

**OPTIMASI PENURUNAN KADAR SIANIDA (CN⁻) DALAM
LIMBAH SIMULASI UNTUK LIMBAH PERTAMBANGAN EMAS
SKALA KECIL (PESK) MENGGUNAKAN VARIASI NATRIUM
METABISULFIT (Na₂S₂O₅), HIDROGEN PEROKSIDA (H₂O₂), DAN
WAKTU DENGAN ANALISIS *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*
(RSM)**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

Mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Kimia

Oleh:

NURUL INTAN RAMADANY

20106030016

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2024



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-840/Un.02/DST/PP.00.9/06/2024

Tugas Akhir dengan judul : OPTIMASI PENURUNAN KADAR SIANIDA (CN-) DALAM LIMBAH SIMULASI UNTUK LIMBAH PERTAMBANGAN EMAS SKALA KECIL(PESK) MENGGUNAKAN VARIASI NATRIUM METABISULFIT ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), HIDROGEN PEROKSIDA (H_2O_2), DAN WAKTU DENGAN ANALISIS RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NURUL INTAN RAMADANY
Nomor Induk Mahasiswa : 20106030016
Telah diujikan pada : Jumat, 31 Mei 2024
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si. M.Si.
SIGNED

Valid ID: 665efba032848



Penguji I

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc
SIGNED

Valid ID: 665d37d4d3922



Penguji II

Muhammad Zamhari, S.Pd.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 66692e3b85871



Yogyakarta, 31 Mei 2024
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 666944bd3ec97

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Nurul Intan Ramadany
NIM : 20106030016
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Optimasi Penurunan Kadar Sianida (CN⁻) dalam Limbah Simulasi untuk Limbah Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) Menggunakan Variasi Natrium Metabisulfit (Na₂S₂O₅), Hidrogen Peroksida (H₂O₂), dan Waktu dengan Analisis *Response Surface Methodology (RSM)*” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Jakarta, 19 Mei 2024



Nurul Intan Ramadany
NIM. 20106030016

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/ TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nurul Intan Ramadany

NIM : 20106030016

Judul Skripsi. : Optimasi Penurunan Kadar Sianida (CN^-) dalam Limbah Simulasi

untuk Limbah Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) Menggunakan Variasi Natrium Metabisulfit ($Na_2S_2O_5$), Hidrogen Peroksida (H_2O_2), dan Waktu dengan Analisis *Response Surface Methodology (RSM)*

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 20 Mei 2024

Pembimbing

Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si.
NIP. 198106272006042003

ABSTRAK
OPTIMASI PENURUNAN KADAR SIANIDA (CN⁻) DALAM
LIMBAH SIMULASI UNTUK LIMBAH PERTAMBANGAN EMAS
SKALA KECIL (PESK) MENGGUNAKAN VARIASI NATRIUM
METABISULFIT (Na₂S₂O₅), HIDROGEN PEROKSIDA (H₂O₂), DAN
WAKTU DENGAN ANALISIS *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*
(RSM)

Oleh

Nurul Intan Ramadany

20106030016

Pembimbing :

Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si.

Limbah sianida dapat terurai secara alami melalui oksigen di udara, namun dalam proses terurai secara alami tersebut tentu sudah menimbulkan efek negatif pada lingkungan sehingga dilakukan destruksi atau pengolahan pada limbah sianida sebagai bentuk tanggung jawab kegiatan penggunaan sianida agar tidak mencemari lingkungan. Optimasi penurunan kadar sianida menggunakan sampel limbah simulasi yang berasal dari natrium sianida (NaCN) dengan NaOH sebagai agen pengkondisi. Limbah simulasi sianida merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk mengetahui konsentrasi optimum penambahan natrium metabisulfit, hidrogen peroksida dan waktu reaksi. Hal tersebut dikarenakan limbah simulasi tidak mengandung zat pengotor atau zat pengikut lain sehingga hasil pengurangannya dapat dipastikan murni dari reaksi sianida dengan natrium metabisulfit dan hidrogen peroksida.

Destruksi limbah simulasi sianida dilakukan dengan penambahan variasi natrium metabisulfit, hidrogen peroksida, dan lama waktu reaksi pada volume 500 ml sampel limbah simulasi. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian adalah titrasi argentometri dengan menggunakan indikator 5-(4-Dimethylaminobenzylidene)-rhodanine. Untuk mencapai titik optimal, peneliti menggunakan analisis *Response Surface Methodology* Desain Komposit Pusat. Dari hasil eksperimen yang telah dilakukan, penambahan hidrogen peroksida dan waktu reaksi lebih efektif menurunkan kadar sianida dalam sampel limbah simulasi, dibandingkan dengan natrium metabisulfit meski tanpa adanya katalis dan oksigen di udara. Titik optimal dalam penurunan kadar sianida dicapai dengan presentase penurunan 68,42% pada penambahan 2,5 ml hidrogen peroksida, natrium metabisulfit 0,5 gram, dan 180 menit waktu perlakuan. Model yang disarankan dari metode RSM CCD adalah Kuadratik dengan persen eror 3,79 %.

Kata kunci : *Destruksi Sianida, Titrasi Argentometri, Response Surface Methodology (RSM), Desain Komposit Pusat (CCD).*

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF REDUCTION OF CYANIDE (CN⁻) LEVELS IN SIMULATED WASTE FOR SMALL SCALE GOLD MINING WASTE (PESK) USING VARIATIONS OF SODIUM METABISULPHITE (Na₂S₂O₅), HYDROGEN PEROXIDE (H₂O₂), AND TIME WITH RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM) ANALYSIS

By

Nurul Intan Ramadany

20106030016

Supervisor :

Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si.

