaan *valve* 90° dan waktu 24 jam, dapat menghasilkan 89,0425 mg besi (II) oksalat.

Kata Kunci : Besi(II)Oksalat, VDI 2221, Fotoreduksi, Limbah Baja

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



## ***ABSTRACT***

*The industrial world, especially the manufacturing industry, will definitely produce by-products in the form of iron waste. PT XYZ In order to increase the selling value of iron waste, researchers want to convert it into iron(II) oxalate. One of the benefits of iron (II) oxalate is using the positive cathode of lithium batteries. The author wants to design a system for producing iron (II) oxalate from iron waste using UV light photoreduction techniques. The method for design and construction uses the VDI 2221 method. Researchers carry out tool making, testing and tool optimization. Testing of the device with iron (III) oxalate solution was carried out at BRIN. The system optimization process using the Response Surface Methodology using Minitab software produces optimum conditions when using 3 UV lamps, opening the valve at 90° and 24 hours, which can produce 89.0425 mg of iron (II) oxalate.*

*Keywords: Iron(II)Oxalate, VDI2221, Photoreduction, Steel Waste*



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN SIMILARITY CHECK</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Kontribusi Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.5.1 Untuk penulis.....	3
1.5.2 Untuk perusahaan atau industri .....	4
1.5.3 Untuk akademisi .....	4
1.6 Novelty .....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Pengertian Limbah .....	6
2.2. Limbah Baja .....	6
2.3. Metode VDI 2221.....	7
2.4. Asam Oksalat .....	9
2.5. Proses <i>Leaching</i> .....	10
2.6. Teknik Fotoreduksi .....	11

2.7. Metode Analisa .....	11
2.7.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	11
2.7.2 <i>X-ray Fluorescence (XRF)</i> .....	12
2.7.3 <i>Scanning Electron Microscope -nergy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)</i> ....	13
2.8 <i>Response Surface Methodology (RSM)</i> .....	14
2.9 Penelitian Sebelumnya .....	15
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	22
3.1. Diagram Alir Penelitian .....	22
3.2. Perancangan Desain .....	23
3.2.1 Metode VDI 2221 .....	23
3.2.2 Proses Pemodelan .....	24
3.2.3 Proses Manufaktur .....	25
3.2.4 Proses Manufaktur.....	25
3.3. Objek Penelitian .....	25
3.4. Alat dan Bahan Penelitian .....	26
3.4.1 Bahan Penelitian .....	26
3.4.2 Alat Penelitian .....	26
3.5. Proses Pembuatan Besi(II)Oksalat.....	27
3.6. Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	29
3.6.1 Tempat dan Pelaksanaan Manufaktur .....	29
3.6.2 Tempat dan pelaksanaan Pengujian Alat .....	29
3.6.3 Tempat dan pelaksanaan Analisa Hasil .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	30
4.1. Proses VDI2221 .....	30
4.1.1 Daftar Kehendak.....	30
4.2. Abstraksi.....	31
4.3. Struktur Fungsi.....	32
4.4. Matriks Solusi .....	33
4.5. Struktur Modul .....	34

