

SKRIPSI

ANALISIS RASIO KONSENTRAT Cu, Au, Ag DAN MINERALOGI BERDASARKAN SAMPLING LOADING PT. FREEPORT INDONESIA

Disusun dan diajukan oleh

**NUR HIKMAH WIDYANINGSIH
D061 20 1046**

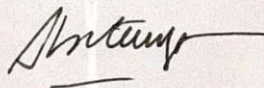


**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**ANALISIS RASIO KONSENTRAT Cu, Au, Ag DAN
MINERALOGI BERDASARKAN SAMPLING LOADING PT.
FREEPORT INDONESIA****Disusun dan diajukan oleh****NUR HIKMAH WIDYANINGSIH
D061 20 1046**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam
rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik
Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 13 November 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,
Pembimbing



Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T
NIP. 19650928 200003 1 001

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng
NIP. 19771214 200501 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nur Hikmah Widyaningsih
NIM : D061 20 1046
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulisan saya berjudul

“ANALISIS RASIO KONSENTRAT Cu, Au, Ag DAN MINERALOGI BERDASARKAN SAMPLING LOADING PT. FREEPORT INDONESIA”

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 13 November 2024

Yang Menyatakan


Widyaningsih
NIM. D061 20 1046

ABSTRAK

NUR HIKMAH WIDYANINGSIH. Analisis rasio konsentrat Cu, Au, Ag dan mineralogi berdasarkan sampling loading PT. Freeport Indonesia (dibimbing oleh Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T)

PT. Freeport Indonesia merupakan perusahaan pertambangan yang menghasilkan konsentrat dengan kandungan tembaga, emas dan perak. Bijih yang dihasilkan dari tambang bawah tanah akan melalui proses *crushing*, *grinding*, flotasi sehingga menghasilkan *slurry* dengan 65% padatan dan 35% air yang dipompa mulai dari *mile* 74 ke porsite *mile* 4 dengan laju volumetrik rata-rata 500-550 *gph* dan akan tiba di Pelabuhan amamapare setelah 18-22 jam pemompaan, selanjutnya pada pabrik dewatering Plant, *slurry* diproses hingga kadar air akhir sekitar 8.5% dan dimuat ke kapal untuk pengiriman, sebelum itu konsentrat ditimbang dan diambil sampelnya untuk memastikan kadar logam untuk pembayaran yang akurat. Penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi kinerja alat *autocutter* untuk penentuan pengujian. Penelitian ini membandingkan data kandungan tembaga, emas, dan perak dari tiga metode pengambilan sampel konsentrat, yaitu *frame*, *autocutter*, dan *grab*. Metode pengambilan sampel konsentrat dilakukan dengan mengambil sampel *grab* dan *frame* diatas konveyor 8BC-1 selain itu pengambilan sampel juga dilakukan pada alat *autocutter* yang berada di *scale house*. Sampel kemudian dianalisis untuk menentukan kandungan tembaga, emas, dan perak menggunakan metode analisis kimia yakni *fire assay*, gravimetri, titrasi dan *Inductively Coupled Plasma* (ICP). Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara statistik untuk mengevaluasi perbedaan antara metode pengambilan sampel konsentrat. Diketahui dari data yang telah dianalisis perbandingan sampel *frame* dengan sampel *autocutter* memiliki perbedaan yang tidak signifikan sedangkan perbandingan sampel *frame* dengan sampel *grab* memiliki perbedaan yang berbeda signifikan hal ini menunjukkan bahwa alat *autocutter* yang digunakan di pabrik *Dewatering Plant* PT. Freeport Indonesia masih representatif dan relevan dilakukan dalam pengambilan sampel untuk pengujian.

Kata Kunci: *konsentrat, Geokimia, Tembaga, Emas, perak, Autocutter, Frame, Grab.*

ABSTRACT

NUR HIKMAH WIDYANINGSIH. *Analysis of Cu, Au, Ag concentrate ratio and mineralogy in sampling loading PT Freeport Indonesia (mentored by Prof. Dr. Adi Tonggihroh, S.T., M.T).*

PT Freeport Indonesia is a mining company that produces concentrates containing copper, gold and silver. The ore produced from the underground mine will go through a crushing, grinding, flotation process to produce a slurry with 65% solids and 35% water which is pumped from mile 74 to porsite mile 4 with an average volumetric rate of 500-550 gph and will arrive at Amamapare Port after 18-22 hours of pumping, then at the dewatering plant, the slurry is processed to a final moisture content of around 8.5% and loaded onto ships for shipment before the concentrate is weighed and sampled to ensure metal content for accurate payment. This study aims to verify the performance of the autocutter for assay determination. This study compares copper, gold and silver content data from three concentrate sampling methods, namely frame, autocutter and grab. Concentrate sampling methods were carried out by taking grab and frame samples on the 8BC-1 conveyor, while sampling was also carried out on the autocutter in the scale house. The samples were then analyzed to determine the copper, gold and silver content using chemical analysis methods namely fire assay, gravimetry, titration and Inductively Coupled Plasma (ICP). The data obtained were then statistically analyzed to evaluate the differences between concentrate sampling methods. It is known from the data that has been analyzed that the comparison of frame samples with autocutter samples has a non-significant difference while the comparison of frame samples with grab samples has a significant difference, this shows that the autocutter tool used at the PT Freeport Indonesia Dewatering Plant is still representative and relevant in sampling for testing.

Keywords: Concentrate, Geochemistry, Copper, Gold, Silver, Autocutter, Frame, Grab

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala berkat rahmat hidayah-Nya serta kesehatan yang selalu diberikan dan Sholawat serta salam tak lupa kami haturkan kepada junjungan kita, Rasulullah Sallallahu Alaihi Wasallam yang telah menjadi teladan terbaik bagi umatnya, sehingga proses penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Rasio Konsentrat Cu, Au, Ag dan Mineralogi Berdasarkan Sampling Loading PT. Freeport Indonesia**” dapat berjalan lancar dan selesai dengan bantuan-Nya.

Laporan Tugas Akhir ini dibuat agar dapat melakukan penelitian pada PT. Freeport Indonesia. Penyusunan laporan ini tak lepas dari bantuan berbagai pihak. Maka penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. **Bapak Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T.** sebagai Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu serta memberikan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
2. **Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng.** sebagai Ketua Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. **Ibu Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T.** dan **Bapak A. Bahrul Hidayah, S.T., M.T.** sebagai dosen penguji yang memberikan saran dan masukan kepada penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik.
4. **Bapak dan Ibu Dosen** pada Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala ilmu, bimbingan dan nasehatnya yang telah diberikan.
5. **Bapak dan Ibu Staf** Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bantuannya dalam pengurusan administrasi penelitian.
6. Kedua **Orang Tua tercinta** Bapak **Bakri** dan Ibu **Ratna** yang selalu menjadi motivasi dan penyemangat bagi penulis, yang tiada henti-hentinya memberikan kasih sayang. Terimakasih untuk doa, material dan dukungan yang telah diberikan sehingga penulis bisa berada dititik ini. Sehat selalu bapak dan ibu, hidup lebih lama dan berada disetiap perjalanan, pencapaian

hidup, sampai penulis menjadi orang sukses dan bisa membanggakan kalian.

7. **Ibu Ani Akiriwapea** selaku Koordinator Internship Divisi Learning and Organizational Development PTFI yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk dapat melaksanakan magang penelitian ini.
8. **Pak Indriawan, Pak Afdhal dan Pak Jemi** yang berperan dalam semua administrasi Penulis selama magang penelitian ini
9. **Bapak Rei Leimena** selaku Senior Manager Divisi Dewatering Plant PTFI yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan kegiatan magang penelitian ini.
10. **Bapak Ardana** selaku Manager Divisi Dewatering Plant PTFI yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan kegiatan magang penelitian ini.
11. **Bapak Abraham Dhatu** selaku mentor/pembimbing lapangan penulis dalam kegiatan magang penelitian di PTFI yang telah memberikan banyak ilmu dan dengan sabar telah meluangkan waktu untuk membimbing selama magang dan dalam penyusunan skripsi ini.
12. Dewatering Plant (**Mas Rizky, Pak Wawan, Pak Ahmad, Pak Shamthong, Pak Heri, Pak Arther, Pak Titus, Mbak Adel**), **Pak Dwi** dan Team Sucofindo yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, Kakak-Kakak FGP Dewatering Plant (**Mbak Bela, Mbak Linda, Bang Jesse, Bang Al, Bang Rian, Bang Ridho, Bang Akri, Bang Arif, bang jundi**) yang memberikan bimbingan, ilmu, dan membantu penulis dalam kegiatan magang penelitian.
13. **Ofir Marten Palallo** sebagai teman seperjuangan yang sama-sama dari Teknik geologi unhas dan magang di Quality Control Dewatering Plant PTFI yang telah membantu saya serta menemani selama magang.
14. **Pria Siska** Sebagai sahabat penulis yang telah menemani hidup penulis selama berkuliah di geologi, Terimakasih karena selalu ada dan mendengarkan curhatan serta keluh kesah penulis. Grow and success together.

15. **Amelda Novarita** Sebagai partner asistensi penulis, yang selalu menemani dan sebagai teman curhat keluh kesah penulis. Terimakasih, grow and success together.
16. **Hanun Maharani, Gabriela, Mbak Hanifa, Marlin, Sandy, Rekso, Mifta, Reno, Faruq** sebagai teman seperjuangan magang di Dewatering Plant PTFI dan teman-teman Internship Program 2023 Cycle 2 PT. Freeport Indonesia.
17. Saudari **Nur Islamiyah Anggraeni, S.T** yang telah menjadi kakak dan panutan bagi adik-adiknya. Terimakasih karena telah menjadi motivasi dan memberikan ilmu serta bimbingan.
18. Saudara **Rahmat Ramadhan** dan **Rayyan Al Afnan** yang telah menjadi alasan penulis untuk sukses.
19. Teman-teman **Teknik Geologi 2020 (Radar)** yang selalu kebersamai, mendukung dan membantu dalam penyusunan laporan skripsi ini.
20. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala saran dan bantuan yang diberikan kepada penulis selama penyusunan laporan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih terdapat berbagai kelemahan dan kekurangan, sehingga kritik maupun saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan semoga Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi diri saya sendiri dan bagi orang lain yang menggunakannya.

Gowa, 13 November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR ISTILAH ASING.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Lokasi Penelitian dan Kesampaian Daerah.....	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Geologi Regional	5
2.1.1. Geomorfologi Regional.....	5
2.1.2. Stratigrafi Regional	8
2.1.3. Tektonik Regional	13
2.2. Sejarah PT. Freeport Indonesia.....	14
2.2.1. Ruang Lingkup Perusahaan	15
2.3. Konsentrat	16
2.4. Tembaga.....	16
2.5. Emas.....	17
2.6. Perak.....	18
2.7. Geometalurgi.....	18
2.8. Pengolahan Bahan Galian	19
2.8.1 <i>Mineral Processing</i> PT. Freeport Indonesia	19

2.9. Quality Control dan Pengambilan Sampel.....	28
2.9.1. Pengambilan Sampel Manual Dari Aliran Konsentrat	29
2.9.2. Pengambilan Sampel Mekanik Dari Aliran Konsentrat	29
2.10. Pengendalian Kualitas Konsentrat dan Jaminan Kkualitas Konsentrat PT. Freeport Indonesia	30
2.11. Analisis Sampel Konsentrat	31
2.11.1. Metode <i>Fire Assay</i>	31
2.11.2. Gravimetri.....	32
2.11.3. Titrasi.....	33
2.11.4. ICP (Inductively Coupled Plasma)	34
BAB III METODE DAN TAHAP PENELITIAN.....	35
3.1. Tahapan Pendahuluan	35
3.2. Tahapan Pengambilan Data	35
3.3. Tahap Analisis Data	40
3.3.1. Analisis Laboratorium	40
3.3.2. Pengolahan Data	51
3.4. Tahap Penyusunan Laporan	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1. Komposisi mineral pada konsentrat Daerah Penelitian	61
4.2. Analisis Produksi Mineral Pada Konsentrat PT. Freeport Indonesia Selama 26 Tahun	69
4.3. Analisis Kadar Logam Konsentrat PT. Freeport Indonesia	73
BAB V PENUTUP	79
5.1. Kesimpulan	79
5.2. Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Peta Geologi Regional Lembar Timika Dengan Skala 1:250.000 ...	6
Gambar 2	<i>Stratigraphy of Grasberg Minerals District</i> (PTFI).....	8
Gambar 3	Peta Geologi <i>Grasberg Minerals District</i> (PTFI)	9
Gambar 4	Tambang Grasberg	14
Gambar 5	Pabrik pengolahan	15
Gambar 6	<i>Crusher gyratory</i> di tambang terbuka grasberg	21
Gambar 7	<i>SAG mill</i>	22
Gambar 8	<i>Ball mill</i>	22
Gambar 9	Gelembung udara pada saat proses flotasi	24
Gambar 10	Topografi atau ketinggian pipa	25
Gambar 11	VPA.....	25
Gambar 12	<i>Portsite dewatering plant overview</i>	26
Gambar 13	Pengapalan konsentrat.....	27
Gambar 14	Metode <i>Fire assay</i>	33
Gambar 15	Metode titrasi.....	33
Gambar 16	ICP (Inductively Coupled Plasma).....	34
Gambar 17	Pengambilan sampel Frame	36
Gambar 18	Pengambilan sampel grab.....	36
Gambar 19	Pengambilan sampel Autocutter.....	36
Gambar 20	Alat <i>Splitter riffle</i>	37
Gambar 21	Penimbangan sampel.....	38
Gambar 22	Pengovenan Sampel	38
Gambar 23	Penimbangan sampel kering.....	39
Gambar 24	Alat <i>Pulverizer</i>	39
Gambar 25	Packingan sampel sebelum analisis	40
Gambar 26	Penimbangan sampel sebanyak 15 gram.....	41
Gambar 27	Pemasukan flux, KNO ₃ dan bico perak	41
Gambar 28	Konsentrat di masukkan kedalam <i>fusion furnace</i>	42
Gambar 29	Pemisahan lead botton dari slag.....	42
Gambar 30	Pembakaran di dalam <i>fusion furnace</i>	43