Cyanide waste can decompose naturally through oxygen in the air, but this natural decomposition process certainly has a negative impact on the environment so that cyanide waste is destroyed or processed as a form of responsibility for cyanide use activities so as not to pollute the environment. . Optimizing the reduction of cyanide levels using simulation of waste samples originating from sodium cyanide (NaCN) with NaOH as a conditioning agent. Cyanide simulation waste is an alternative that can be used to determine the optimum concentration for the addition of sodium metabisulfite, hydrogen peroxide and reaction time. This is because the simulated waste does not contain impurities or other substances, so it can be ensured that the reduction results are pure from the cyanide reaction with sodium metabisulfite and hydrogen peroxide.

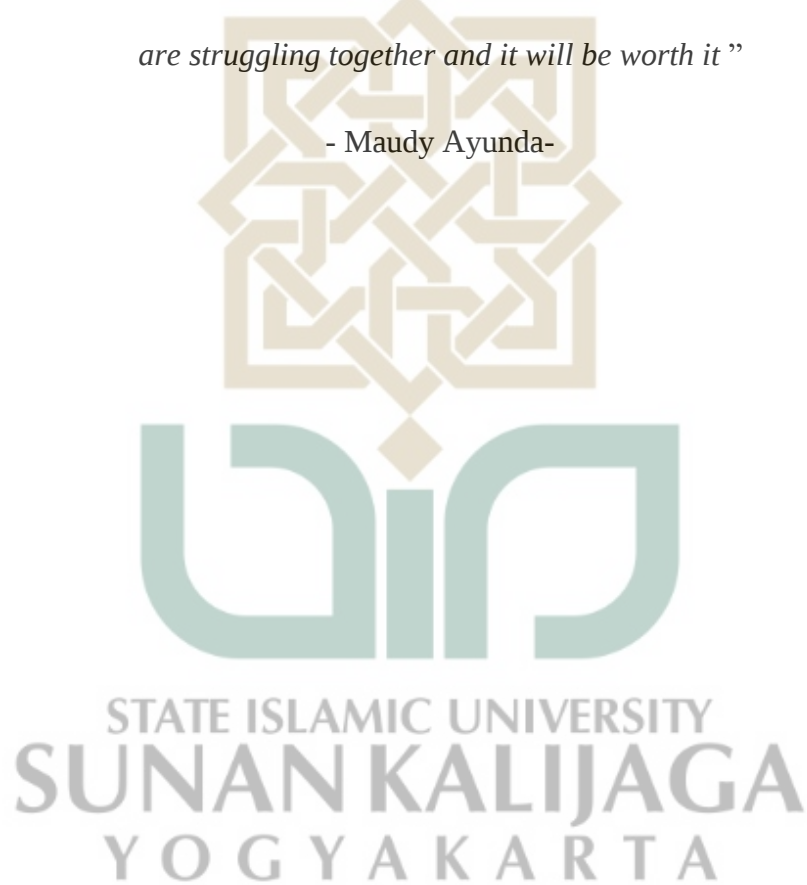
Destruction Simulation of cyanide waste was carried out by adding variations of sodium metabisulfite, hydrogen peroxide, and reaction time to a volume of 500 ml of simulated waste sample. The analytical method used in this research is an argentometry titration using indicators 5-(4-Dimethylaminobenzylidene)-rhodanine. To reach the optimal point, researchers use analysis Response Surface Methodology Central Composite Design. From the results of the experiments that have been carried out, addition of hydrogen peroxide and the reaction time is more effective reduced cyanide levels in simulated waste samples, compared to sodium metabisulfite even in the absence of a catalyst and oxygen in the air. The optimal point in reducing cyanide levels is achieved by reduction percentage of 68.42% with the addition of 2,5 ml hydrogen peroxide, 0,5 grams of sodium metabisulfite, and treatment time 180 minutes. The recommended model form RSM CCD method is Quadratic with an error percentage of 3.79%.

Keywords : *Cyanide Destruction, Argentometry Titration, Response Surface Methodology (RSM), Central Composite Design (CCD).*

HALAMAN MOTTO

“ Jangan meragukan diri sendiri, *you're not alone in chasing your dreams, we are struggling together and it will be worth it* ”

- Maudy Ayunda-



HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT yang senantiasa memberi limpahan rahmatNya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini dalam keadaan sehat tanpa kekurangan suatu apapun.
2. Kedua orang tua penulis, Ayah dan Ibu tercinta yang telah mengizinkan dan memberi dukungan penuh atas pilihan penulis dalam menyelesaikan tulisan dan gelar sarjana ini.
3. Ketiga adik penulis, semoga sedikit tulisan ini dapat menjadi motivasi bagi kalian akan pentingnya pendidikan
4. Pusat Riset Teknologi Pertambangan BRIN, semoga penelitian yang dilakukan penulis dapat bermanfaat dalam menangani permasalahan di lingkungan tambang.
5. Dosen Pembimbing, semoga apapun yang tertulis dalam skripsi ini dapat menjadi amal jariyah yang terus mengalir bagi beliau kelak.
6. Diri penulis sendiri, tulisan ini menjadi langkah awal bagi penulis dan sebagai pengingat bila suatu hari menemukan diri dalam keadaan sulit, penulis akan bertahan dengan cara yang sama.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Robbisrohli sodri wayassirli amri wahlul 'uqdatanmillisani yafqohu qouli.