4.6.	Pilihan Variasi .....	38
4.7.	Proses Manufaktur.....	43
4.7.1	Persiapan Alat.....	43
4.7.2	Persiapan Bahan.....	44
4.7.3	Hasil Manufaktur .....	45
4.8.	Pengujian dan Analisa Alat .....	52
4.9.	Proses Pembuatan Larutan Besi Oksalat .....	56
4.9.1	Persiapan Bahan.....	56
4.9.2	Persiapan Alat.....	57
4.9.3	Proses.....	58
4.10.	Pengambilan Data Debit Aliran .....	60
4.10.1	Persiapan bahan & Alat .....	60
4.10.2	Proses.....	60
4.11.	Pengambilan Data Intensitas Sinar UV .....	63
4.11.1	Persiapan Bahan dan Alat.....	63
4.11.2	Proses dan Hasil.....	64
4.12.	Revisi Alat Setelah Pengujian Kedua.....	66
4.13.	Pengambilan Data dengan Bahan Uji (Larutan Besi (II) Oksalat).....	70
4.14.	Pengolahan Data Besi (II) Oksalat dengan RSM .....	75
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN</b> .....	<b>89</b>
5.1.	Kesimpulan.....	89
5.2.	Saran.....	89
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>90</b>
<b>LAMPIRAN</b>	.....	<b>93</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Perancangan .....	8
Gambar 2.2 Contoh Hasil Analisis XRD.....	12
Gambar 2.3 Contoh Hasil Analisis XRF .....	13
Gambar 2.4 Contoh Hasil Analisis SEM-EDX.....	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	22
Gambar 3.2 Skema Langkah Kerja VDI 2221.....	23
Gambar 3.3 Software <i>Solidworks</i> 2018.....	24
Gambar 3.4 Desain Sistem Fotoreduksi Sinar UV.....	24
Gambar 3.5 Mesin <i>Cylindrical Grinding</i> Kellenberger .....	25
Gambar 3.6 Limbah Baja <i>Cylindrical Grinding</i> .....	26
Gambar 3.7 Proses Pembuatan Besi (II)Oksalat .....	27
Gambar 4.1 Struktur Fungsi.....	33
Gambar 4.2 Matrik Solusi.....	33
Gambar 4.3 Variasi 1.....	36
Gambar 4.4 Variasi 2.....	37
Gambar 4.5 Variasi 3.....	38
Gambar 4.6 Desain Alat.....	42
Gambar 4.7 Peralatan Yang Digunakan .....	43
Gambar 4.8 Bahan dan <i>Standar part</i> yang digunakan.....	44
Gambar 4.9 Hasil Produk Wadah Input .....	46
Gambar 4.10 Hasil Manufaktur Wadah Penyaringan.....	46
Gambar 4.11 Hasil Manufaktur Wadah Output .....	46
Gambar 4.12 Hasil Manufaktur <i>Stand 1</i> .....	47
Gambar 4.13 Hasil Manufaktur <i>Stand 2</i> .....	47
Gambar 4.14 Hasil Manufaktur <i>Stand 3</i> .....	47
Gambar 4.15 Hasil Manufaktur Plat Penguat 1 .....	48
Gambar 4.16 Hasil Manufaktur Plat Penguat 2 .....	48

Gambar 4.17 Hasil Manufaktur Plat Penguat 3 .....	17
Gambar 4.18 Hasil Manufaktur & <i>Assembly Base Plate Rib 1</i> dan Rib 2.....	49
Gambar 4.19 Hasil Manufaktur & <i>Assembly Rib</i> Lampu UV dan Rib 1.....	49
Gambar 4.20 Hasil Manufaktur <i>Cover 1</i> .....	50
Gambar 4.21 Hasil Manufaktur <i>Cover 2</i> .....	50
Gambar 4.22 Hasil <i>Assembly</i> dan Sistem <i>OFF</i> .....	51
Gambar 4.23 Hasil <i>Assembly</i> dan Sistem <i>ON</i> . .....	51
Gambar 4.24 Test Kebocoran Wadah Input.....	52
Gambar 4.25 Tes Kebocoran Wadah Penyaring 1 dan 2.....	52
Gambar 4.26 Tes Kebocoran Wadah Output.....	53
Gambar 4.27 Ergonomi Alat Yang diLetakkan di Atas Meja.....	54
Gambar 4.28 Sistem <i>On</i> .....	55
Gambar 4.29 Asam Oksalat.....	56
Gambar 4.30 Limbah Kotor dicuci Menjadi Limbah Bersih.....	56
Gambar 4.31 Gelas Ukur Kaca.....	57
Gambar 4.32 Stik <i>Stirer</i> .....	57
Gambar 4.33 <i>Magnetik Stirer</i> + Heater Elektrik.....	58
Gambar 4.34 Hasil Larutan Besi Oksalat.....	59
Gambar 4.35 Lokasi Titik Pengambilan Data didalam Sistem.....	60
Gambar 4.36 Titik Pengambilan Data Intensitas Sinar UV.....	63
Gambar 4.37 Alat <i>UVC Light Meter</i> .....	63
Gambar 4.38 Hasil Data Intensitas UV Variasi 010.....	64
Gambar 4.39 Hasil Data Intensitas UV Variasi 110.....	64
Gambar 4.40 Hasil Data Intensitas YV Variasi 111.....	64
Gambar 4.41 Revisi 1 Wadah Penyaringan.....	65
Gambar 4.42 3D <i>Solidworks</i> Pompa Yang Sudah.....	65
Gambar 4.43 Gambar <i>Power Supply</i> Lama dan .....	65
Gambar 4.44 <i>Stirer</i> .....	66

