

**PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI
DEPRESSANT TERHADAP PEROLEHAN Ag, Pb, Zn,
DAN Fe PADA FLOTASI GALENA ORE**

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai
gelar sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

oleh :

Teddy Anggala

(6141801052)

Jose Thomas

(6141801112)

Pembimbing :

Ratna Frida Susanti, Ph.D.

Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

2022

**THE EFFECTS OF DEPRESSANT TYPE AND
CONCENTRATION TOWARDS Ag, Pb, Zn, AND Fe
YIELD IN GALENA ORE FLOTATION**

Research Report

Compiled to fulfill the final task in order to achieve
Bachelor's degree in Chemical Engineering

by :

Teddy Anggala

(6141801052)

Jose Thomas

(6141801112)

Advisor :

Ratna Frida Susanti, Ph.D.

Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.



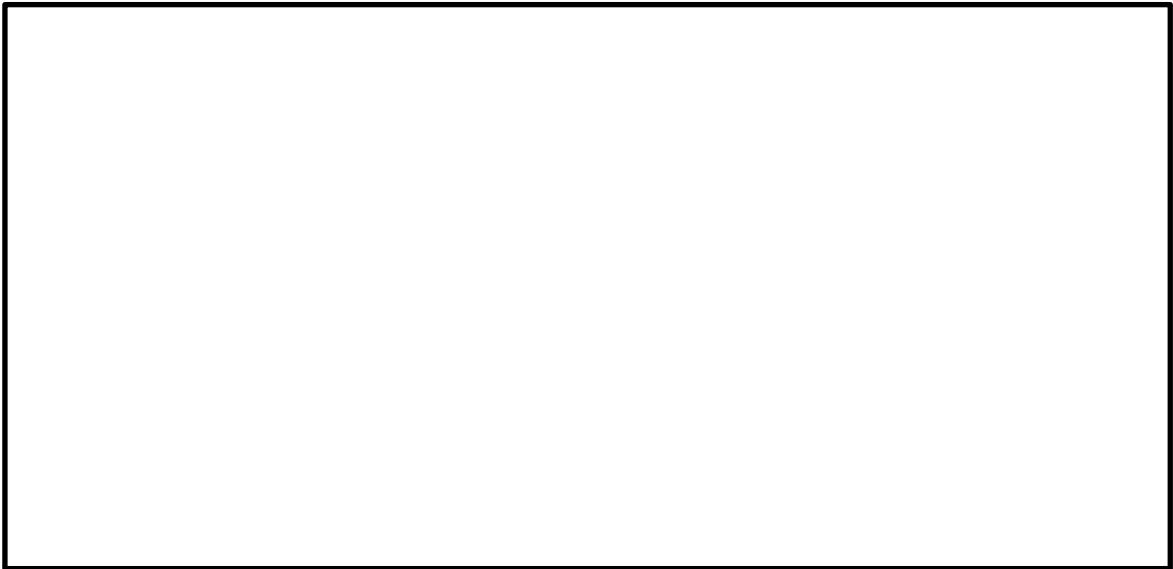
**UNDERGRADUATE PROGRAM OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI *DEPRESSANT* TERHADAP
PEROLEHAN Ag, Pb, Zn, DAN Fe PADA FLOTASI GALENA *ORE***

CATATAN :




Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 31 Agustus 2022

Pembimbing 1



Ratna Frida Susanti, Ph.D.

Pembimbing 2



Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Teddy Anggala

NPM : 6141801052

Nama : Jose Thomas

NPM : 6141801112

dengan ini menyatakan bahwa proposal penelitian dengan judul :

**PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI *DEPRESSANT* TERHADAP PEROLEHAN
Ag, Pb, Zn, DAN Fe PADA FLOTASI GALENA ORE**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, Agustus 2022



Teddy Anggala
(6141801052)



Jose Thomas
(6141801112)

LEMBAR REVISI

**JUDUL : PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI *DEPRESSANT* TERHADAP
PEROLEHAN Ag, Pb, Zn, DAN Fe PADA FLOTASI GALENA *ORE***

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 31 Agustus 2022

Penguji 1



Dr. Jenny Novianti M. Soetedjo, S.T., M.Sc.

Penguji 2



I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T.

INTISARI

Pemisahan dan perolehan unsur-unsur dari mineral-mineral secara selektif selalu menjadi hal yang menjadi perhatian utama oleh para pakar minerologi. Usaha pemisahan unsur mineral yang berharga sudah terikat erat pada penelitian mineral galena. Salah satu metode utama yang telah dikembangkan untuk pemisahan tersebut adalah metode flotasi. Pada metode flotasi, unsur yang bersifat hidrofobik dapat diflotasikan menuju konsentrat *froth* melalui pengaliran udara. Pengaliran udara dilakukan untuk membentuk gelembung udara yang mampu mengangkat unsur hidrofobik menuju fasa tersebut.