Alhamdulillah rabbil alamin, dengan segala kerendahan hati dan ungkapan rasa syukur yang tiada henti atas nikmat yang Allah swt. berikan sehingga skripsi yang berjudul “Optimasi Penurunan Kadar Sianida (CN⁻) dalam Limbah Simulasi untuk Limbah Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) Menggunakan Variasi Natrium Metabisulfit (Na₂S₂O₅), Hidrogen Peroksida (H₂O₂), dan Waktu dengan Analisis *Response Surface Methodology (RSM)*” dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam mencapai derajat Sarjana Kimia. Semoga apapun yang tertulis dalam skripsi ini menjadi ilmu yang terus mengalir bagi para pembimbing, bagi diri penulis sendiri, dan bagi siapapun yang membacanya. Aamiin

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, bantuan dan ide-ide kreatif sehingga tahap demi tahap penyusunan skripsi ini telah selesai. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

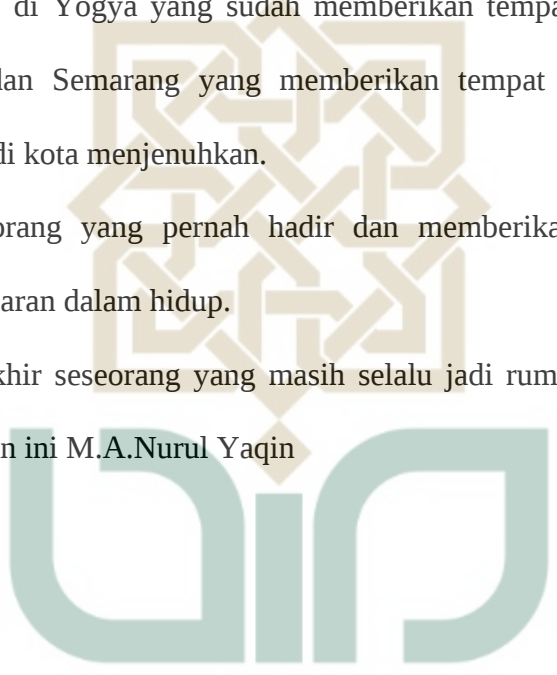
1. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
2. Ibu Dr. Imelda Fajriyati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

3. Bapak Sudarlin, M.Si selaku Sekretaris Program Studi Kimia Fakultas yang selalu siap sedia membantu dan menyederhanakan rangkaian proses pemberkasan.
4. Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si. sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang telah menyetujui penelitian ini, selalu menyempatkan waktu di tengah kesibukan beliau, dan dengan keikhlasan hati membimbing, memberi masukan bahkan tetap tersenyum saat saya kembali bimbingan dalam waktu sangat lama.
5. Bapak Dr. Maitrise Adji Kawigraha M.T. sebagai pembimbing BRIN yang telah memberikan kesempatan kepada saya menjadi bagian keluarga besar P RTPB, menyetujui penelitian tugas akhir saya, dan dengan sangat sabar membimbing, mengorbankan waktu, pikiran, tenaga hingga materi dalam mendukung tugas akhir saya
6. Keluarga besar Pusat Riset Pertambangan BRIN Serpong khususnya kepada Mba Nur Vita Permatasari, S.Si., M.Ling. yang sudah seperti pembimbing ketiga, memperkenalkan kehidupan di lab, dan menemani proses penelitian dan penulisan skripsi ini, serta Mba Dr. Della Kharisma, S.Pd., M.Si. yang sudah seperti kakak sendiri selama di kantor.
7. Ibu Ika Qurrotul Afifah, M.Si. sebagai Dosen Pembimbing Akademik (DPA) yang memberikan banyak perhatian dari awal hingga akhir semester.
8. Kepada Keluarga Besar Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan wadah terbaik bagi mahasiswa untuk

dapat berproses sehingga menjadi jembatan bagi penulis dalam mencoba berbagai kesempatan. Bapak/Ibu Tata Usaha yang sangat membantu dalam proses pemberkasan, serta seluruh Dosen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga yang sudah memberikan ilmu dan telah menitipkannya dalam gelar sarjana ini .

9. Kepada Seluruh Pengurus *International Office* FST UIN Sunan Kalijaga, Ibu Sri Utami Zuliana, S.Si., M.Sc., Ph.D. Ibu apt Gita Miranda Warsito, S.Farm., M.K.M., M.P.H. Bapak Dr. Hj. Fathorrahman, S.Ag., M.Si. yang sudah memberikan kesempatan dan mendampingi penulis selama menjadi bagian dari Delegasi *Kalijaga International Student Mobility Awardee* (KISMA) 2023 di *International Islamic University Malaysia* (IIUM).
10. Bapak Drs. Heri Handoko. MM. yang merupakan Guru Kimia favorite penulis semasa bersekolah di SMAN 96 Jakarta hingga menjadi alasan penulis memilih terjun ke dunia Kimia, semoga beliau senantiasa diberi kesehatan selalu.
11. Keluarga kecilku, Ayah Juni Santoso dan Ibu Sumarsih yang selalu memberikan *support* baik secara materi, dan mendoakan tiap langkah kecil yang mba Nurul bangun, serta adik adik tersayang Nadya Fairuza Syaputri, Najwa Jannati Fatikha, Arsyah Habibi Arbain yang tiada henti menjadi alasan terbesar bagi mba bisa menyelesaikan gelar sarjana dan mengukir benang cerita untuk keluarga kita.