Gambar 4.45 Revisi Wadah Penampung Output.....	66
Gambar 4.46 Drawing Wadah <i>Output</i> Revisi 1.....	67
Gambar 4.47 Lem Dextone Untuk Menutup Luban.....	67
Gambar 4.48 Fluida Meluber, Menetes di luar Wa.....	68
Gambar 4.49 Dimmer Pengatur Kecepatan Motor .....	69
Gambar 4.50 Debit Aliran Dengan Pembukaan Kran 45.....	69
Gambar 4.51 Debit Aliran Dengan Pembukaan Kran 67.5.....	70
Gambar 4.52 Debit Aliran Dengan Pembukaan Kran 90.....	70
Gambar 4.53 Kondisi Lampu UV Menyala 3 Lampu.....	70
Gambar 4.54 Kondisi Lampu UV Menyala 2 Lampu.....	71
Gambar 4.55 Kondisi Lampu UV Menyala 2 Lampu .....	71
Gambar 4.56 Proses Pengambilan Data dengan La.....	71
Gambar 4.57 Hasil Endapan Saat Disinari Lampu .....	72
Gambar 4.58 Hasil Endapan Saat tidak Disinari Lampu .....	72
Gambar 4.59 Penyaringan Endapan Dengan Cairan.....	73
Gambar 4.60 Penyaringan Endapan Dengan Disinari Lampu UV.....	73
Gambar 4.61 Hasil Kristal Besi (II) Oksalat.....	74
Gambar 4.62 <i>Interaction Plot For Fe(II)Oksalat</i> .....	83
Gambar 4.63 <i>Contour Plot Of Fe(II)Oksalat vs UV Lamp</i> .....	83
Gambar 4.64 <i>Contour Plot Of Fe(II)Oksalat vs Opening Valve</i> .....	84
Gambar 4.65 <i>Contour Plot Of Fe(II)Oksalat vs Opening Valve</i> .....	84
Gambar 4.66 <i>Surface Plot Of Fe(II)Oksalat VS UV lamp</i> .....	85
Gambar 4.67 <i>Surface Plot Of Fe(II)Oksalat VS Opening Valve</i> .....	86
Gambar 4.68 <i>Surface Plot Of Fe(II)Oksalat VS Opening Valve</i> .....	86
Gambar 4.69 <i>Response Optimation Fe(II)Oksalat</i> .....	88



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya.....	15
Tabel 4.1 Daftar Kehendak.....	30
Tabel 4.2 List Kebutuhan Konsep Rancangan.....	31
Tabel 4.3 Struktur Modul.....	34
Tabel 4.4 Penilaian Kriteria Teknis.....	39
Tabel 4.5 Penilaian Kriteria Ekonomi.....	40
Tabel 4.6 Variasi 1 Detik Pengukuran Debit Aliran.....	61
Tabel 4.7 Variasi 2 Detik Pengukuran Debit Aliran.....	61
Tabel 4.8 Variasi 3 Detik Pengukuran Debit Aliran.....	62
Tabel 4.9 Variasi 4 Detik Pengukuran Debit Aliran.....	62
Tabel 4.10 Faktor dan Level Yang Dipilih dalam.....	74
Tabel 4.11 Hasil <i>eksperiment</i> .....	76
Tabel 4.12 <i>Design Summary</i> .....	77
Tabel 4.13 <i>Design Table (randomized)</i> .....	77
Tabel 4.14 Hasil Pengambilan Data Fe(II)Oksalat.....	78

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA