

Pengaruh Setingan Pada Alat *High Tension Roll Separator* (HTRS) Untuk Mendapatkan *Zircon High Grade* di Amang Plant, PT TIMAH Tbk, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

Chairul Akhyar^{1,*}, Fadhilah¹

¹Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

*chairulakhyar01@gmail.com

Abstract. Keterdapatannya timah di Kepulauan Bangka Belitung disebabkan karena tubrukan antara lempeng Sibumasu dan lempeng Indo-China menghasilkan magma yang bersifat asam. Magma ini kemudian menembus permukaan dan mengeras menjadi batuan granit. (intrusi granit). Batuan granit ini merupakan batuan pembawa bijih timah dan mineral ikutannya (*zircon, monasite, xenotime, dan yang lainnya*). Endapan bijih timah ini terbagi atas dua yaitu endapan timah primer (batuan induk) dan sekunder (endapan tersebut terendapkan akibat dari proses pelapukan, erosi, transportasi, dan sedimentasi). *Zircon*, sebagai salah satu mineral tambahan dari timah, memiliki beragam manfaat di industri keramik, industri kimia, sebagai bahan tahan api, dan di berbagai bidang lainnya. Oleh karena itu, mineral ini memiliki nilai ekonomi yang signifikan. Dilatar belakangi hal tersebut Bidang Pengolahan Mineral (BPM) Unit Pengolahan, Muntok melakukan proses pemisahan antara mineral *casiterite* dan mineral *zircon* pada bijih timah berdasarkan sifat kelistrikan mineral dan menggunakan alat *High Tension Roll Separator* (HTRS). BPM menetapkan standar khusus untuk mineral *zircon* yang dapat dilakukan penyimpanan yaitu dengan kadar *zircon* > 80% dan kadar Sn < 1,5%. Namun, pada umumnya proses pengolahan dilakukan lebih dari satu kali untuk memenuhi syarat. Oleh karena itu akan dilakukan analisis mengenai variabel alat HTRS yang mempengaruhi kadar dan *recovery zircon* sehingga pada satu kali proses pengolahan bisa diperoleh kadar *zircon* yang memenuhi syarat penyimpanan. Pada penelitian ini umpan yang akan dilakukan pengolahan adalah *zircon low grade* dengan kadar *zircon* 55,79 % dan kadar Sn 9,60%, kemudian akan dilakukan variasi pengaturan kombinasi antara tegangan elektroda, kecepatan *separation roll*, dan bukaan *splitter position* sebanyak 27 kali. Tegangan elektroda yaitu pada tegangan 18 kV, 20 kV, dan 22 kV. Pengaturan kecepatan *separation roll* yang digunakan yaitu 18 rpm, 20 rpm, dan 22 rpm. Bukaan *splitter position* 0-7 cm, 7-14 cm, dan 14-21 cm. Dari percobaan tersebut diperoleh efektivitas hasil pemisahan mineral *zircon* menggunakan *High Tension Roll Separator* terdapat pada pengaturan tegangan elektroda 20 kV dan kecepatan *separation roll* 20 rpm dengan bukaan *splitter position* 0-7 cm dengan kadar mineral *zircon* sebesar 89,68% dan kadar Sn 0,37%, serta *recovery* mineral *zircon* yaitu sebesar 61,70%.

Keywords: Kadar *zircon*, tegangan elektroda, kecepatan *separation roll*

1 PENDAHULUAN

Perusahaan PT Timah Tbk adalah salah satu perusahaan milik negara yang berfokus pada industri pertambangan, berlokasi di Provinsi Bangka Belitung. Bijih timah menjadi komoditas utama yang diekstraksi dan diolah dengan target memperoleh kadar Sn >70% agar memenuhi kriteria peleburan. Adapun upaya untuk meningkatkan kadar Sn dalam bijih timah dengan memisahkan mineral pembawa Sn (*cassiterite*) dengan mineral ikutannya. Mineral ikutannya ini tidak semata menjadi pengotor saja, melainkan juga ada yang bernilai

ekonomis yang tergolong ke Logam Tanah Jarang (LTJ). Salah satu mineral ikutan timah yang bernilai ekonomis adalah mineral *zircon*. Hal ini disebabkan oleh perkembangan yang signifikan dalam pemanfaatan bijih timah di Indonesia dalam beberapa sektor industri, termasuk industri keramik, gelas PSZ (*Partially Stabilized Zirconia*), tepung *zircon* (*micronized zircon*), kimia *zirconium*, bata tahan api (*refractory*), dan pasir cetak. PT Timah telah melakukan upaya untuk memisahkan mineral utama dan ikutan ini, salah satunya dengan menggunakan alat *High Tension Roll Separator* (HTRS). Proses pemisahan mineral ikutan menggunakan