12. Teman teman penghilang penat, keluarga besar Saintek Musik. Teman ngopi dan sambat yang tidak bisa ku sebutkan satu persatu. Teman teman semasa sekolah, teman teman PT. Kembang Jaya, Hydroxyl dan juga teman teman yang bersedia di repotkan dalam proses pemberkasan kemarin.
13. Keluarga di Yogya yang sudah memberikan tempat berteduh, keluarga Klaten dan Semarang yang memberikan tempat liburan terbaik saat suasana di kota menjenuhkan.
14. Semua orang yang pernah hadir dan memberikan pengalaman serta pembelajaran dalam hidup.
15. dan terakhir seseorang yang masih selalu jadi rumah pulang dan cerita perjalanan ini M.A.Nurul Yaqin



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/ TUGAS AKHIR.....	iv
ABSTRAK	v
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah.....	6
D. Tujuan Penelitian	7
E. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
A. Tinjauan Pustaka.....	8
B. Landasan Teori.....	18
1. Sianida.....	18
2. Natrium Metabisulfit	20
3. Hidrogen Peroksida	22
4. Titrasi Argentometri.....	23
5. <i>Response Surface Methodology</i> (RSM).....	24
C. Kerangka Berpikir dan Hipotesis Penelitian.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
B. Alat-alat Penelitian.....	31

C. Bahan Penelitian	31
D. Prosedur Kerja Penelitian.....	32
1. Desain Rancangan Formulasi	32
2. Desain Formulasi Eksperimen.....	34
3. Analisis Respon	35
4. Preparasi Bahan	36
5. Standarisasi Sampel Limbah Simulasi Sianida	37
6. Destruksi Sianida.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
A. Proses Destruksi Sianida.....	39
B. Penentuan Kadar Sianida dengan Analisis Argentometri	42
C. Tahap Analisis Respon Uji Statistika Calon Model.....	46
D. Analisis Ragam Anova.....	48
E. Uji Kenormalan dan Uji Asumsi Identik	50
F. Analisis Karakteristik Permukaan Respon.....	52
G. Interaksi Natrium Metabisulfit dan Waktu serta Pengaruhnya Dalam Penurunan Kadar Sianida	55
H. Interaksi Hidrogen Peroksida dan Waktu serta Pengaruhnya Dalam Penurunan Kadar Sianida	58
I. Interaksi Natrium Metabisulfit dan Hidrogen Peroksida serta Pengaruhnya Dalam Penurunan Kadar Sianida.....	61
J. Pengaruh dari Ketiga Variabel dalam Penurunan Kadar Sianida Berdasarkan Grafik.....	62
K. Kelebihan dari Oksidator yang Efektif Menurut Penelitian.....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN	75
CURRICULUM VITAE	87

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Studi Literatur	12
Tabel III. 1 Penetapan Variabel Bebas Penelitian	33
Tabel III. 2 Desain Formulasi.....	34
Tabel IV. 1 Kondisi pH awal dan pH akhir	41
Tabel IV. 2 Data Hasil Presentase Penurunan untuk Formulasi.....	44
Tabel IV. 3 Uji Pemilihan Calon Model.....	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar III. 1 Rancangan formulasi metode CCD	33
Gambar IV. 1 Pada saat proses destruksi sedang berjalan.....	39
Gambar IV. 2. Setelah penambahan indikator rhodanine	44
Gambar IV. 3. Titik akhir titrasi merah kekuningan (<i>Salmon Hue</i>)	44
Gambar IV. 4. Uji Kenormalan	51
Gambar IV. 5. Uji Asumsi Identik.....	51
Gambar IV. 6. Penurunan berdasarkan waktu tertinggi	53
Gambar IV. 7. Penurunan berdasarkan waktu terendah	54
Gambar IV. 8. Interaksi natrium metabisulfit dengan waktu	56
Gambar IV. 9. Grafik kontur plot warna 3D Interaksi Natrium Metabisulfit	57
Gambar IV. 10. Cara Cermat Mengolah Limbah Emas (<i>Agincourt Resources</i> , 2020).....	58
Gambar IV. 11. Interaksi Hidrogen Peroksida dengan Waktu	59
Gambar IV. 12. Gambar kontur plot warna 3D hidrogen peroksida dan waktu	60
Gambar IV. 13. Interaksi hidrogen peroksida dengan natrium metabisulfit .	62
Gambar IV. 14. Grafik penurunan ketiga variabel	63

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pemerintah telah melarang penggunaan merkuri pada kegiatan Penambangan Emas Skala Kecil (PESK) melalui peraturan presiden nomor 21 tahun 2019 dengan komitmen Rencana Aksi Nasional Pengurangan dan Penghapusan Merkuri atau RAN-PPM (Perpres, 2019). Merkuri (Hg) merupakan logam berat yang bersifat toksik, berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan hidup (Hasyimi & Rahim, 2014; Inswiarsi & Martono, 2007). Pencemaran merkuri bersifat peristen, tidak dapat terurai, tetapi dapat berpindah dari suatu ekosistem ke ekosistem lain dan terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup melalui rantai makanan (Insiani et al., 2020). Metode sianidasi sebagai alternatif pengganti proses amalgamasi merkuri (Hg) dalam kegiatan Penambangan Emas Skala Kecil (PESK) karena sifatnya yang dapat terurai dan relatif mudah dikendalikan (Teixeira et al., 2021). Sianidasi merupakan proses pelindian bijih emas yang umum digunakan dengan menggunakan larutan sianida (Majalis et al., 2022; Sabara et al., 2018). Sianida dapat mengekstraksi emas dengan melepaskan emas dari batuan (Woffenden et al., 2008). *Recovery* emas melalui proses sianidasi lebih besar dibandingkan dengan proses amalgamasi, meskipun proses sianidasi lebih kompleks jika dibandingkan dengan proses amalgamasi.