Flotasi pun berkembang dengan memanipulasi karakteristik hidrofobik tersebut melalui penambahan reagen yang berupa kolektor maupun depressant (depresan). Kolektor merupakan reagen yang berfungsi untuk meningkatkan kemampuan hidrofobisitas suatu mineral melalui pelekatan pada permukaan mineral tersebut. *Depressant* merupakan salah satu usaha pemutakhiran flotasi menjadi lebih selektif melalui berbagai mekanisme seperti pemberatan masing-masing partikel, maupun manipulasi permukaan sehingga hidrofilik. Dengan adanya penambahan reagen tersebut, maka flotasi dapat lebih selektif untuk mendapatkan mineral berharga yang diinginkan.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode flotasi pada tangki berpengaduk dengan memvariasikan jenis dan konsentrasi *depressant*, berupa Na_2S , dextrin, HEC pada rentang konsentrasi 0,05-0,5% w/w dan KCN pada 0,0025-0,02% w/w. Variasi-variasi tersebut dilakukan pada flotasi galena agar dapat diketahui pengaruhnya terhadap masing-masing unsur yang bernilai pada bijih galena, seperti Ag, Pb, Zn, dan Fe. Masing-masing sampel yang diperoleh pada *tailing* dan *froth* kemudian akan dianalisis dengan XRF untuk memperoleh konsentrasi dari masing-masing unsur di fasa *froth* maupun *tailing*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dextrin dapat berfungsi sebagai depresan unsur Fe dan Zn dengan pengurangan sebesar 10-12% *recovery* dengan *recovery* unsur Ag, Cu, dan Pb yang masih setara atau lebih baik dibandingkan kontrol (0 gram/ton). HEC pada konsentrasi 1000 gram/ton dapat digunakan sebagai *depressant* spesifik terhadap unsur Pb dengan pengurangan *recovery* Pb sebesar 15% dengan peningkatan *recovery* pada unsur lain seperti Ag, Cu, Zn, dan Fe. Na_2S berfungsi sebagai *depressant* flotasi mineral sulfida pada konsentrasi 5000 gram/ton dengan *recovery* unsur-unsur pada kisaran 8-10%. Hasil KCN yang diperoleh pada penelitian ini berkebalikan dengan penemuan pustaka lainnya karena KCN tidak berfungsi sebagai *depressant* unsur sulfida selain Pb.

Kata kunci: flotasi, galena, *depressant*, *recovery*

ABSTRACT

The separation and selective extraction of elements from minerals has always been a major predicament for mineralogists. Efforts to separate valuable mineral elements has always been closely tied to galena mineral research. One of the main methods that has been developed is the flotation method. In the flotation method, elements that are hydrophobic can be floated to the froth concentrate phase through air flow. Air flow is carried out to form air bubbles that are able to lift hydrophobic elements into the froth concentrate phase.

Flotation advanced by manipulating the hydrophobic characteristics by adding reagents in the form of collectors and depressants. A collector is a reagent that serves to increase the hydrophobicity of a mineral through its attachment to the surface of the mineral. Depressants are one of the enhancements to update flotation to be more selective through various mechanisms such as the weighting of each particle, as well as surface manipulation so that the hydrophilic particles do not accept collectors or its' surface becomes completely hydrophilic. With the addition of these reagents, flotation can be more selective to obtain the desired valuable minerals.

The study was conducted using the flotation method in a stirred tank by varying the type and concentration of depressant, in the form of Na_2S , dextrin, HEC in the concentration range of 0.05-0.5% w/w and KCN at 0.0025-0.02% w/w. These variations were carried out on galena flotation in order to analyze effects on each valuable element in galena ore, such as Ag, Pb, Zn, and Fe. Each sample obtained in the tailings and froth will then be analyzed by XRF to obtain the concentration of each element in the froth and tailings phase.

The results of this study indicate that dextrin can function as a depressant of the elements Fe and Zn reducing the recovery by 10-12% with the recovery of Ag, Cu, and Pb elements that are still equivalent or better than the control (0 gram/ton). HEC at a concentration of 1000 grams/ton can be used as a specific depressant to Pb elements by reducing Pb recovery by 15% with increased recovery in other elements such as Ag, Cu, Zn, and Fe. Na_2S functions as a flotation depressant of sulfide minerals at a concentration of 5000 grams/ton with elemental recoveries in the range of 8-10%. The KCN results obtained in this study are contrary to other literature findings because KCN does not function as a depressant for sulfide elements other than Pb.

Keywords: flotation, galena, depressant, recovery

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian dengan judul “Pengaruh Jenis dan Konsentrasi *Depressant* Terhadap Perolehan Ag, Pb, Zn, dan Fe pada Flotasi Galena *Ore*” tepat pada waktunya. Proposal penelitian ini bertujuan untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar sarjana bidang ilmu Teknik Kimia di Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penulisan proposal penelitian ini, penulis menerima berbagai bantuan dan dukungan dari beberapa pihak, baik secara material maupun non-material. Oleh karena itu, penulis secara khusus mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ratna Frida Susanti, Ph.D. dan Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, kritik, dan saran yang bermanfaat selama penyusunan proposal penelitian ini.
2. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, nasihat, dan motivasi selama penyusunan proposal penelitian ini.
3. Teman-teman yang telah memberikan dukungan dan masukan kepada penulis selama proses penulisan proposal penelitian ini.
4. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan proposal penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam proposal penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun akan penulis terima dengan senang hati. Penulis berharap proposal penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 31 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
LEMBAR REVISI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	3
1.4 Premis	4
1.5 Hipotesis	11
1.6 Tujuan Penelitian	11
1.7 Manfaat Penelitian	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Flotasi.....	13
2.1.1 Mekanisme Flotasi	14
2.2 Bijih Galena	15
2.2.1 Karakteristik mineral Galena Berdasarkan kandungan terhadap flotasi	17
2.3 Liberasi Bijih	18