HTRS didasarkan pada sifat konduktivitas dari mineral-mineral tersebut dengan luaran produk *conductor*, *non-conductor*, dan *middling*.

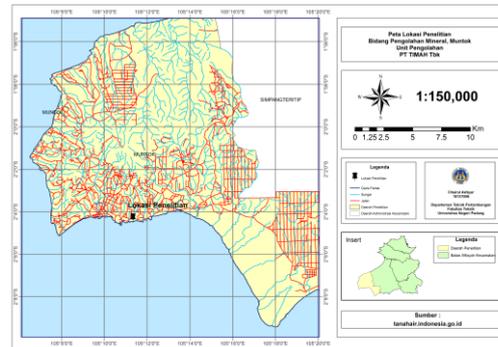
Parameter kecepatan *separation roll*, *splitter position* dan tegangan elektroda alat *High Tension Roll Separator* (HTRS) mempengaruhi perolehan kadar dan *recovery* mineral *zircon*. Kecepatan *separation roll* mempengaruhi karakteristik aliran *feed* pada *roll*. Apabila kecepatan *separation roll* terlalu tinggi maka produk *conductor* kemungkinan banyak mengandung mineral *zircon*, sehingga kadar mineral *zircon* yang diperoleh. Apabila tegangan pada elektroda ditingkatkan, maka hanya mineral dengan konduktivitas tinggi yang akan tertampung ke produk *conductor*, sedangkan mineral – mineral lainnya terlempar ke produk *non-conductor*. Penyetelan ini sangat perlu dilakukan agar perilaku mineral pada saat proses pemisahan berjalan dengan baik tidak terjadi *liffing effec* dan *pinning effect*. *Liffing effect* merupakan keadaan mineral terlempar ke atas dari permukaan *roll* akibat arus listrik yang sangat kuat sedangkan *pinning effect* meruakan keadaan dimana tidak terjadi proses pemisahan akibat pengaruh arus listrik yang lemah [1]. Selain itu posisi *splitter position* juga mempengaruhi hasil dari produk alat *High Tension Roll Separator* (HTRS). Jika bukaan spliter terlalu besar maka kadar dari produk akan menurun karena tercampur dengan mineral yang lain, namun *recovery* akan meningkat.

Pada tingkat persentase kadar dan ukuran butir tiap mineral diperlukan setingan yang berbeda. Hal ini terjadi karena pada pemisahan mineral harus didasari pada sifat konduktivitas mineral tersebut. Sehingga sebelum dilakukan pengolahan perlu ditentukan kadar dan kandungan mineral dominan pada *feed* tersebut. Standar perusahaan untuk pengolahan *zircon* berbeda beda, untuk tegangan pada elektroda antara 18 kV, 20 kV, dan 22 kV sedangkan untuk kecepatan *separation roll* antara 18 rpm, 20 rpm, dan 22 rpm. Pada *feed* dengan kadar mineral *zircon* sebesar 55,79 % dan kadar Sn sebesar 9,60 % diperlukan mencari setingan yang tepat baik itu tegangan pada elektroda, kecepatan *separation roll*, dan bukaan *splitter position* supaya tidak terjadi proses ulang dan pengolahan optimal.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Penelitian ini dilaksanakan di Amang Plant Bidang Pengolahan Mineral (BPM) PT TIMAH Tbk, Kecamatan Muntok, Kabupaten Bangka Barat, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, dimana secara geografis terletak pada koordinat 2°04'22,5" Lintang Selatan dan 105°10'44,8" Bujur Timur. Kecamatan Muntok berjarak 871,1 kilometer dari kota Padang, yang ditempuh melewati jalan lintas Sumatera kurang lebih selama 22 jam. Kemudian dilanjutkan dengan menyeberang kapal dari Pelabuhan Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan selama 3,5 jam hingga sampai di Pelabuhan Tanjung Kalian, Muntok. Peta lokasi BPM Muntok PT TIMAH Tbk dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.