Namun perolehan emas dengan metode amalgamasi lebih kecil dari 30% sementara dengan sianidasi lebih besar dari 85% (Drace et al., 2016).

Sianida (CN^-) masuk ke dalam Bahan Berbahaya Beracun (B3) jika dilepas dalam bentuk limbah ke lingkungan. Hasil akhir kegiatan Penambangan Emas Skala Kecil (PESK) ditampung dalam suatu kolam pengendapan yang disebut *tailing effluent* (Sukma et al., 2018). Tailing atau limbah proses pengolahan biji logam (Rahmayanti, 2021) berbentuk campuran zat padat seperti *slurry* atau lumpur dan zat cair sisa yang memiliki banyak kandungan logam berat (termasuk logam berat sianida). Pelepasan tailing dengan konsentrasi besar ke lingkungan berpotensi merusak lingkungan sekaligus berbahaya bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup (Alkatiri et al., 2020). Air limbah pada tailing dapat meluap saat hujan dan mengalir menuju sungai (Marshall et al., 2020). Pada kondisi tersebut aliran air limbah akan membahayakan kelangsungan hidup serta ekosistem (Ardiansyah, 2014). Terlepas dari kemampuan sianida yang terurai secara alami dengan oksigen di udara yang berikatan kovalen dengan hidrogen dan membentuk sianat (CNO^-) (Farrokhi, 2013), limbah atau sisa hasil pertambangan harus melalui proses pengolahan limbah atau proses destruksi (Menlhk, 2022).

Limbah sianida yang mencemari tanah berdampak pada kualitas tanah, air tanah, satwa darat dan juga manusia (Sukma et al., 2018). Limbah sianida yang mencemari aliran air berdampak ekosistem air dan kesehatan masyarakat sekitar, bahkan kematian terhadap sumberdaya ikan

tangkapan (Muntasir et al., 2015). Sebagai bentuk pengurangan dampak pencemaran sianida, senyawa natrium metabisulfit atau dikenal dengan nama dagang smbs merupakan senyawa yang sering digunakan oleh para pelaku tambang karena harganya yang relatif terjangkau (Majalis et al., 2019). Selain natrium metabisulfit, senyawa hidrogen peroksida (H_2O_2) juga dapat berperan sebagai oksidator kuat dalam degradasi sianida yang relatif mudah diperoleh dan lebih ramah lingkungan terkait dengan bentuk akhirnya yang terpecah menjadi H_2 dan O_2 . Dalam penelitian (Marhaini & Wibowo, 2016). Hidrogen peroksida dimanfaatkan sebagai pengoksidasi pada proses okidasi tingkat lanjut. Triana & Siregar (2020) menyatakan semakin besar perbandingan antara H_2O_2 : CN pada limbah tailing maka CN^- yang dihasilkan akan semakin kecil. Muntasir et al. (2015) menyatakan semakin banyak penambahan hidrogen peroksida, sianida yang bereaksi membentuk $CNCl$ akan semakin besar sehingga kandungan sianida bebas yang terdapat dalam limbah cair semakin kecil (Muntasir et al., 2015).

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan Llerena & Lopez (2018). Penelitian tersebut menggunakan parameter sampel limbah pertambangan emas Machala (EI Oro - Ekuador). Kandungan mineral yang berbeda dalam setiap limbah tailing menjadikan penelitian Llierena & Lopez (2018) belum tentu dapat digunakan pada kondisi tailing di daerah atau negara lainnya. Tailing mengandung banyak zat pengotor atau pengikut sehingga hasil pengurangannya tidak dapat

dipastikan murni dari reaksi sianida dengan natrium metabisulfit dan hidrogen peroksida. Dengan demikian peneliti menetapkan parameter pada sampel menggunakan limbah simulasi yang terbebas dari zat pengotor lainnya.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah titrasi argentometri dengan menggunakan rhodanine sebagai indikator. Metode titrasi digunakan karena memiliki kelebihan dalam pengamatan secara langsung dan dapat dikondisikan dalam duplo ataupun triplo. Selain itu metode titrasi argentometri jauh lebih terjangkau dan memungkinkan digunakan pada Masyarakat Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) dibandingkan dengan metode spektrofotometri UV-VIS yang menggunakan lebih dari satu reagen. Keberadaan kandungan sianida dapat dilihat dengan terbentuknya warna merah kekuningan (Salmon Hue) akibat ligan Ag^+ yang membentuk ikatan kompleks (SNI, 2011).