2.4 Ukuran Butiran Bijih	19
2.4.1 Pengaruh <i>Entrainment</i> Akibat Ukuran Butiran Bijih.....	20
2.5 Waktu Flotasi	21
2.6 Kolektor	22
2.6.1 Kolektor Nonionik.....	24
2.6.2. Kolektor Anionik.....	24
2.6.2.1 Kolektor Anionik <i>Sulphydryl</i>	24
2.6.2.2 Kolektor Anionik <i>Oxyhydryl</i>	28
2.6.3 Kolektor Kationik.....	28
2.6.4 Pengaruh Pencampuran Beberapa Jenis Kolektor.....	29
2.7 <i>Frothers</i>	29
2.7.1 Pengaruh Kolektor terhadap Sifat <i>Froth</i>	30
2.7.2 Klasifikasi <i>Frothers</i>	30
2.7.3 Jenis <i>Frother</i> yang Biasa Digunakan	32
2.8 <i>Modifier</i>	33
2.8.1 Pengendalian pH	33
2.8.1.1 <i>Xanthate Species</i> terhadap pH	34
2.8.1.2 <i>Pb Species</i> terhadap pH	37
2.8.1.3 Senyawa Untuk Pengkondisian pH Asam	40
2.8.1.4 Senyawa Untuk Pengkondisian pH Basa	41
2.8.2 Aktivator.....	41
2.8.3 <i>Depressant</i>	42
2.8.3.1 Sianida	43
2.8.3.2 Chitosan	44
2.8.3.3 Hidrogen Peroksida	46
2.8.3.4 Hydroxyethyl Cellulose	46
2.8.3.5 Natrium Sulfida	47
2.8.3.6 Dextrin	49
2.9 Keuntungan Laju Alir udara dan Ukuran Gelembung Udara Terhadap Flotasi	50

2.10 Waktu Pengkondisian Reagen	51
2.11 Analisis ICP	53
2.12 XRF <i>Spectroscopy</i> (<i>X-Ray Fluorescence Spectroscopy</i>).....	54
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	57
3.1 Bahan	57
3.2 Alat.....	57
3.3 Prosedur Penelitian	58
3.4 Analisis	60
3.5 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	61
BAB IV PEMBAHASAN	62
4.1 Yield Massa Froth Tiap <i>Depressant</i>	62
4.2 <i>Array</i>	64
4.2.1 Dextrin.....	65
4.2.2 HEC.....	67
4.2.3 Na ₂ S.....	69
4.2.4 KCN	71
4.3 Pengaruh <i>Depressant</i> Dextrin terhadap Ag, Pb, Zn, dan Fe.....	72
4.4 Pengaruh <i>Depressant Hydroxy Ethyl Cellulose</i> (HEC) terhadap Ag, Pb, Zn, dan Fe	76
4.5 Pengaruh <i>Depressant</i> Na ₂ S terhadap Ag, Pb, Zn, dan Fe.....	79
4.6 Pengaruh <i>Depressant</i> KCN terhadap Ag, Pb, Zn, dan Fe.....	81
4.7 Perbandingan Perolehan Ag dan Pb terhadap Variasi <i>Depressant</i>	83
4.8 Perbandingan Perolehan Cu, Fe, dan Zn terhadap Variasi <i>Depressant</i>	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran	87

DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN A <i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i>	92
A.1 Natrium Sulfida (Na_2S).....	92
A.1.1 NFPA Rating.....	92
A.1.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	92
A.1.3 Identifikasi Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama	92
A.1.4 Penyimpanan dan Penanganan Bahan.....	93
A.2 Dextrin ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$).....	93
A.2.1 NFPA Rating.....	93
A.2.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	94
A.2.3 Identifikasi Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama	94
A.2.4 Penyimpanan dan Penanganan Bahan.....	95
A.3 Hidroksietil Selulosa (HEC)	95
A.3.1 NFPA Rating.....	95
A.3.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	95
A.3.3 Identifikasi Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama	96
A.3.4 Penyimpanan dan Penanganan Bahan.....	96
A.4 Kalium Sianida (KCN)	96
A.4.1 NFPA Rating.....	96
A.4.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	97
A.4.3 Identifikasi Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama	97
A.4.4 Penyimpanan dan Penanganan Bahan.....	98
A.5 Hidrogen Klorida (HCl).....	98
A.5.1 NFPA Rating.....	98
A.5.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	98
A.5.3 Identifikasi Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama	99
A.5.4 Penyimpanan dan Penanganan Bahan.....	99
A.6 Natrium Hidroksida (NaOH)	100
A.6.1 NFPA Rating.....	100