Gambar 31	Lead botton dimasukkan ke dalam cupel untuk dibakar kembali ..	43
Gambar 32	Prill diketuk hingga menjadi tipis	44
Gambar 33	Penambahan HNO_3 encer	44
Gambar 34	Penambahan HNO_3 pekat	45
Gambar 35	Pencucian Prill dengan aquades	45
Gambar 36	Pemanasan didalam <i>muffle furnace</i>	46
Gambar 37	Penimbangan di <i>micro balance</i>	46
Gambar 38	Penambahan Aquades kedalam gelas kimia.....	47
Gambar 39	Panaskan larutan diatas <i>hotplate</i>	47
Gambar 40	Larutan siap untuk dititrasi.....	48
Gambar 41	Titrasi dengan menggunakan potassium iodide (KI).....	48
Gambar 42	Penambahan kanji hingga larutan berubah warna.....	49
Gambar 43	Penambahan sianida hingga larutan berubah warna	49
Gambar 44	Analisis kadar perak (Ag) dengan alat ICP	50
Gambar 45	Prinsip kerja alat ICP (<i>Inductively couple plasma</i>).....	50
Gambar 46	Diagram alir penelitian.....	51
Gambar 47	Peta citra pengambilan sampel.....	52
Gambar 48	Skema proses <i>Dewatering</i> dan <i>pipeline</i>	53
Gambar 49	VPA (Vertical pressure air blow)	54
Gambar 50	Dua jenis <i>plate</i> pada VPA	55
Gambar 51	Mekanisme pengeringan VPA	55
Gambar 52	<i>Rotary disc filter</i>	56
Gambar 53	<i>View rotary disc filter</i>	57
Gambar 54	Skema pengeringan <i>rotary disc filter</i>	58
Gambar 55	<i>Rotary drayer</i>	58
Gambar 56	<i>Thickener</i>	59
Gambar 57	<i>Settling pond</i>	60
Gambar 58	Gudang penyimpanan (<i>Barn</i>)	60
Gambar 59	Pengeringan konsentrat menggunakan kapal	61
Gambar 60	Histogram grade Cu pada Tahun 2023.....	63
Gambar 61	Histogram grade Au pada Tahun 2023	64
Gambar 62	Histogram distribusi mineral pengotor (<i>gangue</i>) pada Tahun 2023.	64

Gambar 63 Histogram distribusi mineral pembawa tembaga pada Tahun 2023	66
Gambar 64 Grafik mineral pembawa tembaga pada konsentrat selama 26 thn....	70
Gambar 65 Grafik mineral pengotor pada konsentrat selama 26 tahun.....	70
Gambar 66 Grafik <i>gold grade</i> pada konsentrat selama 26 tahun.....	71
Gambar 67 Grafik <i>copper grade</i> pada konsentrat selama 26 tahun.....	72
Gambar 68 Grafik <i>silver grade</i> pada konsentrat selama 14 tahun.....	72
Gambar 69 Histogram dari kadar tembaga pada sampel (frame, autocutter dan grab)	76
Gambar 70 Histogram dari kadar emas pada sampel (frame, autocutter dan grab)	76
Gambar 71 Histogram dari kadar perak pada sampel (frame, autocutter dan grab)	77

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Data distribusi mineral pada komposit pengiriman konsentrat pada tahun 2023	62
Tabel 2	Data analisis mineral konsentrat untuk bulan November 2023 dengan metode QEMSCAN	67
Tabel 3	Data analisis mineral konsentrat untuk bulan November 2023 dengan metode XRD	68
Tabel 4	Data kadar tembaga (Cu)	74
Tabel 5	Data kadar emas (Au)	74
Tabel 6	Data kadar perak (Ag).....	75

DAFTAR ISTILAH ASING

<i>Autocutter</i>	: Teknik dalam pengambilan sampel konsentrat dengan cara memotong secara otomatis pada aliran konsentrat.
<i>ASTM</i>	: <i>American Society for Testing and Materials</i> adalah serangkaian standar teknis yang mencakup berbagai spesifikasi, metode uji, pedoman praktik yang banyak digunakan di berbagai industri untuk memastikan kualitas dan keselamatan.
<i>Belt Conveyor</i>	: Suatu system mekanis yang terdiri dari sabuk yang bergerak secara kontinyu diatas tol-rol yang digunakan untuk mengangkut material konsentrat dari satu tempat ke tempat lain.
<i>Crucible Pot</i>	: Wadah tahan panas yang digunakan untuk melebur, mengolah atau memanaskan konsentrat pada suhu yang sangat tinggi.
<i>Cupel</i>	: Wadah kecil yang digunakan untuk memisahkan logam murni dalam sampel.
<i>Consentrate</i>	: Hasil tambang berbentuk seperti pasir yang telah melalui proses pengolahan atau pemurnian.
<i>Drayer</i>	: Mesin atau alat yang digunakan untuk mengurangi kadar air pada material konsentrat melalui proses pengeringan.
<i>Frame</i>	: Metode pengambilan sampel menggunakan kerangka. Kerangka ini memastikan bahwa sampel yang diambil mewakili seluruh populasi dengan cara yang akurat.
<i>Fire Assay</i>	: Metode analisis kimia yang digunakan untuk mengukur konsentrat logam terutama emas menggunakan pemanasan dan perlakuan kimiawi untuk memisahkan logam mulia dari sampel dan menghasilkan hasil yang sangat akurat.
<i>Fusion Furnace</i>	: Tungku peleburan yang digunakan untuk melebur material dengan cara memanaskannya hingga mencapai titik lebur.
<i>Flux</i>	: Bahan kimia yang digunakan dalam proses peleburan atau pengolahan mineral yang membantu menghilangkan kontaminasi, memurnikan produk pada logam.

<i>Grab</i>	: Teknik pengambilan sampel konsentrat dengan melibatkan alat skop untuk mengambil sampel diatas belt conveyor secara random.
<i>Histogram</i>	: Jenis grafik yang digunakan untuk mempresentasikan distribusi frekuensi dari data.
<i>Highland</i>	: Area tertutup PT. Freeport yang berada di pegunungan Tembagapura.
<i>ISO</i>	: <i>International Organization For Standardization</i> adalah standar yang mencakup berbagai aspek mulai dari kualitas, keamanan, efisiensi dalam berbagai industri.
<i>IMO</i>	: <i>International Maritime Organization</i> adalah badan khusus yang bertanggung jawab untuk mengatur pengiriman internasional, tujuan utama yakni memastikan keselamatan maritim.
<i>Jobsite</i>	: Area kerja sebuah perusahaan
<i>Light Vehicle</i>	: Kendaraan yang dirancang untuk mengangkut muatan atau penumpang dalam skala kecil dengan batas ketentuan tertentu.
<i>Lowland</i>	: Area tertutup PT. Freeport yang berada di pedataran Tembagapura.
<i>Mill</i>	: Sebuah bangunan atau pabrik yang memiliki mesin penggiling dalam sebuah tambang.
<i>Mesh</i>	: Istilah mesh per inci yang digunakan dalam ukuran lubang dalam layer penyaringan untuk memisahkan bahan berdasarkan ukuran partikelnya.
<i>Moisture</i>	:Kadar air dalam sampel konsentrat.
<i>Muffle Furnace</i>	: Alat pemanas laboratorium yang digunakan untuk berbagai pengaplikasian yang memerlukan suhu tinggi.
<i>Minitab</i>	: Aplikasi analisis statistik yang digunakan di berbagai bidang dan industri.
<i>Ore</i>	: Jenis mineral atau batuan yang mengandung komponen logam atau mineral yang diekstraksi dan bernilai ekonomis.
<i>Open pit</i>	: Metode penambangan pada permukaan.

<i>Pulverizer</i>	: Alat yang penting dalam proses penggilingan dan reduksi ukuran partikel yang digunakan dalam bidang industri.
<i>Ppm</i>	: Parts per million adalah satuan yang digunakan untuk menunjukkan seberapa banyak konsentrat unsur tersebut dalam bahan atau senyawa.
<i>Qemscan</i>	: Teknologi analisis mineral dengan tingkat presisi tinggi yang digunakan dalam industri pertambangan dan metalurgi.
<i>Overlay</i>	: Menutupi permukaan (sesuatu) dengan lapisan.
<i>Slurry</i>	: Bubur Konsentrat yakni campuran cairan kental yang berisikan material padat yang terdispersi di dalamnya.
<i>Splitter Riffle</i>	: Alat yang digunakan untuk membagi atau mengalirkan sampel material dengan seragam dan representatif, biasanya digunakan dalam laboratorium dan industry untuk memastikan sampel yang diambil dari satu lot atau campuran adalah representatif.
<i>Screening</i>	: Metode dalam berbagai industry untuk pemisahan material atau partikel berdasarkan ukuran atau karakteristik tertentu.
<i>Slag</i>	: Material sisa atau residu yang terbentuk sebagai produk sampingan dalam proses fire assay.
<i>TK</i>	: Tangki atau wadah yang menyimpan cairan slurry sebelum di proses.
<i>Tickener</i>	: Tangki atau tempat pengendap filtrat hasil dari VPA.
<i>VPA</i>	: Alat pengering konsentrat yang menggunakan tekanan udara untuk mengurangi kadar air pada slurry.
<i>XRD</i>	: X-ray Diffraction merupakan metode analisis material yang digunakan untuk menentukan struktur kristal dan nama mineral.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sumber daya mineral yang cukup banyak sehingga memerlukan suatu peningkatan cadangan mineral logam yang memicu dalam beberapa daerah guna mencari sumber penghasilan pada daerah demi tercapainya kesejahteraan pada masyarakat. Penggunaan mineral logam sebagai bahan baku yang semakin meningkat, oleh karena itu Indonesia harus meningkatkan cadangan mineral logam untuk kepentingan negara maupun suatu daerah setempat dengan cara eksplorasi sebanyak-banyaknya.

PT. Freeport Indonesia adalah sebuah perusahaan tambang, dikenal karena kegiatan penambangannya di daerah Grasberg, Papua. Grasberg merupakan salah satu tambang tembaga dan emas terbesar di dunia. Freeport Indonesia adalah anak perusahaan dari Freeport-McMoRan Inc. Industri pertambangan dan pengolahan mineral merupakan sektor krusial dalam kontribusi ekonomi Indonesia. PT. Freeport Indonesia, sebagai salah satu perusahaan tambang terbesar di Tanah Air, berperan signifikan dalam produksi dan ekspor konsentrat mineral berharga seperti tembaga dan emas. Konsistensi dan akurasi dalam analisis kadar mineral sangat penting bagi PT. Freeport Indonesia, terutama mengingat nilai ekonomis yang tinggi dari produk-produk tambangnya.

Analisis konsentrat mineral menjadi elemen utama dalam menentukan nilai ekonomis, pembayaran kepada pihak terkait, dan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku. Oleh karena itu, perhatian terhadap ketepatan analisis, khususnya dalam mengatasi bias, menjadi sangat penting. Metode penelitian yang digunakan untuk analisis kadar logam yakni menggunakan metode geokimia seperti *fire assay* gravimetri, titrasi dan *Inductively Coupled Plasma* (ICP). Pada kesempatan ini penulis ingin melakukan penelitian dengan judul “**Analisis rasio konsentrat Au, Cu, Ag dan mineralogi berdasarkan sampling loading PT. Freeport Indonesia**” pada PT. Freeport Indonesia dan diharapkan mahasiswa dapat

menambah ilmu baru dan menerapkannya untuk mendukung pembelajaran dan perkembangan dunia pertambangan di Indonesia.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan keilmuan mahasiswa dan menambah pengalaman serta pengetahuan dalam industri pertambangan.