Penelitian ini menggunakan analisis data *Response Surface Methodology Central Composite Design* (RSM CCD) untuk melihat nilai optimum dari parameter yang telah ditetapkan berdasarkan studi literatur atau hasil eksperimen penelitian sebelumnya, seperti variasi konsentrasi hidrogen peroksida, natrium metabisulfit dan waktu pengerjaan. Variabel konsentrasi dan waktu tersebut menjadi desain rancangan eksperimen RSM CCD, yang kemudian hasil dari eksperimen di formulasikan kembali untuk mendapatkan persamaan matematis. Metode RSM lebih efektif dan efisien karena dapat mengetahui titik optimum dari tiga parameter sekaligus. RSM

akan menghasilkan data yang baik dengan pengamatan data statistik yang dapat menjawab hipotesis dalam penelitian karena menampilkan grafik kontur warna 2 dimensi dan 3 dimensi dan mendukung hasil pembahasan dalam penelitian (Hidayat et al., 2021).

Berdasarkan masalah yang diuraikan maka penelitian dengan judul Optimasi Penurunan Kadar Sainida (CN^-) dalam Limbah Simulasi untuk Limbah Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) Menggunakan Variasi Natrium Metabisulfit ($Na_2S_2O_5$), Hidrogen Peroksida (H_2O_2), dan Waktu dengan Analisis *Response Surface Methodology* (RSM) perlu dilakukan. Parameter limbah simulasi pada penelitian ini akan menunjukkan tingkat efektifitas hidrogen peroksida dan natrium metabisulfit berdasarkan variabel konsentrasi dan lamanya waktu. Metode analisis RSM akan menampilkan titik optimum dari parameter yang di tetapkan, sehingga data yang dihasilkan dapat dikembangkan sebagai bahan rujukan terkait senyawa yang lebih efektif dengan konsentrasi dan waktu yang optimum menurut penelitian yang akan dimanfaatkan pada Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK).

B. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan NaCN teknis sebagai limbah simulasi dengan variabel tetap yaitu pelarutan 1

gram NaCN ke dalam 500 mL NaOH 0,01 M kondisi pH limbah simulasi awal $11 \geq \text{pH} \leq 12$

2. Variabel bebas berdasarkan literatur yang telah dibaca 0.5 sampai dengan 2 gram $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, 0.5 sampai dengan 2.5 mL H_2O_2 , dengan lama waktu pengerjaan 60 sampai dengan 180 menit.
3. Pengukuran konsentrasi limbah sianida awal dan akhir menggunakan AgNO_3 1,083 ppm dan indikator rhodanine dengan hasil akhir yang di formulasikan dalam *software Design Expert* 13
4. Penelitian dilakukan pada suhu ruang $T \ 26 \pm 5^\circ\text{C}$, pada kecepatan 150 ± 50 rpm dengan perlakuan tertutup atau inkubasi pada proses destruksi.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan natrium metabisulfit dan hidrogen peroksida dalam penurunan kadar sianida pada limbah simulasi berdasarkan variabel konsentrasi dan waktu ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan natrium metabisulfit dan hidrogen peroksida dalam mencapai titik optimal penurunan sianida pada analisis respon permukaan atau RSM berdasarkan variabel konsentrasi dan waktu ?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan efektifitas natrium metabisulfit, hidrogen peroksida, dan waktu dalam penurunan sianida pada limbah simulasi berdasarkan konsentrasi dan waktu
2. Menentukan titik optimal berdasarkan lama waktu dan jumlah hidrogen peroksida serta natrium metabisulfit dalam penurunan kadar sianida

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang efektifitas oksidator natrium metabisulfit dan hidrogen peroksida dalam penurunan konsentrasi sianida
2. Memberikan informasi kepada para pelaku pertambangan sehingga dapat menjadi rujukan dalam kegiatan destruksi limbah sianida sebelum pelepasan ke lingkungan.
3. Dapat menjadi rujukan untuk penelitian lanjutan yang diperlukan untuk penanganan limbah yang mengandung sianida.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Penambahan konsentrasi hidrogen peroksida dan waktu lebih berpengaruh terhadap penurunan kadar sianida dibandingkan dengan konsentrasi natrium metabisulfit yang kurang signifikan terhadap penurunan kadar sianida dengan grafik yang cenderung menurun.
2. Titik optimal dalam penurunan CN^- didapat pada penambahan 0,5 gram natrium metabisulfit dan 2,5 ml hidrogen peroksida dalam waktu 180 menit dengan presentase penurunan 68,42 %. Model *Quadratic* disarankan dalam analisis *Response Surface Methodology (RSM)* melalui persamaan matematis penurunan $\text{CN}^- = 28,4097 + 16,7824 X_1 + 3,31682 X_2 + 5,22804 X_3 - 1,63375 X_1X_2 + 8,31875 X_1X_3 - 2,81875 X_2 X_3 + 1,6242 X_1^2 - 0,47944 X_2^2 + 3,61294 X_3^2$ dengan nilai eror sebesar 3,79 % yang menyatakan prediksi model sudah cukup akurat.