A.6.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	100
A.6.3 Identifikasi Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama	100
A.6.4 Penyimpanan dan Penanganan Bahan.....	101
A.7 Nitrogen (N).....	101
A.7.1 NFPA Rating	101
A.7.2 Sifat Fisika dan Kimia.....	102
A.7.3 Identifikasi Bahaya dan Tindakan Pertolongan Pertama	102
A.7.4 Penyimpanan dan Penanganan Bahan.....	103
LAMPIRAN B DATA DAN HASIL PENELITIAN.....	104
LAMPIRAN C CONTOH PERHITUNGAN.....	110
C.1 Perhitungan Massa	110
C.2 <i>Yield</i> Massa	110
C.3 Persen <i>Recovery</i>	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ilustrasi mekanisme flotasi partikel mineral	14
Gambar 2.2. Ilustrasi fasa-fasa mineral pada sampel bijih galena dari Ruwai	19
Gambar 2.3. Diagram pembagian struktur kolektor untuk identifikasi jenis kolektor dan gugus yang berlaku	23
Gambar 2.4. Struktur umum dari Alkyl Xanthate.....	25
Gambar 2.5. Struktur umum dari Dithiophosphate.....	27
Gambar 2.6. Struktur frother MIBC	32
Gambar 2.7. Rentang pH reaktivitas xanthate dengan mineral tertentu	34
Gambar 2.8. Rentang pH yang dibutuhkan agar Xanthate dapat bereaksi dengan unsur logam tertentu	37
Gambar 2.9. Recovery Pb dengan menggunakan galena pada (a) pH 2-2,5 (b) pH 6-6,5 (c) pH 9-9,5 dan (d) pH 11-11,5	38
Gambar 2.10. Pembagian spesies Xanthate dan Pb dengan perubahan pH	39
Gambar 2.11. logC-pH diagram pada muatan dan species dari Pb pada suatu rentang perubahan pH	40
Gambar 2.12. Kurva reaktivitas masing-masing mineral/senyawa terhadap konsentrasi NaCN dan stabilitas produk reaksi NaCN pada rentang pH.....	44
Gambar 2.13. Perbandingan persentase recovery Pb terhadap pH antara waktu pengkondisian reagen (a) 2,5 menit, (b) 5 menit, dan (c) 10 menit.....	53
Gambar 3.1. Skema rangkaian alat flotasi	57
Gambar 3.2. Diagram alir proses flotasi	59
Gambar 4.1 Yield massa froth sistem flotasi terhadap variasi konsentrasi dan depressant.....	62
Gambar 4.2 Yield massa froth sistem flotasi terhadap variasi konsentrasi depressant KCN ..	63
Gambar 4.3 Hasil array Fe, Pb, dan Zn pada percobaan depressant dextrin	65
Gambar 4.4 Hasil array Ag, As, dan Cu pada percobaan depressant dextrin	66
Gambar 4.5 Hasil array Fe, Pb, dan Zn pada percobaan depressant HEC.....	67
Gambar 4.6 Hasil array Ag, As, dan Cu pada percobaan depressant HEC	68

Gambar 4.7 Hasil array Fe, Pb, dan Zn pada percobaan depressant Na ₂ S.....	69
Gambar 4.8 Hasil array Ag, As, dan Cu pada percobaan depressant Na ₂ S	70
Gambar 4.9 Hasil array Fe, Pb, dan Zn pada percobaan depressant KCN	71
Gambar 4.10 Hasil array Ag, As, dan Cu pada percobaan depressant KCN	72
Gambar 4.11 Pengaruh konsentrasi dextrin terhadap recovery berbagai unsur.....	73
Gambar 4.12 Pengaruh konsentrasi dextrin terhadap recovery unsur Cu dan As	73
Gambar 4.13 Pengaruh konsentrasi HEC terhadap recovery berbagai unsur	77
Gambar 4.14 Pengaruh konsentrasi Na ₂ S terhadap recovery berbagai unsur.....	79
Gambar 4.15 Pengaruh konsentrasi KCN terhadap recovery unsur	81
Gambar 4.16 Hasil perolehan unsur Ag masing-masing depressant	83
Gambar 4.17 Hasil perolehan unsur Pb masing-masing depressant	83
Gambar 4.18 Hasil perolehan unsur Cu masing-masing depressant.....	85
Gambar 4.19 Hasil Perolehan unsur Fe masing-masing depressant	85
Gambar 4.20 Hasil perolehan unsur Zn masing-masing depressant.....	86

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Studi literatur terkait flotasi galena ore.....	4
Tabel 2.1. Klasifikasi frother berdasarkan pH operasi	31
Tabel 3.1. Rancangan percobaan dengan variasi jenis <i>depressant</i> dan konsentrasi <i>depressant</i>	60
Tabel 3.2. Jadwal dan rencana kerja penelitian	61
Tabel B.1 Hasil flotasi galena ore dengan berbagai jenis depressant	104
Tabel B.2 Hasil array dari uji analisis XRF.....	105
Tabel B.3 Hasil <i>array</i> dari uji analisis XRF (lanjutan).....	106
Tabel B.4 Yield massa unsur	107
Tabel B.5 Massa rata-rata sampel awal unsur	108
Tabel B.6 Persen recovery unsur	109

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Galena merupakan bijih mineral timbal terpenting dan juga merupakan sumber utama logam perak. Keberadaan bijih galena sangat melimpah dan terdistribusi luas di dunia. Selain keberadaannya yang terdistribusi sangat luas, pemanfaatan dari galena juga sangat banyak. Galena banyak digunakan pada baterai, selubung kabel, zat pewarna, manufaktur mesin, galangan kapal, industri ringan, oksida timbal, proteksi radiasi, dan industri lainnya. Sedangkan logam timbal (Pb) digunakan dalam pembuatan baterai, pelapis keramik, bahan peledak, produk-produk logam seperti amunisi, pelapis kabel, pipa *Polyvinyl Chloride* (PVC), solder, bahan kimia, dan pewarna (Malik, 2009).