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini di PT. Freeport Indonesia :

1. Mengetahui jenis mineral berdasarkan sampel loading PT. Freeport Indonesia.
2. Mengetahui nilai kadar Cu, Au, Ag pada teknik pengambilan sampel frame, autocutter dan grab.
3. Mengetahui rasio Cu, Au, Ag pada teknik pengambilan sampel frame, autocutter dan grab.

1.3 Batasan Masalah

Adapun penulis membatasi permasalahan dalam penelitian pada Studi Akurasi Presisi Sistem Pengambilan Sampel Konsentrat dan Analisis Kadar Logam Pada Sampel Konsentrat PT. Freeport Indonesia yaitu :

1. Pengambilan sampel konsentrat hanya dilakukan pada Pelabuhan Amamapare tepatnya di divisi *Dewatering Plant* bagian *quality control* serta pengujian kadar logam dilakukan di Lab sucofindo Kuala Kencana.
2. Database yang digunakan untuk mendukung tugas akhir ini menggunakan data ter-update pada bulan November 2023 hingga sebelumnya.

1.4 Lokasi Penelitian dan Kesampaian daerah

Secara Administratif daerah penelitian termasuk dalam wilayah Timika, Kecamatan Mimika, Provinsi Papua. Secara geografis daerah ini terletak pada Pelabuhan Amamapare.

Lokasi yang menjadi objek penelitian yaitu Portsite (Dewatering Plant) yang termasuk ke dalam wilayah operasi PT Freeport Indonesia. Daerah penelitian dapat dijangkau melalui transportasi udara selama kurang lebih 2 jam dari bandara

sultan hasanuddin ke bandara mozes kilangin kemudian ditempuh dengan jalan darat yaitu menggunakan bus kurang lebih 60 menit yang berangkat dari *Station 924 Basecamp* di *mill 28* kemudian menuju Cargodog lalu dilanjutkan dengan menaiki jeti dan menyebrang selama 10 menit menuju Pelabuhan Amamapare. Pengamatan dan pengambilan data penelitian dilakukan pada pabrik Dewatering Plant dan untuk analisis dan uji lab dilakukan di Lab Sucofindo Kuala Kencana yang bisa ditempuh dengan menggunakan bus kurang lebih 20 menit yang berangkat dari *Station 924 basecamp* di *mill 28* kemudian menuju ke Kuala Kencana di *mill 32*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian berdasarkan maksud dan tujuan penelitian yang telah diuraikan diatas adalah

1. Keilmuan
 - Menambah referensi terkait sistem pengambilan sampel pengujian dan analisis kadar logam pada konsentrat PT. Freeport Indonesia.
 - Mendapatkan gambaran tentang daerah operasional dan kondisi geologi di PT. Freeport Indonesia.
2. Perusahaan
 - Memberikan dokumen prosedur pengambilan sampel untuk setiap audit eksternal atau persyaratan peraturan yang mungkin memerlukan bukti untuk mematuhi prosedur pengambilan sampel pengujian, yang tentunya sangat memberikan manfaat bagi perusahaan.
3. Institusi
 - Menambah koleksi perpustakaan Universitas Hasanuddin, khususnya Program Studi Teknik Geologi.
 - Menjalin kerjasama antara universitas dengan perusahaan.
 - Sebagai upaya media promosi calon lulusan sarjana dengan penelitian yang dilakukan di perusahaan.
4. Penulis
 - Dapat menyelesaikan tugas akhir atau skripsi untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Geologi.

- Dapat mengetahui dan memahami Teknik pengambilan sampel dan cara analisis kadar logam pada konsentrat PT. Freeport Indonesia.
- Dapat mengaplikasikan ilmu pada perkuliahan ke dalam dunia kerja, khususnya dalam bidang mineral dan geokimia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

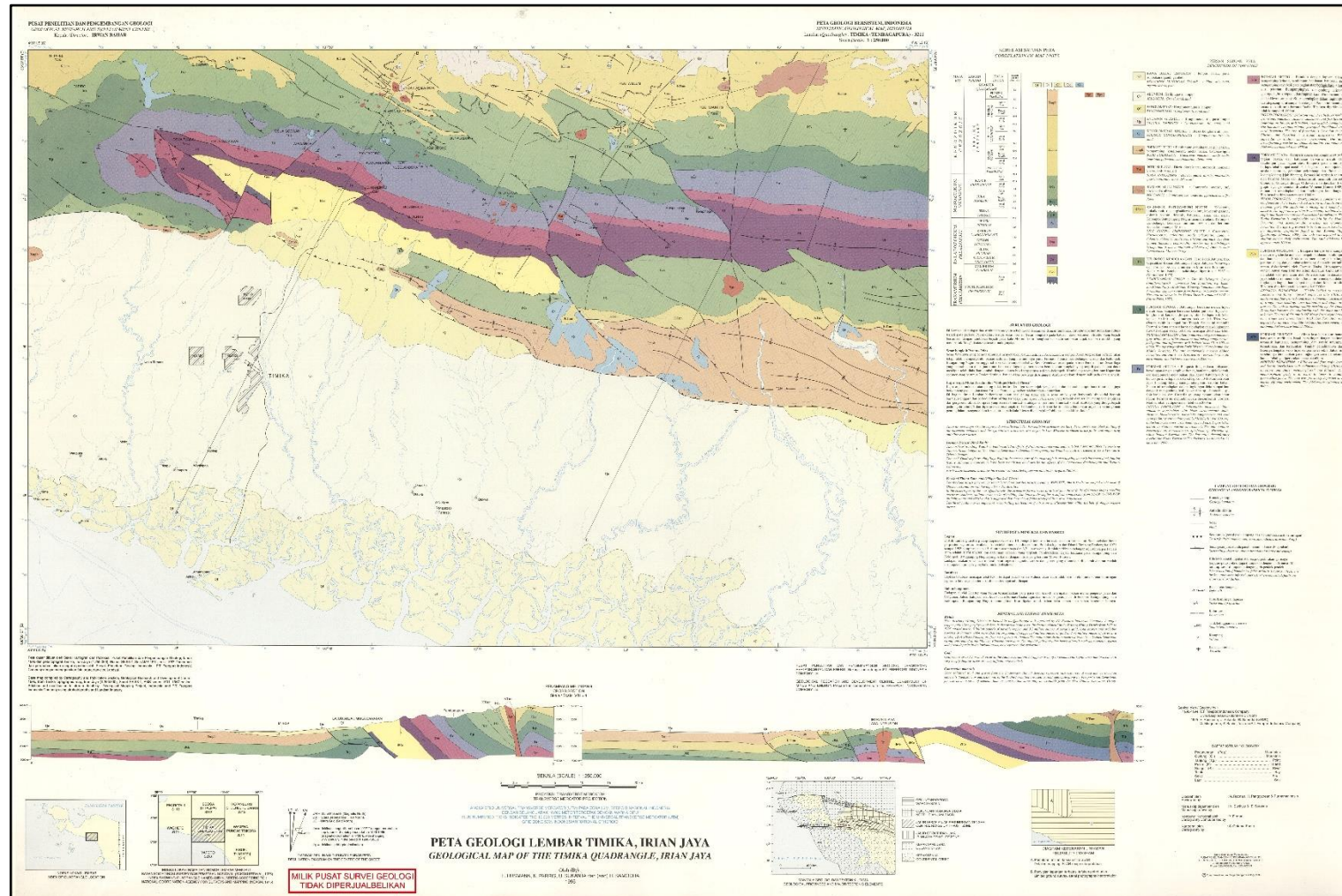
2.1. Geologi Regional

Secara regional Wilayah kerja PTFI didasarkan pada hasil peneliti terdahulu oleh E. Rusmana, K. Parris, U. Sukanta dan H. Samodra, (1995) daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Timika skala 1 : 250.000. Berada pada zona subduksi antara Lempeng Australia yang bergerak ke utara dan Lempeng Indopasifik yang bergerak ke arah barat daya. Pada zona subduksi ini terjadi intrusi magma yang menembus lapisan batuan sedimen yang terbentuk terlebih dahulu. Adanya intrusi tersebut memungkinkan terjadinya proses mineralisasi yang kompleks sehingga menghasilkan zona yang kaya mineral.

Pulau Papua pada saat ini berada pada bagian tepi utara Lempeng Indo-Australia, yang berkembang akibat adanya pertemuan antara Lempeng Australia yang bergerak ke utara dan Lempeng Pasifik yang bergerak ke barat. Dua lempeng utama ini mempunyai sejarah evolusi Pulau Papua yang berkaitan erat dengan perkembangan jalur proses magmatik dan pembentukan busur gunung api (volanic arc) yang berasosiasi dengan mineralisasi emas porfiri dan emas epithermal.

Papua saat ini dipengaruhi oleh pergerakan 2 lempeng besar, yaitu lempeng Pasifik ke arah barat dan lempeng Indo-Australia yang ke arah utara dengan jalur subduksi terdapat di perairan utara Papua sampai perairan utara Biak dan perairan barat Fakfak sampai perairan selatan Kaimana. Dari peta tektonik Papua, terlihat bahwa konvergensi busur Melanesia dan lempeng Indo-Australia menghasilkan banyak sesar lokal, jalur sesar pegunungan tengah yang memanjang dari barat ke timur di bagian tengah pulau Papua, cekungan utara Papua dan pengangkatan di pesisir utara Papua dan di pegunungan Jayawijaya (2mm/tahun). Sedangkan batas lempeng tektonik di utara Papua membentuk sesar geser yang terjadi di bagian utara yaitu Sesar Sorong-Yapen.

Di bagian leher burung terdapat Sesar Tarera Aiduna dan Sesar Weyland yang membentang dari barat daya sampai selatan kota Nabire, Sesar Waipona yang membentang dari timur laut sampai tenggara Nabire, dan Sesar Direwo yang membentang di utara Enarotali.



Gambar 1. Peta geologi regional lembar timika dengan skala 1:250.000.

2.1.1. Geomorfologi Regional

Secara garis besar topografi dan morfologi pada daerah Kontak Karya PT. Freeport Indonesia sangat bervariasi. Pada daerah pelabuhan, pantai dan rawa tersebar hutan bakau (*mangrove*). Makin ke atas, kondisi topografi makin. Pada jarak 40 km dari garis pantai, daerah didominasi dengan hutan yang lebat dengan pepohonan yang homogen dengan bentuk topografi umum jurang yang terjal. Pada daerah Tembagapura dengan ketinggian sekitar 2.000 m dpl, terdapat banyak jurang dan dinding batuan yang terjal, air terjun dan lembahlembah yang curam. Pada sekitar daerah penambangan, pada ketinggian 2.800 – 4.000 m dpl hampir tidak ditemukan adanya pepohonan, dimana daratan hanya didominasi oleh tanaman perdu, rumput liar dan lumut. Hal ini diakibatkan karena ketinggian yang cukup tinggi, sehingga hanya beberapa tanaman yang dapat tumbuh. Pada beberapa daerah, kadang diselubungi oleh salju yang menutupi daratan. Pada daerah ini, terdapat pula pegunungan yang membentuk lipatan yang curam dan terjal yang disertai oleh patahan-patahan. Berdasarkan topografi, daerah Kontrak Karya PT Freeport Indonesia dapat dibagi menjadi dua, yaitu *lowland* dan *highland* (Mahler, 2008)