B. SARAN

1. Penggunaan metode CCD belum efektif digunakan dalam penelitian ini karena variabel yang kurang luas Pada penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas variabel waktu agar grafik hasil penurunan terlihat sampai ke bawah

2. Tidak melakukan eksperimen dalam keadaan tertutup atau inkubasi agar natrium metabisulfit dapat bereaksi dengan baik dengan oksigen di udara



DAFTAR PUSTAKA

- Agincourt Resources. (2020, June 3). Cara Cermat Mengolah Limbah Emas. *Agincourt Resources*. <https://agincourtresources.com/id/2020/06/03/cara-cermat-mengolah-limbah-emas/>
- Alkatiri, H., Umar, K., & Tamogla, A. R. (2020). *Analisis Pengelolaan Limbah Tailing dari Hasil Pengolahan Emas pada PT. Nusa Halmahera Minerals Desa Gosowong Kabupaten Halmahera Utara*. 2.
- Altinkaya, P., Wang, Z., Korolev, I., Hamuyuni, J., Haapalainen, M., Kolehmainen, E., Yliniemi, K., & Lundström, M. (2020). Leaching and recovery of gold from ore in cyanide-free glycine media. *Minerals Engineering*, 158, 106610. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106610>
- Ardiansyah, A. I. (2014). *Industri Pertambangan Masa Lalu dan Masa Depan Indonesia*. PT Freeport Indonesia.
- Azmi, L. S. (2023). *Application of The Surface Response Experiment Method to Optimize The Compressive Strength and Shear Strength of Red Brick and Lime Mortar Mixed Powder*.
- Breuer, P. L., Sutcliffe, C. A., & Meakin, R. L. (2011). Cyanide measurement by silver nitrate titration: Comparison of rhodanine and potentiometric end-points. *Hydrometallurgy*, 106(3), 135–140. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2010.12.008>
- Drace, K., Kieffer, A. M., & Veiga, M. M. (2016). Cyanidation of Mercury-Contaminated Tailings: Potential Health Effects and Environmental Justice. *Current Environmental Health Reports*, 443-449. <https://doi.org/10.1007/s40572-016-0113-0>
- Farrokhi, M. (2013). Effect of organic matter on cyanide removal by illuminated titanium dioxide or zinc oxide nanoparticles. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 11(1), 23. <https://doi.org/10.1186/2052-336X-11-23>
- Fathur R., A., Hendrawan, Y., Dewi, S. R., & Sutan, S. M. (2018). OPTIMASI NILAI RENDEMEN DALAM PEMBUATAN VIRGIN COCONUT

- OIL (VCO) MENGGUNAKAN PEMANASAN SUHU RENDAH DAN KECEPATAN SENTRIFUGASI DENGAN RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, Vol. 6 No.3 September 2018, 218–228.
- Fitria, & Sobah, S. (2021). Pengaruh Penambahan Viscosity Modifer dan Hidrogen Peroksida (H₂O₂) terhadap Recovery Emas dan Perak. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, Vol 1 No.9 September 2021, 345–349. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2018.10.013>
- Hasyimi, M., & Rahim, Y. (2014). PERSEPSI JAJARAN KESEHATAN TENTANG DAMPAK KEGIATAN PENAMBANGAN EMAS DI KABUPATEN BURU PROVINSI MALUKU, TAHUN 2012. 13(2).
- Herawan, I., & Muttaqin, Z. Z. (2012). Recovery Cu²⁺ Ion from Detoxification SO₂/Air Process Waste by Using Carbon In Pulp Method at PT Antam Tbk UBPE Pongkor. *Perpustakaan Digital Polban*.
- Hidayat, I. R., Zuhrotun, A., & Sopyan, I. (2021). Design-Expert Software sebagai Alat Optimasi Formulasi Sediaan Farmasi. *Majalah Farmasetika*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i1.27842>
- Insiani, Y., Siregar, G. J., Pratiwi, F. D., & Suwaji, S. (2020). GOLD- ISMIA, Buku 1 Kebijakan Pengurangan dan Penghapusan Penggunaan Merkuri di Sektor Penambangan Emas Skala Kecil. *Dinas Lingkungan Hidup Dan Kehutanan*.
- Inswiarsi, & Martono, H. (2007). Pencemaran di Wilayah Tambang Emas Rakyat. *Media Litbang Kesehatan*, XVII Nomor 3 Tahun 2007.
- Jaszczak, E., Polkowska, Z., Narkowicz, S., & Namiesnik, J. (2017). Cyanides in the environment—Analysis—Problems and challenges. *Environ Sci Pollut Res*. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9081-7>
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (n.d.). NATRIUM SIANIDA. Retrieved May 15, 2024, from <https://sib3pop.menlhk.go.id/B3/NatriumSianida.htm>

- Kjeldsen, P. (1999). Behaviour of Cyanides in Soil and Groundwater: A Review. *Water, Air, and Soil Pollution*, 115(1), 279–308. <https://doi.org/10.1023/A:1005145324157>
- Llerena, G. A., & Lopez, I. R. (2018). Cyanide Degradation from Mining Effluent Using Two Reagents: Sodium Metabisulphite and the Metabisulphite Mixture with Hydrogen Peroxide. *TECCIENCIA*, 13, Article 25. <https://doi.org/10.18180/tecciencia.2018.25.1>
- Majalis, A. N., Mohar, R. S., & Novitasari, Y. (2022). Pengolahan Tailing Sianidasi Bijih Emas dengan Proses Oksidasi-Presipitasi pada kondisi Batch dalam Skala Laboratorium. *Jurnal Ilmu Lingkungan*.
- Majalis, Asep. N., Lusiani, S., & Novitasari, Y. (2019). Proses untuk Menurunkan Konsentrasi Sianida Bebas dalam Air Limbah Pertambangan Emas Skala Kecil. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(1), Article 1. <https://doi.org/10.29122/jtl.v20i1.3214>
- Marhaini, & Wibowo, H. S. (2016). *PENGEMBANGAN PROSES OKSIDASI TINGKAT LANJUT MENGGUNAKAN FOTOKATALIS TiO₂ DENGAN PENAMBAHAN H₂O₂ UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PERTAMBANGAN BATUBARA*.
- Marshall, B. G., Veiga, M. M., da Silva, H. A. M., & Guimarães, J. R. D. (2020). Cyanide Contamination of the Puyango-Tumbes River Caused by Artisanal Gold Mining in Portovelo-Zaruma, Ecuador. *Current Environmental Health Reports*, 7(3), 303–310. <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00276-3>
- Menlhk. (2017). *PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 32 TAHUN 2017 TENTANG STANDAR BAKU MUTU KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PERSYARATAN KESEHATAN AIR UNTUK KEPERLUAN HIGIENE SANITASI, KOLAM RENANG, SOLUS PER AQUA, DAN PEMANDIAN UMUM*.
- Menlhk. (2022). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2022 tentang pengolahan Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan*.