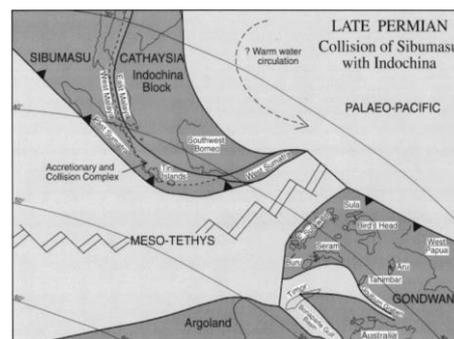


Gambar 1. Peta Lokasi BPM PT TIMAH Tbk

2.2 Geologi Regional

2.2.1 Struktur Geologi dan Tektonik Pulau

Pulau Bangka menunjukkan berbagai struktur geologi termasuk kelurusan, kekar, lipatan, dan patahan. Lipatan batuan, seperti Formasi Tanjung Genting dan Formasi Ranggung, menunjukkan arah sumbu timur laut-barat daya dengan kemiringan signifikan antara 18° -75°, menandakan adanya aktivitas tektonik yang besar. Penyebaran batuan plutonik mengikuti arah lipatan dan terletak di inti antiklin. Garis pantai Pulau Bangka juga mengikuti arah struktur geologi, terutama sumbu lipatan. Kehadiran arah sumbu lipatan yang tidak teratur mungkin disebabkan oleh deformasi batuan yang lebih tua dari Masa Mesozoikum [2]. Berdasarkan jenisnya, batuan granitik di Pulau Bangka dapat digolongkan menjadi dua tipe, yaitu batuan beku dan batuan sedimen. Ishihara (1980) membaginya menjadi seri ilmenit dan magnetik. Batuan Kuarter di Pulau Bangka terdiri dari bongkah, kerakal, lempung, dan gambut [3].

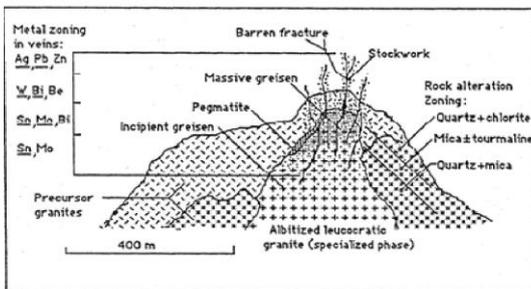


Sumber : Barber, 2005

Gambar 2. Tumbukan Lempeng Sibumasu dan Lempeng Indochina

Kepulauan Riau hingga Kepulauan Bangka Belitung terletak dalam jalur timah Indonesia yang terbentuk karena proses geologi dan periode tektonisme yang sama, yang disebabkan oleh tatanan tektonik Asia Tenggara. Sebelum terjadi tumbukan antar lempeng, lempeng Sibumasu dan lempeng Indochina dipisahkan oleh paleo-tethys (lempeng samudera). Pada masa Permian tengah-akhir, subduksi paleo-tethys terjadi terhadap lempeng Indochina, yang kemudian berubah menjadi kolisi (tumbukan) antara lempeng Sibumasu dan lempeng Indochina. Hasil dari tumbukan ini adalah pembentukan magma bersifat asam dengan kandungan