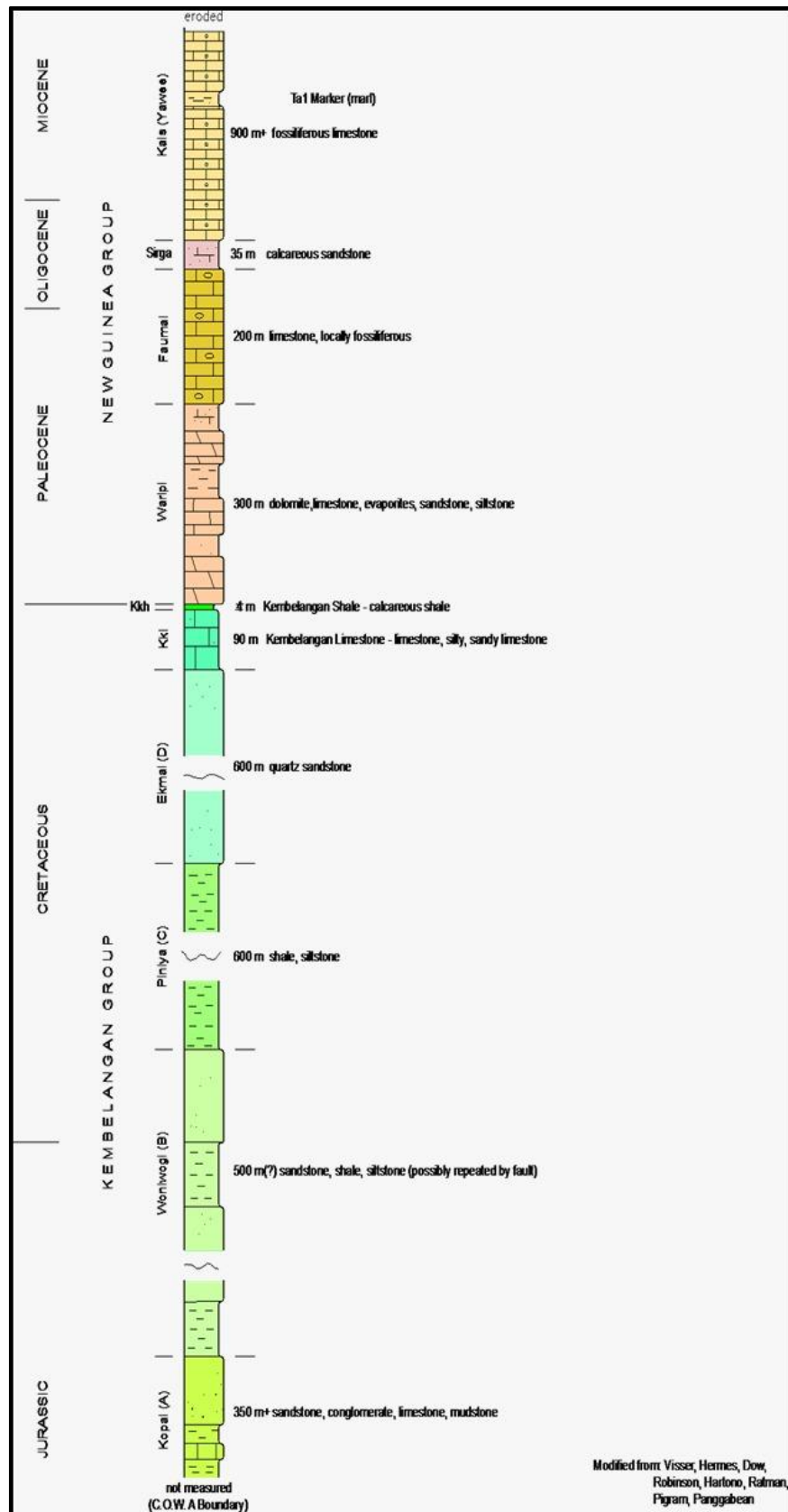
a. Daerah Dataran Rendah (*lowland*)

Daerah dataran rendah (*lowland*), merupakan dataran rendah yang mencakup lokasi pelabuhan Amamapare (*portsite*), Timika, perumahan karyawan dan kantor administrasi di Kuala Kencana serta beberapa lokasi pendukung lainnya. Daerah *Lowland* merupakan topografi yang relatif datar dengan elevasi antara 10 mdpl sampai 2.000 mdpl.

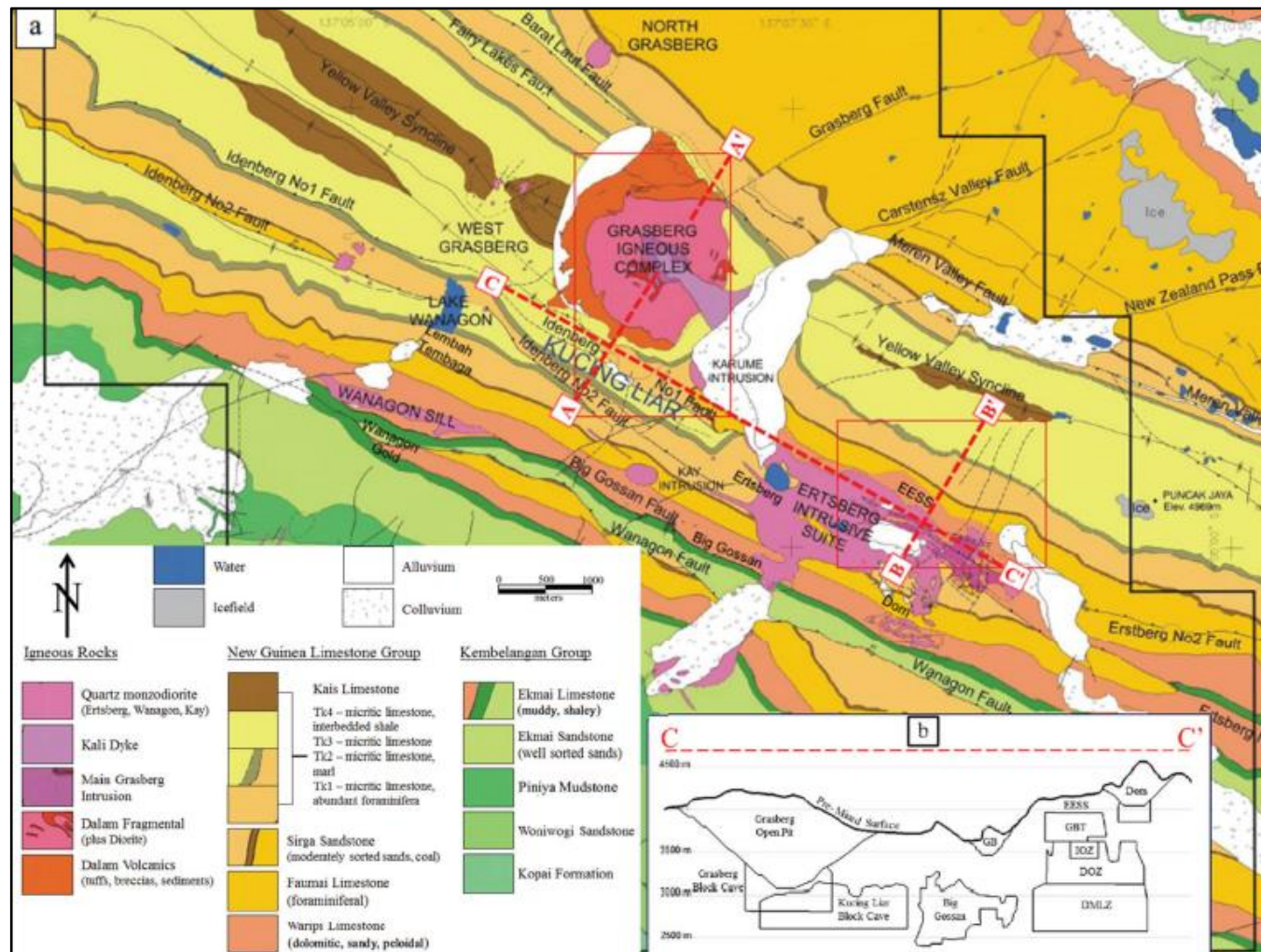
b. Daerah Dataran Tinggi (*Highland*)

Daerah dataran tinggi (*Highland*), merupakan dataran tinggi yang mencakup perumahan karyawan mulai dari *mile 66 (Hidden Valley)*, *mile 68 (Tembagapura)*, *mile 72 (Ridge Camp)*, *mile 74 (mill site)* hingga ke lokasi tambang bawah tanah dan tambang terbuka *Grasberg*. Daerah *Highland* merupakan rangkaian dari pegunungan Jayawijaya merupakan topografi yang berbukit dengan ketinggian 2.000 mdpl sampai 4.200 mdpl. Lokasi penambangan berada pada ketinggian sekitar 2.800 mdpl sampai 4.000 mdpl.

2.1.2. Stratigrafi Regional



Gambar 2. Stratigraphy of grasberg minerals district (PTFI).



Gambar 3. Peta geologi *grasberg minerals district* (PTFI).

Stratigrafi regional dari area kontrak karya PT. Freeport Indonesia terdiri batuan tertua yang tersingkapkan pada daerah ini adalah kelompok kembelangan. Kelompok ini terdiri dari Formasi Kopai, Formasi Woniwogi, Formasi Piniya, dan Formasi Ekmai. Diatas Kelompok Kembelangan diendapkan secara selaras Kelompok *New Guinea Limestone*, yang terdiri dari Formasi Waripi, Formasi Faumai, Formasi Sirga, dan Formasi Kais. Diatas Kelompok Batugamping New Guinea diendapkan Formasi Buru. Setelah Formasi Buru, diendapkan batuan vulkanik Miosen Akhir sampai Pliosen, Konglomerat Kuarter, dan terakhir Sedimen Glasial Kuarter.

a. Kelompok Kembelangan

Pigram dan Panggabean (1982) mengelompokkan formasi-formasi Kembelangan menjadi empat formasi, yaitu Formasi Kopai, Formasi Woniwogi, Formasi Piniya, dan Formasi Ekmai. Secara umum formasi ini memiliki warna abu-abu, batupasir dan batulanau, glaukonitik, karbonatan, mikaan dan piritik, batulanau hitam sampai batugamping hitam, batupasir kuarsa dan ortokuarsit piritik.

b. Formasi Kopai

Formasi Kopai memiliki ketebalan 1400 ± 300 meter. Formasi ini terdiri dari lapisan batupasir berukuran butir pasir halus sampai pasir sedang, dan memiliki struktur silang siur. Lingkungan pengendapan formasi ini memiliki variasi. Berdasarkan kontak yang gradasi dengan formasi dibawahnya, Formasi Tipuma, dan batupasir lentikuler dan silang siur dibagian bawah formasi, lingkungan pengendapan Formasi Kopai diinterpretasikan sebagai lingkungan transisi fluvial-batial (*transgresif*), sedangkan bagian atas formasi terdiri dari batugamping *packstone* dan *grainstone*, diinterpretasikan sebagai lingkungan *shelf* dengan energi menengah sampai tinggi (*regresif*).

c. Formasi Wonowogi

Formasi Wonowogi memiliki ketebalan 1000 ± 200 meter. Formasi ini memiliki ciri-ciri yaitu sortasi buruk, ukuran butir kasar hingga kerikil dengan matriks berukuran sangat halus berupa kuarsa, mineral opak, dan klorit. Alterasi yang terjadi berupa alterasi silisifikasi dan mineralisasi sulfida. Pada umumnya formasi ini memiliki struktur masif, tetapi dibeberapa singkapan terlihat struktur

perlapisan dan silang siur dengan bioturbasi yang intens. Berdasarkan mikro fosil dan nano fosil yang ditemukan, formasi ini memiliki umur *Cretaceous* akhir. Batupasir Woniwogi diendapkan pada lingkungan lereng dan paparan laut yang kaya akan pasir. Batupasir dengan sortasi buruk diinterpretasikan sebagai hasil arus debris submarine pada lingkungan lereng benua. Batupasir dengan sortasi baik dan bioturbasi sedikit adalah paparan dengan energi pengendapan sedang sampai tinggi dan kaya akan pasir. Lapisan batupasir tipis dengan bioturbasi intens diendapkan pada energi pengendapan yang rendah.

d. Formasi Piniya

Formasi Piniya memiliki ketebalan 1550 ± 300 meter. Formasi ini terdiri dari batulanau-batulempung dengan struktur laminasi hingga masif, sortasi baik, perulangan batupasir halus dengan unit batuan yang lebih halus. Perulangan lapisan batupasir dengan batulanau-batulempung diinterpretasikan sebagai daerah lepas pantai, terbentuk oleh badai. Sekuen batulanau - batulempung masif diinterpretasikan sebagai lingkungan batial atau endapan turbidit.

e. Formasi Ekmai

Formasi Ekmai memiliki ketebalan 650 ± 100 meter. 500 meter dari bagian bawah tersusun dari batupasir arenit kuarsa dan 90 meter dari bagian atas terdiri dari batulempung dan batugamping, dan 20 meter teratas merupakan sekuen batulanau karbonatan. Lingkungan pengendapan bagian bawah formasi (550 meter) diinterpretasikan sebagai sekuen zona laut pantai atau paparan dekat pantai. Kehadiran foraminifera pelagik pada 90 meter dari bagian atas menunjukkan lingkungan batial, paparan luar, sedangkan 20 meter dari bagian atas ditemukan ooid neritik, bryozoa, kuarsa pasiran, batugamping kasar menunjukkan lingkungan laut dangkal, dengan energi tinggi.

f. Kelompok Batugamping *New Guinea*

Menurut Ufford (1996), kelompok Batugamping *New Guinea* dibagi menjadi 4 formasi, yaitu Formasi Waripi, Formasi Faumai, Formasi Sirga, dan Formasi Kais.

g. Formasi Waripi

Formasi Waripi memiliki ketebalan 280-400 meter. Formasi ini terdiri dari batu dolomit, batugamping, batupasir arenit kuarsa dan 2 meter lapisan anhidrit.

