

LAPORAN HASIL PENELITIAN
SINTESIS TEMBAGA (II) SULFAT PENTAHIDRAT ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) DARI
LIMBAH KABEL TEMBAGA (Cu) DENGAN PROSES KRISTALISASI
DINGIN



DISUSUN OLEH :
PUJANGGA TIRTA KUSUMA
NPM. 22031010082

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA
TIMUR
SURABAYA
2026



Laporan Hasil Penelitian

"Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) Dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) Dengan Proses Kristalisasi Dingin"

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN HASIL PENELITIAN

"SINTESIS TEMBAGA (II) SULFAT PENTAHIDRAT ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) DARI LIMBAH KABEL TEMBAGA (Cu) DENGAN PROSES KRISTALISASI DINGIN"

Disusun Oleh :

PUJANGGA TIRTA KUSUMA

22031010082

Penelitian ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I :

Pembimbing II :

Prof. Dr. Ir. Ni Ketut Sari, M.T

NIP : 19650731 199203 2 001

A.R. Yekia Sunardi, S.T., M.T

NIP : 212 19960717 292



Laporan Hasil Penelitian

"Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) Dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) Dengan Proses Kristalisasi Dingin"

LAPORAN HASIL PENELITIAN

SINTESIS TEMBAGA (II) SULFAT PENTAHIDRAT ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) DARI LIMBAH KABEL TEMBAGA (Cu) DENGAN PROSES KRISTALISASI DINGIN

Disusun oleh:

1. Pujangga Tirta Kusuma

22031010082

Dipertahankan di hadapan Dosen Pembimbing dan Tim Penguji

Dosen Penguji:

Dosen Pembimbing:


Ir. Ketut Sumada, M.S.

NIP : 19620118 198803 1 001


Prof. Dr. Ir. Ni Ketut Sari, M.T.

NIP : 19650731 199203 2 001


Ika Nawang Ruspitawati, S.T., M.T.

NIP : 19880225 202012 2 008


A.R. Yelyia Sunarti, S.T., M.T.

NIP : 212 19960717 292

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


Prof. Dr. Dra. Jarivah, MP

NIP. 19650403 199103 2 001



Laporan Hasil Penelitian

"Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) Dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) Dengan Proses Kristalisasi Dingin"

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Pujangga Tirta Kusuma
NPM : 22031010082
Prodi/Fakultas/Universitas : Teknik Kimia/Teknik/Universitas Pembangunan
Nasional "Veteran" Jawa Timur

dengan ini menyatakan bahwa judul Laporan Hasil Penelitian " Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) Dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) Dengan Proses Kristalisasi Dingin" benar bebas dari plagiat dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka Saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini Saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 21 Mei 2026

Yang membuat pernyataan,



Pujangga Tirta Kusuma



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) Dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) Dengan Proses Kristalisasi Dingin”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan rahmat-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan dengan baik Laporan Hasil Penelitian yang berjudul “Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) Dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) Dengan Proses Kristalisasi Dingin”. Penyusunan Laporan Hasil Penelitian ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh dalam kurikulum program studi (S-1) Teknik Kimia dan memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia UPN “Veteran” Jawa Timur. Proposal penelitian ini kami susun berdasarkan data-data yang telah didapatkan dari hasil percobaan penelitian.

Laporan Hasil Penelitian yang kami susun tidak dapat tersusun sedemikian rupa tanpa adanya bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
2. Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, MT selaku koordinator program studi teknik kimia Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
3. Prof. Dr. Ir. Ni Ketut Sari, M.T selaku Dosen Pembimbing I penelitian ini
4. A.R. Yelvia Sunarti, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II penelitian ini
5. Ir. Ketut Sumada, M.S selaku Dosen Penguji I penelitian ini
6. Ika Nawang Puspitawati, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II penelitian ini
7. Keluarga baik Bapak, Ibu, serta saudara-saudaraku yang telah memberikan dorongan dalam semangat, doa, motivasi maupun bantuannya selama ini
8. Teman-teman dan seluruh pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah memberikan dorongan dan semangat baik dalam pelaksanaan dan penyusunan proposal penelitian

Penyusun menyadari bahwa laporan penelitian ini masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun kami untuk perbaikan dimasa yang akan datang.