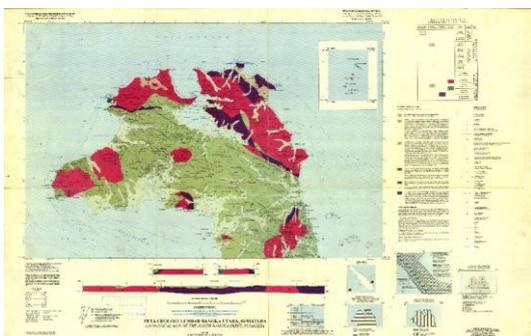
silika yang tinggi. (lebih dari 65%). Akibat adanya proses subduksi ini magma menerobos dan membeku menjadi batuan granit. Granit kemudian terkait dengan magma asam dan menembus lapisan sedimen sebagai intrusi granit. Hal ini menyebabkan peningkatan konsentrasi elemen baik dalam bentuk gas maupun cair, yang kemudian bergerak melalui pori-pori atau retakan dan menghasilkan proses kristalisasi. Karena tekanan dan temperatur berubah (800° s.d 400°) maka terjadi proses kristalisasi SnF_4 dengan H_2O yang akan membentuk deposit dan batuan samping yang kaya akan timah SnO_2 (*Cassiterite*) dan mineral lainnya yang disebut sebagai endapan bijih timah.



Sumber : Reed, 1986

Gambar 3. Intrusi Batuan Granit

Endapan bijih timah dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu endapan timah primer dan sekunder. Endapan timah primer merujuk pada endapan bijih timah yang tetap berada di dalam batuan induk timah, tempat di mana bijih timah terbentuk. Sementara itu, endapan timah sekunder merujuk pada jenis endapan timah yang telah tergeser dari batuan sumbernya dan terendapkan di tempat baru akibat proses pelapukan, erosi, transportasi, dan sedimentasi.



Sumber : Djamel and Magga, 1994

Gambar 4. Peta Geologi Lembar Bangka Utara

2.2.1 Stratigrafi Regional

Berikut adalah susunan stratigrafi regional Pulau Bangka menurut Sucipta, dari yang paling muda ke yang paling tua [4] :

- 1) Aluvium (Qa) terdiri dari bongkah, kerakal, kerikil, pasir, lempung, dan gambut.
- 2) Endapan Rawa (Qs) terdiri dari lumpur lanau, dan pasir.
- 3) Formasi Ranggam (TQr) terdiri dari perselingan batu pasir, batu lempung, dan batu lempung tufan dengan

sisipan tipis batu lanau dan bahan organik. Formasi ini memiliki lapisan yang baik dan struktur sedimen berupa perlapisan sejajar dan perlapisan silang-siur. Ketebalannya diperkirakan sekitar 150 meter dan mengandung fosil-fosil seperti moluska *Amonia sp*, yang mengindikasikan usia relatifnya tidak lebih muda dari Miosen akhir.

- 4) Granit Klabat (TRJkg) terdiri dari berbagai jenis batuan seperti granit, granodiorit, adamelit, diorit, dan diorit kuarsa, dan terkadang di beberapa lokasi juga terdapat retas aplit dan pegmatid. Granit Klabat mengalami lipatan dan patahan, dan menerobos diabas penyabung (PTRD). Berdasarkan penanggalan radiometri, formasi batuan ini memiliki usia sekitar 217 juta tahun (Trias akhir).
- 5) Formasi Tanjung Genting (TRt) terdiri dari perselingan batu pasir malihan, batu pasir, batu pasir lempungan, dan batu lempung dengan sejumlah lensa batu gamping, serta terdapat oksida besi di beberapa lokasi. Formasi Tanjung Genting memiliki lapisan yang baik, mengalami lipatan yang kuat, serta patahan dan menerobos, dengan ketebalan mencapai 250 hingga 1.250 meter. Lokasi tipe dari formasi ini terletak di Tanjung Genting dan dapat dikaitkan dengan Formasi Bintang.
- 6) Diabas Penyabung (PTRD) terdiri dari batuan diabas yang mengalami lipatan dan patahan, dan diterobos oleh granit Klabat (TRJkg) serta menerobos Kompleks Malihan Pemali (CPP). Formasi ini diperkirakan berusia Permian.
- 7) Kompleks Pemali (CPP) terdiri dari filit dan sekis dengan beberapa sisipan kuarsit dan lensa batu gamping. Kompleks Pemali mengalami lipatan, patahan, dan terkekarkan, serta menerobos oleh granit Klabat. Deroever (1951) menemukan fosil yang berasal dari zaman Permian di batu gamping dekat Air Duren, di sebelah selatan tenggara Pemali.