Unsur-unsur pada mineral galena yang kandungannya menjadi fokus utama dalam *froth* adalah Pb, Fe, Zn, Cu, dan Ag. Pb dan Ag umumnya diflotasikan menuju *froth* dengan memanipulasi kondisi sistem sehingga diperoleh *recovery froth* Pb dan Ag yang maksimal. Manipulasi tersebut dapat berupa perubahan dosis/konsentrasi dari kolektor, jenis kolektor, atau pH sistem flotasi yang digunakan. Fe, Zn, dan Cu dianggap mineral pengotor pada tahap flotasi Pb dan Ag karena diinginkan flotasi yang lebih spesifik pada suatu tahap tertentu. Sehingga, mineral pengotor tersebut dapat diflotasikan ke fasa produk bawah (*tailings*) atau diproses berlanjut pada tahap lain untuk mendapatkan produk mineralnya. Unsur mineral Pb dan Ag tidak selalu ditentukan sebagai konsentrasi unsur utama yang diinginkan dalam fasa *froth* tetapi unsur yang sebelumnya diklasifikasikan sebagai mineral pengotor juga dapat dijadikan produk *froth* yang dapat diterima jika target pemisahan mineral adalah unsur-unsur tertentu, seperti target pemisahan antara Fe dan Ag.

Pada sistem flotasi, tujuan utamanya adalah memperoleh mineral yang diinginkan atau bernilai pada fasa *froth*, yakni di bagian atas suatu sistem flotasi. Tetapi, terdapat pula permasalahan dari sistem flotasi yaitu proses pemisahan dari flotasi *froth* yang tidak selektif atau tidak hanya diperoleh mineral yang dikehendaki tersebut. Oleh sebab itu, terdapat berbagai

upaya dari bidang mineralogi untuk merancang proses flotasi yang lebih spesifik terhadap mineral-mineral tertentu melalui penambahan reagen berupa *depressant*. Penambahan reagen tersebut bertujuan menghambat pengangkatan mineral tertentu ke arah *froth*/konsentrat, maka dapat diperoleh konsentrat yang memiliki mineral tertentu dengan kemurnian lebih baik atau konsentrat dengan karakteristik yang dapat kemudian lebih mudah terpisah.

Sejauh ini, usaha pengembangan dan optimasi *depressant* yang cukup baik seputar sistem flotasi sudah dilakukan. Penggunaan ion sianida berupa senyawa NaCN atau KCN merupakan hal yang paling sering diteliti. Akan tetapi, salah satu masalah utama dari penggunaan sianida adalah sifatnya yang toksik sehingga merugikan bagi lingkungan. Hal tersebut berdampak pada keberlangsungan industri sistem flotasi. Upaya-upaya dalam menggantikan senyawa sianida dalam industri melalui penggunaan senyawa berbasis selulosa maupun dextrin untuk menciptakan pengaruh yang serupa dari selektifitas ion sianida sudah dilakukan. Selain itu, penggunaan senyawa Na₂S sebagai pengganti NaCN sudah dilakukan pada skala industri akan tetapi kurang diteliti dalam skala laboratorium, terutama belum diketahui pengaruh perbandingan yang tepat dari *depressant* NaCN dan Na₂S pada satu sampel penelitian yang sama terhadap perolehan mineral. Maka, penelitian ini akan mencoba membandingkan secara langsung antara perlakuan tanpa *depressant* dan dengan *depressant*, antara lain KCN, dextrin, *hydroxyethyl cellulose*, dan Na₂S yang diteliti pada satu sumber sampel bijih galena untuk memperoleh gambaran kinerja *depressant* pada sampel tertentu. Variabel yang diteliti merupakan konsentrasi dan jenis *depressant*. Variabel tersebut akan dianalisa untuk melihat pengaruhnya terhadap perolehan mineral pada fasa *froth* dan *tailing*.

1.2 Tema Sentral Masalah

Bijih galena merupakan bijih timbal (Pb) terpenting dan sumber utama dari logam perak (Ag). Maka, fokus utama dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan perolehan timbal (Pb) dan perak (Ag) yang sebanyak mungkin. Pengolahan bijih galena dengan menggunakan metode flotasi merupakan proses yang bersifat selektif dan digunakan untuk mencapai proses-proses pemisahan yang spesifik dari bijih kompleks. Flotasi dengan penambahan *depressant* adalah salah satu cara untuk memisahkan mineral berharga dari pengotornya dengan cara mendepresi mineral tertentu sehingga bisa mendapatkan mineral yang dikehendaki pada fasa *froth*. Mineral

berharga yang diupayakan berada pada fasa *froth* tersebut diharapkan memiliki tingkat kemurnian yang semurni mungkin sehingga bisa mendapatkan persentase *recovery* yang optimum.