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) Dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) Dengan Proses Kristalisasi Dingin”

Akhir kata, kami selaku penyusun memohon maaf kepada semua pihak apabila dalam penyusunan Laporan Hasil Penelitian ini terdapat kesalahan. Kami berharap semua Laporan Hasil Penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 21 Mei 2026

Penyusun



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) Dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) Dengan Proses Kristalisasi Dingin”

DAFTAR PUSTAKA

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR TABEL	1
DAFTAR GAMBAR.....	2
BAB I.....	4
PENDAHULUAN.....	4
I. 2 Tujuan.....	6
I. 3 Manfaat.....	7
BAB II	8
TINJAUAN PUSTAKA.....	8
II. 1 Teori Umum.....	8
II. 2 Landasan Teori.....	12
BAB III.....	15
PELAKSANAAN PENELITIAN	15
III.1 Pelaksanaan Penelitian.....	15
III.2 Bahan Penelitian	15
III.3 Rangkaian Alat	15
III.4 Kondisi dan Variabel Penelitian	16
III.5 Diagram Alir	17
III.6 Prosedur Penelitian	18
BAB IV.....	22
HASIL DAN PEMBAHASAN	22
IV. 1. Hasil Penelitian.....	22
IV. 1. 1. Komposisi Pada Bahan Baku Kabel Tembaga.....	22
IV. 1. 2. Hasil Sintesis Tembaga(II) Sulfat Pentahidrat	22
IV. 1. 3. Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 Terhadap Yield Produk yang Terbentuk.....	24



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) Dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) Dengan Proses Kristalisasi Dingin”

IV. 1. 4. Pengaruh Suhu Kristalisasi Terhadap Yield Kristal yang Terbentuk.....	26
IV. 1. 5. Kandungan Tembaga (Cu) pada $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	27
IV. 1. 6. Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 Terhadap Kadar Cu.....	29
IV. 1. 7. Pengaruh Suhu Kristalisasi Terhadap Kadar Cu	30
IV. 2. Hasil Analisa	32
IV. 2. 1. Analisa Instrumentasi XRF	32
IV. 2. 2. Analisa Instrumentasi XRD.....	34
IV. 2. 3. Analisa Hidrasi Kristal $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	35
IV. 3. Optimasi Data Kadar Tembaga dan Yield dengan Respond Surface Methodology.....	36
IV. 3. 1. Optimasi Kondisi Proses Pengolahan Hasil Analisis dengan RSM	36
IV. 3. 2. Analisis Respon Kadar Tembaga	41
IV. 3. 3. Analisis Respon Yield	44
IV. 3. 4. Hasil Optimasi Response dengan RSM.....	47
IV. 3. 5. Verifikasi Hasil Kondisi Optimum.....	49
BAB V	51
KESIMPULAN DAN SARAN	51
V. 1. Kesimpulan.....	51
V. 2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN A	57
LAMPIRAN B.....	59



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) dengan Proses Kristalisasi Dingin”

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hasil Uji Unsur Kimia Konduktor pada Peralatan Listrik Rumah Tangga	9
Tabel 2. Data kelarutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dalam air.....	10
Tabel 3. Komposisi pada Kabel Tembaga	22
Tabel 4. Massa (gr) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ yang Terbentuk.....	23
Tabel 5. Yield (%) Produk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	23
Tabel 6. Hasil Volume (ml) Titran pada Titrasi Iodometri.....	28
Tabel 8. Hasil Uji Analisa X-Ray Fluorescence	33
Tabel IV. 2 Data hasil pengecekan jumlah air kristal	36
Tabel IV. 3 Data Faktor dan Response untuk analisa dengan RSM.....	37
Tabel IV. 4 Hasil Optimasi kadar Cu dari data menggunakan metode ANOVA	38
Tabel IV. 6 Perbandingan Model Persamaan Response kadar tembaga yang disarankan oleh software.....	40
Tabel IV. 7 Perbandingan Model Persamaan Response Yield yang disarankan oleh software	40
Tabel IV. 8 Batasan Faktor dan Response untuk Optimasi	48
Tabel IV. 9 Hasil Optimalisasi Response	48
Tabel IV. 10 Hasil verifikasi <i>Confidence</i> Interval	49
Tabel IV. 11 Hasil verifikasi <i>Prediction</i> Interval.....	50



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) dengan Proses Kristalisasi Dingin”