Lingkungan pengendapan formasi ini diinterpretasikan berada pada zona transisi silisiklastik Mesozoik dengan endapan karbonat Kenozoik pada lingkungan laut dangkal, air yang hangat dengan gelombang yang tinggi. Formasi Faumai memiliki ketebalan 200-300 meter yang diendapkan diatas formasi Waripi. Formasi ini berumur Eosen dan terdiri dari foraminifera, batugamping packstone peloidal dengan dolomit dan kuarsa yang sedikit. Lingkungan pengendapan diinterpretasikan berada pada lingkungan laut dangkal dengan gelombang rendah sampai sedang.

h. Formasi Sirga

Formasi Sirga memiliki ketebalan 40 meter. Formasi ini memiliki umur Oligosen-pertengahan Miosen dan diendapkan tidak selaras diatas formasi Faumai. Batupasir arenit kuarsa dengan kandungan arenit kuarsa foraminifera yang semakin keatas semakin banyak menunjukkan lingkungan pengendapan berada pada lingkungan transgresif bercampur dengan endapan fluvial dan laut dangkal.

i. Formasi Kais

Formasi Kais memiliki ketebalan 1100-1300 meter, yang terdiri dari batugamping packstone alga merah dan foraminifera. Formasi ini diendapkan secara gradasional diatas formasi Sirga. Bagian atas mengandung lapisan batubara. Umur formasi ini adalah Oligosen sampai pertengahan Miosen. Lingkungan pengendapan Formasi Kais berada pada lingkungan laut dangkal, energi rendah sampai sedang dengan kandungan koral yang tinggi pada puncaknya.

j. Formasi Buru

Formasi Buru memiliki ketebalan 6000 meter (Visser dan Hermes, 1962 dalam Ufford, 1996). Formasi ini terdiri dari batugamping berukuran butir pasir halus, lapisan konglomerat yang jarang, klastika karbonan dan karbonatan, dan batulempung masif dengan fosil pelesipoda dan gastropoda. Formasi Buru diperkirakan sebagai endapan yang terbentuk di lingkungan laut dan dekat dengan pantai yang ditimpa oleh sedimen darat (Pigram dan Panggabean, 1983 dalam Ufford, 1996).

k. Vulkanik Miosen Akhir sampai Pliosen

Formasi ini terdiri dari tuff mafik, lahar dan piroklastik (Parris, 1994 dalam Ufford, 1996). Analisis umur K-Ar pada vulkanik menunjukkan umur 7,0 -

5,2 juta tahun yang lalu.

Batuan vulkanik merupakan bagian dari Kompleks Batuan Beku *Grasberg* (MacDonald dan Arnold, 1994 dalam Ufford, 1996). Luas area vulkanik *Grasberg* adalah $<4 \text{ km}^2$ dan ketebalan belum diketahui, tetapi kemungkinan memiliki ketebalan ratusan meter.

1. Sedimen Konglomerat dan Glasial Kuarter

Pegunungan Tengah Papua memiliki jurang dibagian selatan, dan kehadiran jurang ini menghasilkan sedimen konglomerat, sedangkan sedimen glasial kuarter terbentuk dari proses glasiasi terakhir pada puncak Pegunungan Tengah Papua (4000 meter diatas permukaan laut).

2.1.3. Tektonik Regional

Pada umumnya deformasi Pegunungan Tengah Papua terjadi sekitar 12 juta sampai 4 juta tahun yang lalu. Menurut Ufford (1996), deformasi tersebut dibagi menjadi dua tahap, yaitu:

a. Tahap 1 (12 – 4 juta tahun yang lalu)

Sebelum 12 juta tahun yang lalu, batuan terendapkan pada batas lempeng pasif yang stabil. Sejak 12 juta tahun yang lalu, lipatan dengan skala kilometer mulai terbentuk pada bagian tepi benua Australia bagian utara. Bagian tepi tersebut menunjam di zona penunjaman lempeng Pasifik dengan arah kemiringan timur laut. Kebanyakan gerakan yang terhitung memiliki trend 65° . Sesar yang terbentuk adalah sesar Wanagon, sesar *Ertsberg II*, dan sesar *Meren Valley*.

Setelah penunjaman, pra-kolisi mulai terjadi dengan naiknya permukaan pada batas lempeng benua Australia bagian utara. Sedimen yang paling muda, Formasi Buru, mulai terangkat. Pada 8 juta tahun yang lalu, kolisi mulai terjadi, dan pengangkatan yang terbesar terjadi pada 6 juta tahun yang lalu. Peristiwa ini mengakibatkan intrusi magma dan vulkanisme terkumpul disepanjang dasar pegunungan, sehingga magma mafik yang berasal dari mantel bagian atas akan mendorong bagian dasar kerak, dan bagian bawah kerak akan bercampur dengan batuan samping yang leleh.

b. Tahap 2 (4-2 juta tahun yang lalu)

Tahap kedua merupakan pembentukan deformasi yang relatif kecil, hanya

ratusan hingga satu kilometer. Arah sesar geser mengiri sejajar dengan arah lapisan batuan. Sesar-sesar geser utama seperti sesar Wanagon, sesar *Ertsberg* I dan II, dan sesar *Meren Valley* memiliki breksi, *dike*, dan mineralisasi yang menunjukkan bahwa sesar geser ini merupakan faktor signifikan dalam terbentuknya delaminasi atau celah intrusi dan permeabilitas untuk mengalirnya fluida hidrotermal.

Pada 2 juta tahun yang lalu, proses magmatik berhenti karena delaminasi berhenti. Bagian astenosfer mendingin dan berubah menjadi mantel litosfer. Pergerakan mendatar diperkirakan memiliki total sejauh 10 kilometer.

2.2. Sejarah PT. Freeport Indonesia



Gambar 4. Tambang Grasberg

PT. Freeport Indonesia, sebagai afiliasi Freeport-McMoRan (FCX) dan *Mining Industry* Indonesia (MIND ID), aktif dalam kegiatan penambangan, eksplorasi, dan pengolahan bijih untuk menghasilkan konsentrat yang mengandung tembaga, emas, dan perak. Konsentrat ini dijual ke pasar global dan smelter tembaga dalam negeri, seperti PT Smelting. Operasional perusahaan terletak di dataran rendah sampai dataran tinggi di kabupaten Mimika, provinsi Papua, Indonesia.

Sejarah pendirian PT. Freeport Indonesia dimulai pada tahun 1936 dengan Ekspedisi Cartenz, oleh A. H. Colijn, F. J. Wissel dan geolog Jean-Jacques Dozy, merupakan kelompok luar pertama yang mencapai gunung gletser Jayawijaya dan menemukan Ertsberg.. Penemuan tersebut kemudian dilanjutkan

oleh Forbes Wilson & Del Flint pada tahun 1963 untuk mencari tau kandungan mineral dalam gunung bijih tersebut. Tahun 1967 Penandatanganan Kontrak Karya (KK) 1 yang merupakan salah satu pionir PMA pertama untuk jangka waktu 30 tahun setelah beroperasi. Tahun 1972 Memulai produksi penambangan dan pengolahan bijih. Pengapalan konsentrat dilakukan pada tahun berikutnya. 1988 penemuan Cadangan Grasberg. Pada tahun 1990-1999 dimana dilakukan Penandatanganan Kontrak Karya (KK) II, yang merupakan pembaharuan KK I, untuk jangka waktu 30 tahun dengan hak perpanjangan s.d. 2 x 10 tahun. Tahun 2004 Memulai investasi proyek pengembangan bawah tanah sebagai kelanjutan dari tambang terbuka Grasberg yang berakhir di tahun 2018. \$9 miliar telah diinvestasikan dan tambahan \$20 miliar akan diinvestasikan sampai dengan 2041. Tahun 2018 Penandatanganan Ijin Usaha Pertambangan Khusus (IUPK) (Freeport, 2024).

2.2.1 Ruang Lingkup Perusahaan



Gambar 5. Pabrik pengolahan

PT. Freeport Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak dalam sektor pertambangan di Indonesia. Perusahaan ini didirikan pada tahun 1967, perusahaan ini menghasilkan konsentrat dengan kandungan tembaga, emas, dan perak yang dijual ke pasar global dan dalam negeri. Ruang lingkup bisnis dari perusahaan ini adalah penambangan dan pengolahan. Kegiatan penambangan melingkupi

eksplorasi dan penambangan bijih tembaga dari tambang yang dimiliki PT. Freeport Indonesia. Kegiatan pengolahan melingkupi kegiatan pengolahan bijih tembaga menjadi konsentrat yang mengandung tembaga, emas, dan perak dengan proses penggerusan, pengapungan, dan pengeringan (Freeport, 2024).

2.3 Konsentrat

Konsentrat adalah produk yang merupakan hasil pemekatan dari *ore*/bijih, dalam hal ini yang dimaksud adalah tembaga yang mengandung kurang lebih 30% tembaga, tetapi juga mengandung emas kadar tinggi dan perak. Kandungan emas lebih bervariasi antara 20 – 70 ppm, sedangkan perak sekitar 60 – 100 ppm.

Pembuatan sampel konsentrat yaitu melakukan pengeboran dan peledakan hingga diperoleh bijih, kemudian dihancurkan dengan ukuran 75 um – 150 um dan dilakukan pemisahan logam Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Pt, dan Si dengan cara *floating* (pengambungan/pengapungan) menggunakan *resin agent* (alkohol + kapur) hingga logam mengapung diatas dan yang mengendap adalah silika (*tailing*/limbah). Sampel konsentrat yang masih banyak mengandung air inditampung dan dikeringkan di *dewatering plant* (DWP). Sampel yang telah kering dengan kadar air dibawah 9% *diloading* dengan bulk ke kapal, dan dilakukan sampling setiap rentang waktu tertentu dan *dicomposite* menjadi satu sampel dalam setiap lot ($\pm$ 2000 ton) (Turan dan Yucel dalam Santoso, 2016).

2.4 Tembaga

Tembaga adalah salah satu metal yang mempunyai warna keemasan tetapi mendekati warna abu-abu, sudah ditemukan sejak zaman dahulu. Tembaga selalu menjadi material terpenting dalam dunia perindustrian, zaman sekarang sering kali digunakan untuk material yang mempunyai berat yang ringan. Tembaga mempunyai konduktivitas panas dan *electrical* yang tinggi selain itu tembaga juga mempunyai *ductility* dan *workability* yang baik dan juga tahan akan korosi yang tinggi (Habashi Fathi, 1997).

Tembaga (Cu) adalah salah satu logam yang mana memiliki struktur kristal *faced-centered cubic*. Di awal peradaban, tembaga dibentuk dengan ditempa menjadi bentuk yang diinginkan atau dengan metode smelting dan casting. Banyak

jenis bijih tembaga seperti oxide (Cuprite), sulfide (chalcopyrite, bournite, covellite), karbonat (malachite dan azurite), atau dalam bentuk silika (chrysocolla). Banyak dari jenis-jenis ore ini ditemukan pada permukaan bumi yang tidak terlalu dalam (Horath, 2001)

Tembaga di alam umumnya berupa mineral tembaga-besi-sulfat dan tembaga-sulfat. Bijih tembaga yang paling umum adalah *sulphides*, *chalcocite*, *Chalcopyrite*, *covellite*, *Bornite*. Konsentrasi mineral tersebut rendah dalam sebuah bijih. Umumnya copper ore mengandung 0,5% (open pit mines) hingga 1 atau 2% Cu (underground mines). Tembaga murni yang diproduksi dari bijih-bijih ini menggunakan metode pembentukan konsentrat, peleburan dan pemurnian. Tembaga juga didapat dari mineral yang teroksidasi, bijih dalam bentuk ini diolah dengan menggunakan metode *hydrometalurgy* (Davenport, 2002).

2.5 Emas

Emas adalah mineral logam mulia yang merupakan salah satu komoditas pertambangan yang utama. Pembentukannya berhubungan dengan naiknya larutan sisa magma ke atas permukaan yang dikenal dengan istilah larutan hidrotermal. Pergerakan larutan hidrotermal dikontrol oleh zona lemah yang membentuk rongga sehingga memungkinkan larutan hidrotermal tersebut bermigrasi dan kemudian terakumulasi membentuk suatu endapan yang terletak di bawah permukaan (Junaedy, 2016).