1.3 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh natrium sulfida (Na_2S) pada proses flotasi mineral galena terhadap masing-masing unsur?
2. Bagaimana pengaruh dextrin pada proses flotasi mineral galena terhadap masing-masing unsur?
3. Bagaimana pengaruh *hydroxyethyl cellulose* (HEC) pada proses flotasi mineral galena terhadap masing-masing unsur?
4. Bagaimana pengaruh kalium sianida (KCN) pada proses flotasi mineral galena terhadap masing-masing unsur?
5. Bagaimana pengaruh konsentrasi *depressant* pada proses flotasi mineral galena terhadap masing-masing unsur?

1.4 Premis

Tabel 1.1. Studi literatur terkait flotasi galena ore

Jenis cell	Jenis Sampel (Kemurnian)	Variasi Ukuran	Jumlah Ore yang disampel	pH	Jumlah Dosis Kolektor	Dosis Frother (g/t)	Air Flow Rate	Waktu Flotasi	Dosis depressant dan bahan aditif	Jenis Kolektor	Recovery Pb (%)	Recovery dari unsur lain	Literatur
<i>Micro Flotation cell</i> (100 mL)	73% Pb, >3% of <i>Sphalerite, pyrite, etc.</i>	-106 + 75 μ m	1 g	9-9.5	50 g/t	-	4 lph	2 menit	-	PEX, PAX	90-99%	-	Ozun (2019)
<i>Micro Flotation cell</i> (100 mL)	73% Pb, >3% of <i>Sphalerite, pyrite, etc.</i>	-106 + 75 μ m	1 g	9-9.5	25 g/t	-	10 lph	2 menit	-	PAX	85-90%	-	Ozun (2019)
<i>Micro Flotation cell</i> (100 mL)	73% Pb, >3% of <i>Sphalerite, pyrite, etc.</i>	-106 + 75 μ m	1 g	8-9	2.5 g/t	4 g/t MIBC	4 lph	2 menit	-	PAX, SIPX, SIBX	80-95%	-	Ozun (2019)
<i>Denver Flotation Cell</i> (2 L)	97% Purity (Pb 6 %-weight of feed, Zn 5.5-%, Cu 0,7%, Fe 2,27%)	58 μ m	30% padatan berat	7.9	317 g/t	470 g/t MIBC	6 lpm	4 menit	NaCN 2.26 g/t, ZnSO ₄ 680 g/t	SIPX	91%	93%-Cu, 40%-Zn, 43%-Fe	Hayat (2017)

Jenis cell	Jenis Sampel (Kemurnian)	Variasi Ukuran	Jumlah Ore yang disampel	pH	Jumlah Dosis Kolektor	Dosis Frother (g/t)	Air Flow Rate	Waktu Flotasi	Dosis depressant dan bahan aditif	Jenis Kolektor	Recovery Pb (%)	Recovery dari unsur lain	Literatur
Denver Flotation Cell (2 L)	97% Purity (Pb 6 %-weight of feed, Zn 5.5-%, Cu 0,7%, Fe 2,27%)	58 μ m	30% padatan berat	7.9	317 g/t	470 g/t MIBC	6 lpm	4 menit	Chitosan (800 kDa) 50 g/t	SIPX	89%	85%-Cu, 81%-Zn, 37%-Fe	Hayat (2017)
Denver Flotation Cell (2 L)	97% Purity (Pb 6 %-weight of feed, Zn 5.5-%, Cu 0,7%, Fe 2,27%)	58 μ m	30% padatan berat	7.9	317 g/t	470 g/t MIBC	6 lpm	4 menit	Chitosan (800 kDa) 100 g/t	SIPX	71%	71%-Cu, 78%-Zn, 43%-Fe	Hayat (2017)
-	-	-	-	-	1600 g/t	100 g/t terpineol	-	-	Chitosan (10 kDa) 400 g/t	KEX	11,98%	74%-Cu	Zhang (2019)
Denver Flotation Cell (1 L)	99% Purity (85.69% Pb, 13.35% S and 0.8% SiO ₂)	46 μ m	50 g	9	100 g/t	300 g/t MIBC	-	5 menit	H ₂ O ₂ 10.000 g/t	3418A	75%	-	Imcet (2015)