DAFTAR GAMBAR

Gambar III.1 Rangkaian Alat Penelitian	15
Gambar III.2 Rangkaian alat Kristalisasi Dingin	16
Gambar III.3 Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	17
Gambar IV. 1 Grafik Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 Terhadap Yield yang Terbentuk.....	24
Gambar IV.2. Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Rata-Rata Yield Produk dengan Variasi Standar Deviasi.....	25
Gambar IV. 3 Grafik Pengaruh Suhu Kristalisasi Terhadap Yield yang Terbentuk	26
Gambar IV.4. Pengaruh Suhu Kristalisasi terhadap Rata-Rata Yield Produk dengan Variasi Standar Deviasi.....	27
Tabel 7.Kadar (%) Kandungan Tembaga (Cu)	28
Gambar IV.5 Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 Terhadap Kadar Cu	29
Gambar IV.6. Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Rata-Rata Kadar Cu dengan Variasi Standar Deviasi.....	30
Gambar IV.7 Pengaruh Suhu Kristalisasi Terhadap Kadar Cu.....	31
Gambar IV.8. Pengaruh Suhu Kristalisasi terhadap Rata-Rata Kadar Cu dengan Variasi Standar Deviasi.....	32
Gambar IV. 2 Grafik Analisa X-Ray Fluorescence.....	33
Gambar IV. 10 Grafik Analisa X-Ray Diffraction	34
Gambar IV. 11 JCDPS Hasil Uji XRD	35
Tabel IV. 5 Hasil Optimasi Yield dari data menggunakan metode ANOVA	39
Gambar IV.8 Grafik perbandingan response kadar tembaga dalam bentuk Predicted Vs Actual	42
Gambar IV.9. Grafik contour plot konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) terhadap suhu kristalisasi terhadap kadar tembaga dalam produk tembaga sulfat pentahidrat	43
Gambar IV.10. Grafik 3D surface konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) terhadap suhu kristalisasi terhadap kadar tembaga dalam produk tembaga sulfat pentahidrat	43
Gambar IV. 11. Grafik perbandingan response Yield dalam bentuk Predicted Vs Actual	45
Gambar IV. 12. Grafik contour plot konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) terhadap suhu kristalisasi terhadap Yield produk tembaga sulfat pentahidrat.....	46
Gambar IV. 13 Grafik 3D surface konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) terhadap suhu kristalisasi terhadap Yield produk tembaga sulfat pentahidrat	46



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) dengan Proses Kristalisasi Dingin”

INTISARI

Penelitian ini berfokus pada sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) bernilai ekonomis tinggi dengan memanfaatkan limbah kabel tembaga melalui metode kristalisasi dingin. Proses diawali dengan pengupasan dan pemotongan kabel tembaga sepanjang 0,1 cm sebanyak 10,25 gram, yang kemudian dilarutkan menggunakan larutan HNO_3 65%. Setelah itu, larutan dicampur dengan variasi konsentrasi H_2SO_4 (16–24%) dan dipanaskan pada suhu 90 °C untuk mencapai titik supersaturasi sebelum didinginkan pada suhu 8–25 °C selama 48 jam dengan kecepatan pengadukan 500 rpm. Berdasarkan analisis menggunakan titrasi iodometri, kadar tembaga (Cu) yang diperoleh berkisar antara 24,15% hingga 25,80% dan telah memenuhi standar SNI 06-2129-1991, dengan yield tertinggi sebesar 89,43% pada konsentrasi H_2SO_4 22% dan suhu kristalisasi 8 °C. Analisis instrumen XRF menunjukkan dominasi unsur tembaga sebesar 79,64%, sedangkan analisis XRD mengonfirmasi struktur monoklinik $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ yang konsisten dengan standar JCPDS. Uji hidrasi melalui pengovenan pada suhu 155 °C juga membuktikan kesempurnaan lima molekul air kristal dengan rasio mol 1:5. Selain itu, optimasi menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) melalui perancangan *Central Composite Design* (CCD) menghasilkan model persamaan kuadratik yang valid, di mana titik optimum tercapai pada konsentrasi H_2SO_4 22,714% dan suhu kristalisasi 12,279 °C dengan nilai prediksi kadar Cu sebesar 25,946%, yield sebesar 89,520%, serta nilai *desirability* sebesar 1,000.