Dilihat dari kondisi fisik alam, emas juga sebagai mineral yang terbentuk bersama-sama dengan mineral lain dan sebagai hasil dari proses magmatisme yang berasal dalam dapur magma, kemudian menerobos ke atas permukaan dalam lingkungan hidrotermal baik sudah mengalami pelapukan maupun belum terlapuk. Terdapat 2 jenis mineral pembawa bijih emas, yaitu mineral yang mengandung logam dan non logam (*gangue*) baik dalam endapan sulfida rendah maupun endapan sulfida tinggi. Mineral tersebut meliputi kuarsa, adularia, alunit, pirit, kaolinit, smektit/illit, klorit, dan kalkopirit (Faeyumi, 2012).

2.6 Perak

Perak adalah logam yang putih, liat dan dapat ditempa, secara komersial merupakan logam berharga, lambang unsurnya Ag, yang berasal dari Bahasa Latin *Argentum*. Perak termasuk golongan 1B dalam sistem periodik dengan nomor atom 47 dan nomor massa 107,8682. Logam ini mempunyai titik lebur 1235 K dan titik didih 2485 K serta kerapatan yang sangat tinggi yaitu 10,5 gr/mL. Secara kimia perak termasuk logam mulia.

Keterjadian perak biasanya bersamaan dengan emas. Emas dan perak terbentuk dari proses magmatisme atau pengkonsentrasian di permukaan. Beberapa endapan terbentuk karena proses metasomatisme kontak dan larutan hidrotermal, sedangkan pengkonsentrasian secara mekanis menghasilkan endapan letakan (*placer*). Genesa emas dan perak dikategorikan menjadi dua yaitu endapan primer dan endapan plaser. Emas dan perak terdapat di alam dalam dua tipe deposit, pertama sebagai urat (*vein*) dalam batuan beku, kaya besi dan berasosiasi dengan urat kuarsa. Lainnya yaitu endapan atau placer deposit, Dimana emas dari batuan asal yang tererosi terangkut oleh aliran sungai dan terendapkan karena berat jenis yang tinggi (Hidayat, 2014).

2.7 Geometalurgi

Geometalurgi adalah ilmu multidisiplin yang bertujuan mengintegrasikan geologi, mineralogi, pemrosesan mineral, dan metalurgi untuk membangun model manajemen produksi berbasis spasial yang memprediksi secara kuantitatif. Geometalurgi adalah bidang yang berkembang dalam industri pengolahan mineral. Ini menyatukan tugas ahli geologi dan insinyur pemrosesan mineral untuk melakukan perencanaan produksi jangka pendek dan menengah. Namun, perusahaan juga berupaya untuk menangani tugas-tugas jangka panjang seperti perubahan pada lembar alur produksi atau mempertimbangkan skenario yang berbeda (Viktor Lishchuk, 2015).

Geometalurgi adalah tentang mengurangi risiko dalam suatu operasi dengan memahami dan mengelola salah satu variabel potensial terbesar bijih. Hal ini dilakukan melalui pemahaman yang baik tentang geologi, mineralogi, dan

implikasi pemrosesan bijih. Pada akhirnya, manusia harus membongkar apa yang telah dikumpulkan oleh alam, dan pemahaman yang tepat akan memungkinkan hal ini terjadi dengan cara yang paling bertanggung jawab terhadap lingkungan, hemat biaya, dan optimal. Pentingnya mineralogi dan tekstur (yaitu mineralogi proses) terhadap geometalurgi, dan pentingnya memiliki informasi ini sejak tahap perencanaan penambangan dan pengolahan mineral.

Geometalurgi merupakan pendekatan interdisiplin yang menghubungkan karakteristik geologi, geokimia, dan mineralogi dengan performa metalurgi dari suatu *ore body*. Pendekatan geometalurgi untuk perencanaan tambang dan desain pabrik didasarkan pada identifikasi berbagai atribut yang berkontribusi pada nilai realisasi sumber daya. Secara kolektif atribut ini merupakan karakterisasi material dan selain atribut tradisional seperti tingkat komponen ekonomi, termasuk atribut yang kurang tradisional (Zhou, 2013).

2.8 Pengolahan Bahan Galian

Pengolahan Bahan Galian (*Mineral Processing*) adalah proses/operasi dimana bahan galian diolah dengan menggunakan sifat fisika/kimia mineral sehingga menghasilkan produk yang dapat dijual (*concentrate*) dan produk yang tidak berharga (*tailing*) dengan tidak merubah sifat fisik/kimia bahan galian tersebut. Yang dimaksud dengan bahan galian adalah bijih (*ore*), mineral industri (*industrial minerals*) atau bahan galian Golongan C dan batu bara (*coal*).

2.8.1 Mineral Processing di PT. Freeport Indonesia

Berasal dari tambang terbuka Grasberg, atau salah satu dari banyak sumber bawah tanah, hampir 80 juta ton bijih diproses per tahun dengan tingkat penggilingan rata-rata. Biasanya, area Pabrik mengolah 200.000 - 250.000 ton per hari, menjadikannya salah satu sirkuit pemekatan terbesar di dunia. Tambang terbuka saat ini menyumbang lebih dari 70% total produksi sedangkan tambang bawah tanah menyumbang sekitar 30%. Bijih ini digiling dan diolah melalui flotasi buih untuk menghasilkan 6.000 - 8.000 ton konsentrat tembaga sulfida per hari. Emas berasosiasi erat dengan konsentrat tembaga pada tingkat mikroskopis. Tingkat pemulihan tembaga dan emas masing-masing adalah 85-90% dan 80-86%.

Pada tahun 2008, konsentrator tersebut memproduksi 1,1 miliar pon tembaga dan 1,2 juta ton emas yang terkandung dalam produksi konsentrat hampir 2 juta ton. Konsentrat ini memiliki kadar tembaga sekitar 28% dan kadar emas 20 gram per ton. Tahun 2007 merupakan tahun yang lebih baik dalam hal produksi logam masing-masing sebesar 1,2 miliar pon dan 2,6 juta ons. Data ini juga menggambarkan sifat siklus produksi logam, yang hampir seluruhnya bergantung pada waktu dan laju produksi bijih dari berbagai tekanan balik di tambang terbuka. Karena penambangan terbuka dijadwalkan untuk menghentikan produksinya pada tahun 2016, konsentrator akan beralih ke pengolahan bijih yang seluruhnya berasal dari tambang bawah tanah.

Bijih yang dikirim dari tambang mengandung mineral berharga yang sebagian besar berupa kalkopirit (CuFeS_2), bornit (Cu_5FeS_4), kalkosit (Cu_2S), kovelit (CuS), emas (Au), dan perak (Ag). Sebagian besar komponen mineral gangue berasosiasi dengan berbagai kompleks silikat bersama dengan sejumlah kecil pirit (FeS_2). Proses pemisahan yang terjadi setelah bahan digiling, mengkonsentrasikan sebagian besar mineral berharga dalam konsentrat akhir, sedangkan mineral gangue disebut sebagai “tailing” dan disimpan di fasilitas penampungan rekayasa di dataran rendah, mulai dari pengiriman bijih hingga pemuatan kapal di Pelabuhan Amamapare.

Adapun tahap pengolahan bijih dimulai dari :

1. *Crushing*

Penghancuran bijih primer adalah proses yang mengurangi ukuran partikel bijih dengan mengompresi partikel bijih, sehingga mengakibatkan pecahnya material menjadi partikel yang lebih kecil. Hal ini dicapai melalui tumbukan atau gaya “cubitan” tekan yang diterapkan oleh penghancur. Penghancuran terjadi ketika bijih run-of-mine yang lebih besar dari celah antara mantel dan cekung dipecah cukup kecil untuk melewati celah tersebut. Biasanya, celah ini diatur pada ukuran produk akhir 6 inci atau lebih kecil.

Penghancuran tahap sekunder dan tersier mirip dengan penghancuran primer, tetapi memiliki celah yang semakin kecil yang pada akhirnya akan dapat menghasilkan ukuran yang kecil yang diperlukan untuk memasukkan bijih ke area penggilingan. Untuk meningkatkan efisiensi operasi penghancuran, penghancur

sering dikombinasikan dengan penyaring. Layar kering dan basah digunakan di berbagai area proses.



Gambar 6. *Crusher gyratory* di tambang terbuka Grasberg.

2. *Grinding*

Biasanya, setiap operasi yang mengurangi ukuran bijih dari ukuran *run-of-mine* menjadi kurang lebih 2 cm disebut sebagai penghancuran, sedangkan unit operasi yang mengurangi material melebihi ukuran ini disebut sebagai penggilingan. Dalam kasus konsentrator di PTFI, pembedaannya didasarkan pada jenis pabrik yang digunakan dalam pengoperasiannya (gambar 7).

Semi Autogenous Grinding mill (SAG mill) menggabungkan beberapa atribut penghancur dengan memberikan kekuatan tumbukan, namun juga memberikan aksi penggilingan melalui abrasi. Pada dasarnya, mesin ini adalah pabrik penggilingan yang mampu mengolah bijih yang sangat kasar dibandingkan dengan *ball mill*, namun mengorbankan kemampuan ukuran penggilingan akhir. Oleh karena itu, pabrik SAG sering dipasangkan dengan Pabrik Bola untuk menghasilkan lembar alur penggilingan yang sederhana dan efisien yang tidak memerlukan langkah penggilingan sekunder dan tersier untuk melakukan pengolahan awal bijih sebelum diumpankan ke *ball mill* (gambar 8).

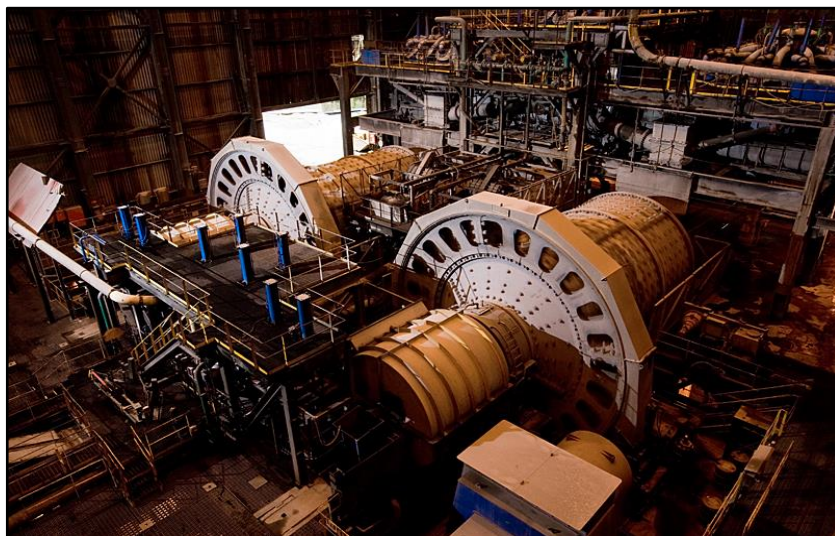
Di dalam Pabrik SAG, sejumlah besar bola baja (diameter 125-140 mm) diangkat dan dijatuhkan ke bawah untuk menghasilkan benturan dan gaya atrisi/abrasi pada bijih. Diameter pabrik SAG membantu menentukan gaya tumbukan partikel bijih, karena bola terangkat oleh rotasi pabrik, hanya untuk

menabrak muatan di pabrik. Gaya tumbukan dari bola baja dan batuan yang lebih besar mengandung energi kinetik yang cukup sehingga menghancurkan bijih menjadi potongan-potongan yang lebih kecil dan dapat lolos melalui pelepasan parutan pabrik. Terdapat dua pabrik SAG di PTFI, yaitu SAG 1 pabrik berdiameter 36 ft di C3 dengan daya terpasang 12,5 MW dan SAG 2 pabrik berdiameter 38 ft dengan daya terpasang 19,4 MW.



Gambar 7. *SAG mill*

Seperti pada *SAG Mill*, *ball mill* diisi dengan bola baja yang berfungsi sebagai media penggilingan karena ukuran umpan *ball mill* lebih kecil dibandingkan *SAG Mill*, maka ukuran bola baja relatif lebih kecil yaitu diameter 50-60 mm.



Gambar 8. *Ball mill*

3. Flotasi

Flotasi buih mineral adalah salah satu kemajuan terpenting dalam metalurgi pada abad terakhir. Proses ini memungkinkan ekstraksi logam secara efisien dan menguntungkan dari endapan yang sebelumnya dianggap tidak ekonomis. Bahkan deposit Grasberg dan DOZ (*Deep Oore Zone*) akan memiliki kadar yang terlalu rendah untuk diproses secara efektif tanpa flotasi guna menghasilkan produk yang dapat dijual.