Jenis cell	Jenis Sampel (Kemurnian)	Variasi Ukuran	Jumlah Ore yang disampel	pH	Jumlah Dosis Kolektor	Dosis Frother (g/t)	Air Flow Rate	Waktu Flotasi	Dosis depressant dan bahan aditif	Jenis Kolektor	Recovery Pb (%)	Recovery dari unsur lain	Literatur
<i>Denver Flotation Cell (1 L)</i>	99% Purity (85.69% Pb, 13.35% S and 0.8% SiO ₂)	46 µm	50 g	9	100 g/t	300 g/t MIBC	-	5 menit	Na ₂ S 5000 g/t	3418A	10%	-	Imcet (2015)
<i>Denver Flotation Cell (1 L)</i>	99% Purity (85.69% Pb, 13.35% S and 0.8% SiO ₂)	46 µm	50 g	9	100 g/t	300 g/t MIBC	-	5 menit	S7260 2000 g/t	3418A	13%	-	Imcet (2015)
<i>XFG 115 Flotation</i>	95,22% <i>Chalcopyrite</i> and 97,82% <i>Galena Purity</i>	-150 + 34 µm	2 g	7	2x10 ⁽⁻⁴⁾ mol/L	MIBC 1x10 ⁽⁻⁴⁾ mol/L	-	-	H ₂ O ₂ 12x10 ⁽⁻⁵⁾ mol/L	PBX	15%	75%-Cu	Feng (2021)
<i>XFG 115 Flotation</i>	95,22% <i>Chalcopyrite</i> and 97,82% <i>Galena Purity</i>	-150 + 34 µm	2 g	7	2x10 ⁽⁻⁴⁾ mol/L	MIBC 1x10 ⁽⁻⁴⁾ mol/L	-	-	<i>Hydroxyethyl Cellulose (HEC)</i> 100 mg/L	PBX	12%	87%-Cu	Feng (2021)

Jenis cell	Jenis Sampel (Kemurnian)	Variasi Ukuran	Jumlah Ore yang disampel	pH	Jumlah Dosis Kolektor	Dosis Frother (g/t)	Air Flow Rate	Waktu Flotasi	Dosis depressant dan bahan aditif	Jenis Kolektor	Recovery Pb (%)	Recovery dari unsur lain	Literatur
XFG 115 Flotation	95,22% <i>Chalcopyrite</i> and 97,82% Galena Purity	-150 + 34 μm	2 g	7	2×10^{-4} mol/L	MIBC 1×10^{-4} mol/L	-	-	HEC 5 mg/L, H_2O_2 4×10^{-5} mol/L	PBX	2%	79%-Cu	Feng (2021)
Flotation Tube	29%-Cu, 84%-Pb, 63%-Zn, 43,3%-Fe Assays	-75 + 38 μm	1,5 g setiap mineral yang diuji (single mineral tests)	9	5×10^{-4} mol/L	-	-	5 menit	non-ionic PAM 8 mg/L (added before KEX)	KEX	85%	<10% pada mineral Zn, Fe, dan Cu	Huang (2014)
Flotation Tube	29%-Cu, 84%-Pb, 63%-Zn, 43,3%-Fe Assays	-75 + 38 μm	2 gram (1:1 dari <i>Chalcopyrite</i> : Galena)	9	5×10^{-4} mol/L	-	-	5 menit	non-ionic PAM 8 mg/L + EDTA 20 mg/L	KEX	60%	20%-Cu	Huang (2014)
XFD-type flotation machine	-	-	30% berat		100 g/t	Terpineol 40 g/t	-	-	Na_2S 4000 g/t, Na_2CO_3 4000 g/t, YZN 14000 g/t	BPB	80%	10%-Zn, 80,6% Ag	Sun (2012)

Jenis cell	Jenis Sampel (Kemurnian)	Variasi Ukuran	Jumlah Ore yang disampel	pH	Jumlah Dosis Kolektor	Dosis Frother (g/t)	Air Flow Rate	Waktu Flotasi	Dosis depressant dan bahan aditif	Jenis Kolektor	Recovery Pb (%)	Recovery dari unsur lain	Literatur
<i>Denver Flotation Cell</i> (1,5 L)	8,9% <i>Copper Sulphide</i> , 1,4% <i>pyrite</i> , 0,4% <i>galena</i> , dan 0,2% <i>sphalerite</i>	-	<i>Suspension density</i> 300 g/L	7.8-8	20 g/Mg	5 g/Mg <i>polyglycol ether</i>	20 lph	30 menit	Dextrin 2000 g/Mg	SEX, SIBX, <i>sodium O,O-diethyl dithiophosphate</i>	-	Cu dan <i>Pyrite</i> mengalami peningkatan grade (kekeliruan metodologi)	Bakalarz (2018)
<i>Hallimond flotation tube</i> (150 mL)	<i>Pyrite sample</i>	-150 + 70 μ m	1 gram <i>pyrite</i>	8	$1 \times 10^{(-4)}$ mol/L	-	30 ml/min	1 menit	Dextrin 10 mg/L	SIPX	-	20%-Fe	Valdivieso, dkk. (2004)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	Na ₂ S 360 g/t	-	-	69,3%	Bulatovic, S.M. (2007); Uchucchacua, Peru
-	-	-	-	-	-	-	-	-	Na ₂ S 400 g/t	-	-	70,5%	Bulatovic, S.M. (2007); Uchucchacua, Peru