- Mudder, T. I., Botz, M. M., & Smith, A. (2001). Chemistry and Treatment of Cyanidation Wastes Second Edition. *MINING JOURNAL BOOKS LTD LONDON*.
- Muntasir, M. Sjahrul, Zakir, M., & Raya, I. (2015). OPTIMASI PENGGUNAAN HIDROGEN PEROKSIDA (H₂O₂) TERHADAP PENURUNAN KADAR SIANIDA PADA LIMBAH CAIR. *Universitas Hasanudin*.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2009). *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments*. John Wiley & Sons, Inc.
- Nugroho, R., Kawigraha, A., & Zikri, S. (2020). *Modul Pelatihan Teknologi Pengolahan Emas Bebas Merkuri dan Pengolahan Limbahnya Untuk Batuan Primer*. BPPT.
- Permatasari, N. V. (2022). *Proses Daur Ulang Baterai Melalui Pelindian Asam Sulfat Untuk Perolehan Nikel Dan Kobalt*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Perpres. (2019). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2019 Tentang Rencana Aksi Nasional Pengurangan dan Penghapusan Merkuri*.
- Pitoy, M. M. (2015). Sianida: Klasifikasi, Toksisitas, Degradasi, Analisis (Studi Pustaka). *Jurnal MIPA*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.35799/jm.4.1.2015.6893>
- Plaosan, S. van. (2023, September 20). Metode Response Surface Methodology—Box-Behnken Design (RSM-BBD) dalam Kimia Analisis. *Medium*. <https://van-plaosan.medium.com/metode-response-surface-methodology-box-behnken-design-rsm-bbd-dalam-kimia-analisis-75e41bde5a5>
- Putri, N. F. (2017). *Optimasi Kuat Tarik Membran Pervaporasi Berbasis Polyethersulfone-Biopolimer dengan Response Surface Methodology (RSM)*. - *Taman Pengetahuan Brawijaya*. <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/3739/>

- Rahman, A. F. (2018). *Optimasi Nilai Rendemen Dalam Pembuatan Virgin Coconut Oil (Vco) Menggunakan Pemanasan Suhu Rendah Dan Kecepatan Sentrifugasi Dengan Response Surface Methodology (Rsm)* [Sarjana, Universitas Brawijaya].
<https://repository.ub.ac.id/id/eprint/164902/>
- Rahmayanti, M. (2021). *Pengelolaan Limbah*. Graha Ilmu.
- Rayna, N. I. (2019). *Optimasi Ekstraksi Rosella (Hibiscus sabdariffa L.) dengan Metode Response Surface Methodology (RSM)*.
<https://repository.ub.ac.id/id/eprint/180423/>
- Sabara, Z., Ifa, L., Darnengsih, D., Irmayani, I., & Ridwan, R. (2018). EKSTRAKSI EMAS DARI BIJI EMAS DENGAN SIANIDA DAN OKSIGEN DENGAN METODE EKSTRAKSI PADAT-CAIR. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 2, 12.
<https://doi.org/10.33536/jcpe.v2i2.157>
- Sarabia, L. A., & Ortiz, M. C. (2009). *Comprehensive Chemometrics Response Surface Methodology* (S. D. Brown, R. Tauler, & B. Walczak, Eds.; pp. 345–390). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-044452701-1.00083-1>
- Slamet, J. S. (2014). *Kesehatan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press.
- SNI. (2011). *Air dan air limbah—Bagian 77: Cara Uji Sianida (CN-) secara Spektrofotometri SNI 6989.77:2011*. Badan Standarisasi Nasional. www.bsn.go.id
- Sukma, D. H., Riani, E., & Pakpahan, E. N. (2018). Application of Chitosan as Cyanide Adsorbance on Gold Ore Processing. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(3), 460.
<https://doi.org/10.17844/jphpi.v21i3.24718>
- Supardi, I. (2003). *Lingkungan Hidup dan Kelestariannya*. P.T. ALUMNI.
- Suprihatin, Lelana, I. Y. B., & Ekantari, N. (2012). *Pengaruh Natrium Metabisulfit Terhadap Warna Gelati Kulit Kakap Merah*.
- Triana, T., & Siregar, Y. (2019). Pengaruh Penambahan H₂O₂ dan Na₂S₂O₅ pada Proses Detoksifikasi Tailing Hasil Pelindian Emas. *Jurnal Teknik*

Kimia Indonesia, 18(2), Article 2.

<https://doi.org/10.5614/jtki.2019.18.2.2>

Wardhana, W. A. (1995). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. ANDI OFFSET.

Woffenden, M., Noller, B., Noonan, K., & Breuer, P. (2008). *Cyanide management*. Commonwealth of Australia.