Pada dasarnya, flotasi buih menggunakan sifat permukaan berbagai mineral untuk mengapungkannya atau menekannya ke tailing. Berdasarkan sifatnya, permukaan sulfida (kalkopirit, bornit, pirit, dll.) bersifat hidrofobik atau tahan terhadap pembasahan air. Di sisi lain, kuarsa dan hampir semua mineral gangue cenderung bersifat hidrofilik, artinya mudah dibasahi oleh air. Dengan menggunakan pengumpul, pembuih, dan kapur, kecenderungan alami permukaan dapat ditingkatkan dan digunakan secara menguntungkan untuk mengumpulkan mineral berharga. Dalam proses flotasi, bubur dari luapan siklon ball mill ditambahkan ke berbagai tangki di mana udara dialirkan ke dalamnya untuk menciptakan gelembung-gelembung kecil. Sifat hidrofobik dari permukaan sulfida tertarik pada gelembung dan setelah menempel, partikel tersebut “melayang” ke permukaan tangki tempat mereka dikumpulkan sebagai konsentrat. Mineral gangue cenderung dibasahi oleh air dan tidak mudah menempel pada gelembung sehingga pemisahan utama terjadi ketika gangue tenggelam dan material sulfida mengapung. Dengan penghilangan mineral gangue, konsentrasi logam berharga dalam con meningkat pesat hingga 10-15 kali lipat dari proses flotasi pertama.

Di PTFI, dua jenis kolektor digunakan untuk meningkatkan sifat permukaan mineral sulfida. Kolektor primer merupakan reagen berbahan dasar natrium ditiofosfat, dan lebih selektif dibandingkan kolektor sekunder yang berbahan dasar natrium isobutil xantat. Kapur berfungsi untuk mengatur PH pada tingkat yang tepat selama proses flotasi. Buih digunakan untuk menstabilkan gelembung udara yang dihasilkan dan memberikan peluang lebih besar bagi bahan sulfida untuk menempel pada gelembung.

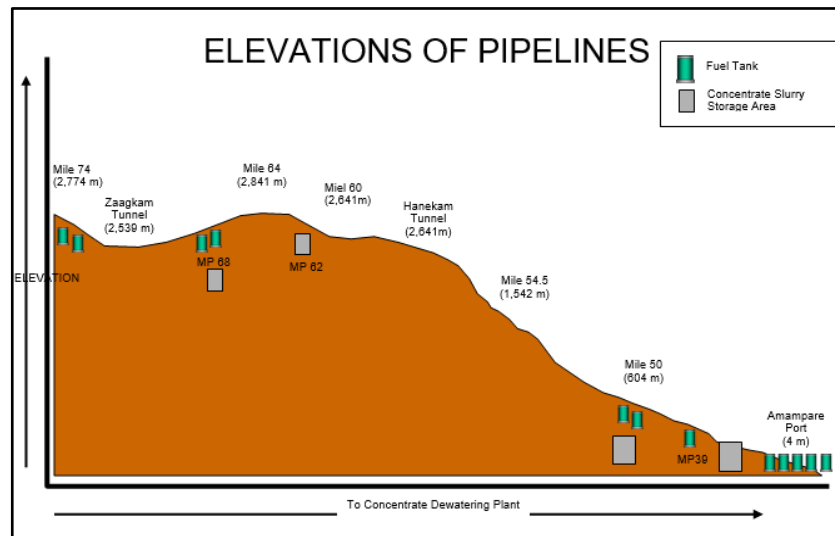


Gambar 9. Gelembung udara pada saat proses flotasi.

4. *Dewatering*

Di Pabrik *Dewatering plant* di Portsie, konsentrat dari pipa disaring, dikeringkan, dan ditumpuk di gudang penyimpanan untuk menunggu dimuat ke kapal. Filter yang digunakan adalah filter vakum cakram putar yang dirangkai seri dengan pengering gas putar, atau sebagai alternatif filter VPA. Konsentrat dikeringkan dalam kedua proses hingga kadar air akhir sekitar 8,5%. Pada tingkat kelembapan ini, konsentrat mudah dimuat, namun tidak menimbulkan banyak debu yang mengganggu.

Konsentrat ditimbang dan diambil sampelnya dengan hati-hati untuk memastikan pembayaran yang akurat diterima untuk produk akhir. Bubur konsentrat dipompa ke pabrik dewatering di Pelabuhan Amamapare dengan laju aliran volumetrik rata-rata 500-550 galon per menit. Pada aliran ini, bubur konsentrat tiba di Pelabuhan Amamapare setelah 18-22 jam pemompaan. Setelah diperoleh kembali dalam flotasi, bubur konsentrat akhir dibuang ke salah satu dari beberapa tangki pengental bubur konsentrat. Tujuan dari pengentalan konsentrat ada dua yakni untuk memulihkan air proses yang terkandung dalam bubur untuk didaur ulang kembali ke flotasi dan penggilingan, serta pengurangan volume bubur konsentrat untuk massa konsentrat tertentu. Pada kepadatan aliran bawah yang lebih tinggi, kandungan airnya lebih rendah, yang berarti pada kecepatan tertentu di dalam pipa, perpindahan massa padatan jauh lebih tinggi. Hal ini meningkatkan efisiensi pemanfaatan pipa dan membuat proses pengeringan menjadi lebih mudah.



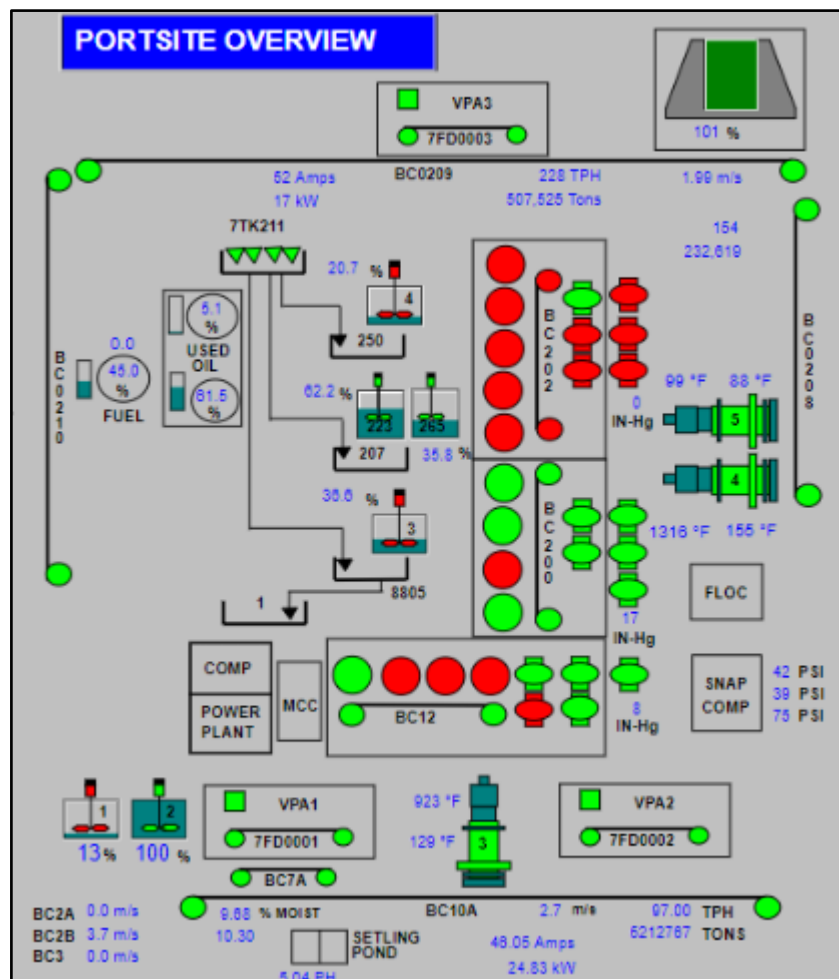
Gambar 10. Topografi atau ketinggian pipa.

Tingkat elevasi pipa dari stasiun pompa di area konsentrator hingga Pelabuhan Amamapare dimana bubur konsentrat dipompa mulai dari ketinggian 2.774 meter. Setelah menempuh jarak 16 kilometer (lokasi Mile 64), pipa berada pada ketinggian 2.841 meter dan kemudian turun ke ketinggian 2.641 meter di dekat Terowongan Hannekam yang terletak 25 kilometer dari stasiun pompa. Penurunan paling tajam terjadi antara *Mill 58* dan *Mill 50*, dengan penurunan 2.000 meter hanya dalam jarak 13 km. 80 km berikutnya dari *Mill 50* ke Portsitus hanya mengalami penurunan bertahap ke permukaan laut di Pelabuhan Amamapare (gambar 10).



Gambar 11. VPA (vertical pressure air blow)

Proses pabrik dewatering dirancang untuk menghasilkan konsentrat yang mudah ditangani dan dapat dimuat ke kapal dan diangkut ke tujuan akhir. Pengalaman panjang dan berbagai kontrak smelter menetapkan kadar air 7-10 %. Pabrik ini dilengkapi dengan 3 unit filter cakram vakum, pengering putar, dan 1 unit hembusan udara bertekanan vertikal atau VPA (*vertical pressure air blow*) yang menargetkan kadar air akhir di bawah 9,0%. Konsentrat dikeringkan secara bertahap dengan menggunakan dua proses berbeda. Proses pertama merupakan kombinasi filter cakram vakum dan pengering putar. Proses kedua adalah memfilter dengan VPA. Produk dari kedua proses tersebut dicampur dan dikirim ke gudang konsentrat menggunakan ban berjalan. Selanjutnya produk ini dimuat ke kapal untuk dikirim ke pelanggan domestik dan internasional.



Gambar 12. Portsitedewatering plant overview

Pada proses penyaringan dengan VPA (*vertical pressure air blow*), slurry konsentrat dapat dibuang langsung dari pipa 3 atau 4 ke TK 2. Kemudian, slurry

konsentrat dipompa dan dikompresi di dalam VPA (*vertical pressure air blow*) hingga kadar air kurang lebih 9%. Proses VPA (*vertical pressur* pada dasarnya adalah penyaring konsentrat mekanis yang menggunakan hembusan udara bertekanan untuk lebih mengurangi kadar air sesuai spesifikasi target. Konsentrat kering langsung jatuh ke *conveyor belt* 7BC-10A yang dicampur dengan produk dari *Rotary Dryer* 3, 4, dan 5. Pemasangan VPA ini dilakukan untuk memenuhi komitmen perusahaan dalam memanfaatkan bahan bakar secara lebih efisien, dan menggunakan kembali/mendaur ulang sumber daya yang berharga.

Konsentrat kering dari *Rotary Dryer* dan VPA (*vertical pressure air blow*) dikirim ke tiga lumbung penyimpanan konsentrat melalui *conveyor belt* 7BC10A. Dari inventaris gudang, con dimuat ke kapal untuk dikirim ke pelanggan akhir. Pada tahap ini, konsentrat kering perlu ditimbang dan diambil sampelnya. Terdapat dua lokasi pengambilan sampel konsentrat; BC-10A dan BC-2A/2B. Pengambilan sampel pada BC-10A dilakukan untuk mengetahui berapa banyak logam yang ada di dalam barn yang akan disimpan, sedangkan sampel BC2A/2B menunjukkan kandungan logam yang dimuat ke kapal.



Gambar 13. Pengapalan Konsentrat

Konsentrat yang keluar dari tempat penyimpanan melalui *conveyor belt* BC-2A/2B yang terletak di rumah timbangan dibawa ke kapal dengan menggunakan *conveyor* tertutup untuk mengurangi emisi debu.

2.9 *Quality Control* dan Pengambilan Sampel

Quality Control (QC) atau pengendali mutu. *Quality Control* sangatlah dapat diperlukan dalam berbagai sektor industri, mulai dari suatu manufaktur hingga sebuah produksi tangan. Tugas umum dari QC yaitu untuk dapat memeriksa secara visual untuk bisa menguji produk. Pemeriksaan suatu produk dapat berlangsung sebelum, selama dan setelah proses dalam produksi. Pengujian ini dapat dilakukan secara manual, atau juga ada yang menggunakan sebuah bantuan teknologi. Tergantung dari sektor industri di mana *Quality Control* tersebut bekerja, pada dasarnya *Quality Control* dapat melakukan pengecekan untuk menjamin mutu produk. *Quality Control* yakni suatu proses yang pada intinya yang dapat menjadikan entitas sebagai peninjau kualitas dari semua faktor yang terlibat dalam suatu kegiatan produksi. Pengendalian mutu atau juga pengendalian kualitas yang dapat melibatkan pengembangan sistem untuk bisa memastikan bahwa produk dan jasa dirancang dan diproduksi untuk dapat memenuhi atau melampaui persyaratan dari para pelanggan maupun produsen sendiri (Julian Fajri, 2022).