Jenis cell	Jenis Sampel (Kemurnian)	Variasi Ukuran	Jumlah Ore yang disampel	pH	Jumlah Dosis Kolektor	Dosis Frother (g/t)	Air Flow Rate	Waktu Flotasi	Dosis depressant dan bahan aditif	Jenis Kolektor	Recovery Pb (%)	Recovery dari unsur lain	Literatur
-	77,1% Pb-Assay	-	-	8.5	R242 15 g/t, PAX 10 g/t	8 g/t MIBC	-	-	NaCN 20 g/t; ZnSO ₄ 100 g/t; Na ₂ SiO ₃ 300 g/t	R242, PAX	88	-	Bulatovic, S.M. (2007); New Jersey Zinc, USA
-	78,0% Pb-Assay	-	-	8.5	30 g/t	6 g/t MIBC	-	-	ZnSO ₄ 600 g/t; NaCN 4 g/t	PAX	96.1	-	Bulatovic, S.M. (2007); Pend Orielle, USA
-	78,0% Pb-Assay	-	-	9	36 g/t	8 g/t	-	-	ZnSO ₄ 725 g/t; NaCN 4 g/t	PAX	96	-	Bulatovic, S.M. (2007); Buick, USA
-	78,0% Pb-Assay	-	-	9.1	36 g/t	9 g/t Aerofroth-70	-	-	ZnSO ₄ 920 g/t; NaCN 4 pm	SIPX	98	-	Bulatovic, S.M. (2007); Fletcher, USA
-	77,0% Pb-Assay	-	-	9.2	35 g/t	8 g/t MIBC	-	-	ZnSO ₄ 900 g/t; NaCN 5 g/t	SIPX	98	-	Bulatovic, S.M. (2007); West Fork, USA

Jenis cell	Jenis Sampel (Kemurnian)	Variasi Ukuran	Jumlah Ore yang disampel	pH	Jumlah Dosis Kolektor	Dosis Frother (g/t)	Air Flow Rate	Waktu Flotasi	Dosis depressant dan bahan aditif	Jenis Kolektor	Recovery Pb (%)	Recovery dari unsur lain	Literatur
-	76,7% Pb-Assay	-	-	8.8	40 g/t	7 g/t MIBC	-	-	ZnSO ₄ 600 g/t;	SIPX	95	-	Bulatovic, S.M. (2007); Polaris, Canada
-	78,7% Pb-Assay	-	-	9.4	R242 = 7g/t, PAX =20 g/t	-	-	-	ZnSO ₄ 600 g/t; NaCN 10 g/t	R242, PAX	94	-	Bulatovic, S.M. (2007); Newfoundland Zinc, Canada
-	73,2% Pb-Assay	-	-	9.1	R242 = 10 g/t, PAX = 10 g/t	-	-	-	ZnSO ₄ 150 g/t; NaCN 5 g/t, Na ₂ SiO ₃ 150 g/t	R242, PAX	90	-	Bulatovic, S.M. (2007); Gays River, Canada

1.5 Hipotesis

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, beberapa hipotesis pada flotasi bijih galena, yaitu:

1. *Depressant* Na₂S mampu mendepresikan Fe, Zn, dan Cu pada sistem flotasi sehingga yang terflotasikan hanya Pb dan Ag karena kemampuan ion sulfida yang menyebabkan kegagalan pelekatan kolektor pada permukaan mineral Fe, Zn, dan Cu.
2. *Depressant* Dextrin mampu mendepresikan Fe tanpa mempengaruhi unsur utama lainnya karena dextrin menyebabkan permukaan mineral Fe menjadi lebih hidrofilik sehingga tidak terangkat oleh gelembung udara.
3. *Depressant* HEC mampu mendepresikan Pb tanpa mempengaruhi perolehan unsur mineral lainnya karena HEC dapat melapisi permukaan mineral Pb secara selektif dan membuatnya hidrofilik.
4. *Depressant* KCN mampu mendepresikan Fe, Zn, dan Cu pada sistem flotasi sehingga yang terflotasikan hanya Pb dan Ag karena ion sianida membentuk senyawa kompleks stabil dengan Fe, Zn, dan Cu tetapi tidak terhadap Pb dan Ag sehingga Pb dan Ag tidak terdepresi.
5. Konsentrasi masing-masing *depressant* yang meningkat dapat menyebabkan sedikit penurunan perolehan unsur mineral karena semakin banyak jumlah *depressant* yang dapat berinteraksi dengan unsur mineral tersebut.

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini untuk:

1. Mengetahui pengaruh masing-masing *depressant* terhadap mineral Ag, Pb, Fe, dan Zn pada flotasi mineral galena.
2. Mengetahui konsentrasi *depressant* yang optimal untuk mendepresi unsur yang ditujukan tanpa mempengaruhi perolehan unsur lain secara signifikan.

1.7 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi mahasiswa, penelitian ini berfungsi sebagai penelitian perdana untuk menjadi *benchmark* menuju penelitian selanjutnya dan memberi wawasan mengenai pengaruh *depressant* terhadap flotasi mineral galena beserta unsurnya.
2. Bagi industri, meningkatkan kualitas flotasi untuk unsur yang dituju pada suatu tahap flotasi melalui produk *froth* yang lebih spesifik dan murni dari unsur lain.
3. Bagi lingkungan, melalui perbandingan berbagai jenis *depressant* ini, dapat diperoleh *depressant* yang berfungsi sebagai alternatif *depressant* berbasis sianida yang memiliki pengaruh terhadap lingkungan yang cukup/sangat merusak.