Pengambilan sampel merupakan komponen penting di seluruh rantai nilai tambang, itu termasuk pengambilan sampel baik material insitu maupun material pecah untuk geologi (pengendalian sumber daya dan kadar), *geoenvironmental*, dan tujuan geometalurgi. Kesalahan pengambilan sampel menghasilkan kerugian moneter dan tidak berwujud. Data yang dihasilkan harus sesuai dengan tujuan agar dapat berkontribusi pada Sumber Daya Mineral atau Cadangan Bijih dilaporkan sesuai. Jaminan kualitas atau kontrol kualitas sangat penting untuk menjaga integritas data melalui dokumentasi prosedur, keamanan sampel, dan pemantauan presisi, akurasi, dan kontaminasi. Sampel dan pengujian terkait merupakan masukan penting dalam pengambilan keputusan penting di seluruh rantai nilai tambang.

Sekali kesalahan pengambilan sampel terjadi, kesalahan tersebut akan menyebar melalui semua proses selanjutnya yang berkontribusi terhadap ketidakpastian hasil akhir dan keputusan apa pun yang dibuat berdasarkan hal tersebut. Konsekuensi finansial dari pengambilan sampel kontrol kadar yang kurang optimal dapat menjadi signifikan dan berhubungan dengan keputusan operasional yang salah, perkiraan cadangan yang buruk, berkurangnya umur

tambang, dan rekonsiliasi yang buruk.

Kerugian finansial ini timbul akibat kesalahpahaman terhadap faktor-faktor utama yang mempengaruhi besar kecilnya kesalahan pengambilan sampel, seperti massa sampel, pengaruh pemisahan sampel untuk memperkecil massa, dan pengaruh ukuran nominal partikel. Penanganan dan pengolahan bahan sampel tanpa mempertimbangkan karakteristik pengambilan sampel dari bahan yang diambil sampelnya merupakan sumber utama kesalahan pengambilan sampel (misalnya, mineralisasi yang didominasi emas kasar atau emas murni) (Dominy, Simon C, 2018).

2.9.1 Pengambilan Sampel Manual dari Aliran Konsentrat

Pengambilan sampel manual dapat dilakukan berdasarkan massa atau waktu, asalkan akses tersedia ke seluruh aliran konsentrat dan tidak ada risiko bagi keselamatan operator. Terkait dengan keselamatan operator, kode keselamatan yang berlaku dari Otoritas Pengatur harus dihormati. Pengambilan sampel harus dilakukan dengan mengambil satu potongan tunggal atau beberapa potongan di seluruh aliran konsentrat menggunakan alat pengambil sampel. Perlu diambil langkah-langkah untuk meminimalkan perubahan dalam kandungan kelembaban, baik selama maupun setelah pengambilan sampel. Pengambilan sampel dari aliran jatuh dapat dilakukan menggunakan alat bantu mekanis, termasuk perangkat yang membantu secara mekanis. Pemotong manual harus mematuhi persyaratan untuk pengambilan sampel aliran menggunakan pemotong manual. Penyendok sampel dapat digunakan untuk pengambilan sampel konsentrat dari *belt conveyor* (ISO 12743:2006).

2.9.2 Pengambilan Sampel Dengan Mekanik dari Aliran Konsentrat

Terdapat berbagai macam perangkat sampling mekanis, sehingga tidak mungkin menentukan jenis tertentu yang harus digunakan untuk aplikasi sampling tertentu. Namun, perangkat sampling yang dipilih harus melewati uji bias, yaitu harus tidak bias. Dalam hal ini, perhatian khusus harus diberikan untuk meminimalkan perubahan dalam kandungan kelembaban, misalnya dengan meminimalkan penurunan vertikal, menghilangkan aliran udara, dan menghindari

laju aliran rendah (ISO 12743:2006).

2.10 Pengendalian Kualitas Konsentrat dan Jaminan Kualitas Konsentrat PT. Freeport Indonesia

Diperlukan sistem pengambilan sampel dan analisis yang kuat dan akurat untuk mendukung proses produksi. Analisis data dari pengambilan sampel perlu untuk mengendalikan operasional pengolahan bijih, menghasilkan laporan produksi yang akurat, dan merinci jumlah konsentrat yang akan dikirim. Pemotong sampel otomatis dan sistem penganalisis online *x-ray* dipasang di keempat konsentrator dengan tujuan utama untuk menyediakan sampel yang representatif dan mendapatkan hasil analisis langsung. Hasil analisis digunakan sebagai parameter kontrol untuk mengoptimalkan berbagai proses produksi. Terdapat 19 unit penganalisis in-stream Amdal dan dua unit penganalisis on-stream Outokumpul yang dapat mengakomodasi hampir semua kebutuhan *on-line*. Untuk menjamin kualitas analisis terbaik, terdapat dua fasilitas laboratorium yaitu lab utama di MP-74 dan lab pendukung di Portsite. Kedua laboratorium ini dilengkapi dengan *Laboratory Information Management System* (LIMS) dan metode pengambilan sampel serta analisisnya sesuai standar internasional. LIMS berguna untuk otomasi dan pengelolaan data, sedangkan prosedur analisis dan pengambilan sampel mengacu pada standar internasional seperti ISO, ASTM, JIS, dan IMO. Setiap tahun, ada lebih dari 320.000 sampel dan menghasilkan 910.000 pengujian.

Pengiriman konsentrat tidak hanya mencakup proses pengukuran kuantitas dan kualitas logam dalam konsentrat yang akan dikirim, namun juga menjamin keamanan dalam pengiriman konsentrat. Kebijakan dan peraturan perundang-undangan yang berlaku dari *International Maritime Organization*. Patuhi untuk memastikan aktivitas pengiriman konsentrat dilakukan sesuai dengan aspek teraman dalam pengiriman konsentrat. Dua ban berjalan paralel yang dilengkapi dengan timbangan timbang dipasang di rumah timbangan. Timbangan diperlukan untuk mengukur berat konsentrat untuk pengiriman. Untuk menjamin keakuratan timbangan, perawatan dan kalibrasi timbangan dilakukan secara berkala. Kalibrasi jangka pendek dilakukan secara internal, sedangkan kalibrasi jangka panjang dilakukan oleh lembaga eksternal setiap tahunnya, seperti Balai Metrologi Papua.

Lembaga ini memberikan stempel pemeriksaan dan kalibrasi yang dapat digunakan pada setiap timbangan yang dikalibrasi. Selain itu, petugas bea cukai memantau dan mengawasi langsung berat konsentrat yang dikirimkan melalui monitoring lapangan. Standar internasional ISO digunakan untuk pengambilan sampel dan penanganan penentuan kadar air dan logam dalam konsentrat. Sistem pengambilan sampel otomatis digunakan untuk memastikan pengambilan sampel konsentrat dilakukan secara akurat. Dalam analisis dan penanganan sampel, pihak ketiga yang independen juga dilibatkan untuk memastikan pengendalian kualitas dalam prosesnya (PT. Freeport, 2021)

2.11 Analisis Sampel Konsentrat

Analisis kadar konsentrat pada laboratorium PT. Sucofindo yang bekerja sama dengan PT. Freeport Indonesia untuk menganalisis kadar konsentrat yakni menggunakan metode *fire assay* secara gravimetri untuk menentukan kadar emas, menggunakan metode titrasi untuk menentukan kadar tembaga dan menggunakan metode ICP (*Inductively Coupled Plasma*) untuk menentukan kadar perak.

2.11.1 Metode Fire Assay

Metode *Fire assay* adalah metode kuantitatif dalam kimia analitik untuk menentukan logam mulia seperti emas, perak yang ditentukan melalui ekstraksi dengan cara peleburan (*fusion*) dan menggunakan pereaksi kimia kering (*flux*). Metode ini masih dipercaya sebagai metode pengujian kadar emas yang termurah dan terakurat hingga saat ini, bahkan kemampuan dari metode ini bisa menyamai pengujian kadar emas dengan menggunakan mesin sinar-x. Tingkat akurasi dari metode *fire assay* bisa mencapai 0,04%, dan sangat ideal jika dilakukan pada objek dengan kadar emas antara 33%-92% (Supriadidjaja, 2007).



Gambar 14. Metode *Fire assay*

2.11.2 Gravimetri

Analisis gravimetri adalah suatu bentuk analisis kuantitatif yang berupa penimbangan, yaitu suatu proses pemisahan dan penimbangan suatu komponen dalam suatu zat dengan jumlah tertentu dan dalam keadaan sempurna mungkin. Penimbangan disini merupakan penimbangan hasil reaksi setelah zat yang dianalisis direaksikan. Hasil reaksi dapat berupa sisa bahan atau suatu gas yang terjadi atau suatu endapan yang dibentuk dari bahan yang dianalisis (Darusman, 2001).

Gravimetri merupakan cara analisis tertua dan paling murah. Hanya saja gravimetri memerlukan waktu yang relatif lama dan hanya dapat digunakan untuk kadar komponen yang cukup besar. Suatu kesalahan kecil, secara relatif akan berakibat besar. demikian gravimetri masih dipergunakan untuk keperluan analisis karena waktu pengerjaannya yang tidak perlu terus-menerus dilakukan analisis karena setiap tahapan pengerjaan memakan waktu yang cukup lama. Sebagian analisis gravimetri menyangkut unsur yang akan ditentukan menjadi senyawa murni yang stabil dan mudah diubah ke dalam bentuk yang dapat ditimbang. Berat hasil reaksi dapat dihitung dari rumus dan berat atom senyawa yang ditimbang. Pengendapan merupakan teknik yang paling luas penggunaannya. Hal terpenting dalam pengendapan suatu hasil reaksi adalah kemurniannya dan kemudahan penyaringan yang pasti dilakukan dalam teknik pengendapan (Khopkar, 1990).

2.11.3 Titrasi

Titration merupakan suatu proses analisis dimana suatu volume larutan standar ditambahkan ke dalam larutan dengan tujuan mengetahui komponen yang tidak dikenal. Larutan standar adalah larutan yang konsentrasinya sudah diketahui secara pasti.



Gambar 15. Metode titrasi

Iodometri merupakan salah satu metode analisis kuantitatif volumetri secara oksidimetri dan reduksimetri melalui proses titrasi. Titrasi oksidimetri adalah titrasi terhadap larutan zat pereduksi (reduktor) dengan larutan standar zat pengoksidasi (oksidator). Titrasi reduksimetri adalah titrasi terhadap larutan zat pengoksidasi (oksidator) dengan larutan standar zat pereduksi (reduktor). Oksidasi adalah suatu proses pelepasan satu elektron atau lebih atau bertambahnya bilangan oksidasi suatu unsur. Reduksi adalah suatu proses penangkapan satu elektron atau lebih atau berkurangnya bilangan oksidasi dari suatu unsur. Reaksi oksidasi dan reduksi berlangsung serentak, dalam reaksi ini oksidator akan direduksi dan reduktor akan dioksidasi sehingga terjadilah suatu reaksi sempurna.

Pada titrasi iodometri secara tidak langsung, natrium tiosulfat digunakan sebagai titran dengan indikator larutan amilum. Natrium tiosulfat akan bereaksi dengan larutan iodine yang dihasilkan oleh reaksi antara analit dengan larutan KI berlebih. Sebaiknya indikator amilum ditambahkan pada saat titrasi mendekati titik ekuivalen karena amilum dapat membentuk kompleks yang stabil dengan iodine (Regina, 2008).

2.11.4 ICP (Inductively Coupled Plasma)



Gambar 16. ICP (Inductively Coupled Plasma)

ICP-MS termasuk metode analisis komparatif yang memerlukan standar unsur pembanding. Untuk menganalisis larutan sampel digunakan larutan standar multi-unsur. Ada tiga cara standarisasi yang dapat dilakukan kalibrasi eksternal (external calibration), penambahan standar dan pengenceran isotop (isotope dilution) (Rukihati, 2003).

Inductively Coupled Plasma-Mass Spectromete adalah seperangkat alat untuk menentukan unsur dan isotop secara simultan yang terkandung dalam berbagajenis cuplikan. Alat ini adalah gabungan plasma (ICP = *Inductively Coupled Plasma*) sebagai sumber ionisasi dengan spektrometer massa (MS = *MasSpectrometer*) sebagai pemilah dan pencacah ion. Metode analisis ini dikenal dan lazim disebut metode ICP-MS. Semula ICP banyak digunakan sebagai sumbeeksitasi untuk spektrometri emisi, sebagaian besar unsudapat diionisasi dengan efisien dalam ICP. Dengan alasan inilah ICP digunakan sebagai sumber ion dalam ICP-MS. Dalam penggunaannya, ada dua keuntungan utama metode ICP-MS, pertama, spektra massa yang sederhana, yaitu 1 - 10 spektrum berasal dari isotop unsur yang ada di alam; kedua, gangguan antar-unsur dapat diprediksi. Keuntungan lainnya, ICP-MS adalah metode analisis multi unsur, yaitu dalam waktu yang bersamaan banyak (lebih dari 30) unsur dapat ditentukan secara serempak, serta mempunyai batas penentuan (*limit detection*) yang rendah (Rukihati, 2006).