2.3 Sifat dan Karakter Mineral Dalam Bijih Timah

Timah, yang memiliki simbol Sn (dari bahasa Latin: stannum) dan nomor atom 50, adalah unsur kimia dalam tabel periodik. Ia merupakan logam berwarna putih keperakan dengan kekerasan yang rendah, berat jenis sekitar $7,3 \text{ g/cm}^3$, dan memiliki sifat konduktivitas panas dan listrik yang tinggi. Pada keadaan normal (antara 13 hingga 160° derajat Celsius), logam ini bersifat mengkilap dan mudah dibentuk. Bijih timah mengandung mineral utama, mineral ikutan, dan mineral gangue. Mineral cassiterite merupakan mineral utama yang umumnya ditemukan dalam bijih timah. Timah terbentuk sebagai endapan primer pada batuan granit dan pada daerah sentuhan batuan endapan metamorf, sering kali terkait dengan turmalin dan urat kuarsa timah. Selain itu, timah juga terbentuk sebagai endapan sekunder, yang mencakup endapan alluvium, elluvial, dan koluvium.. Sifat mineral dalam bijih timah dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Sifat Mineral-Mineral Dalam Bijih Timah

No.	Mineral	Berat Jenis	Warna	Kekerasan	Kelistrikan	Kemagnetan
1	Cassiterite	6,8-7,1	kuning coklat, kuning kemerahan, coklat kehitaman, coklat tua	7-Jun	conductor	non magnetic
2	Ilmenite	4,5-5	hitam besi, hitam keabuan	6-May	conductor	Magnetic
3	Monazite	4,6-5,3	kuning, jaring-jaring hijau	5-5,5	non conductor	Magnetic
4	Xenotime	4,4-5,3	kuning keabuan	5-Apr	non conductor	Magnetic
5	Zircon	4,2-4,7	merah jambu, orange	7,5	non conductor	non magnetic
6	Pyrite	4,8-5	kuning, tembaga muda	6-6,5	conductor	non magnetic
7	Hematite	5-5,2	hitam besi, abu-abu besi	5,5-6,5	conductor	Magnetic
8	Topaz	3,5-3,6	tidak berwarna, merah jambu, ungu	8	non conductor	non magnetic
9	Tourmaline	3-3,2	hijau kehitaman, hitam	7-7,5	non conductor	non magnetic
10	Quartz	2,6-2,65	tidak berwarna, bening putih	7	non conductor	non magnetic
11	Anatase	3,9	Kuning keputihan, coklat	5-6,5	conductor	non magnetic
12	Rutile	3,9	merah, merah kehitaman, kuning tua, coklat	6-6,5	conductor	Magnetic
13	Spinel	3,5-4,1	biru violet, hijau	8	non conductor	non magnetic
14	Siderite	3,8-4	kuning kecoklatan	3,5-4	non conductor	magnetic
15	Limonite	3,6-4	coklat tua sampai hitam	5-5,5	conductor	Magnetic
16	Galena	7,4-7,6	biru kehitaman	3	conductor	Magnetic
17	Wolframite	7,1-7,5	hitam, coklat, kelabu, gelap	5-5,5	conductor	Magnetic
18	Kaolin	2-2,6	Putih	2-2,5	non conductor	non magnetic
19	Tantalite	7,1-7,5	Hitam	6	conductor	Magnetic
20	Kolombit	5,5-8,2	hitam, hitam kecoklatan	6	conductor	Magnetic

Sumber : Danisworo, 1994

Salah satu mineral ikutan pada bijih timah yaitu *zircon*. *Zircon* dengan rumus kimia ($ZrSiO_4$) memiliki kandungan *Silicon* sebesar 15,3 % dan *Zr* sebesar 49,7 % dengan sistem kristal pada *zircon* yaitu Tetragonal. Berat jenis *zircon* yaitu 4,7 N/m³, dengan kekerasan 7,5 Mohs. Sifat dari *zircon* yaitu pembeluhannya kurang sempurna berbentuk kulit kerang dan sukar rapuh serta memantulkan sinar, tembus cahaya dan mengkilap yang tak kalah dengan kilauan intan. Warna mineral *zircon* bervariasi mulai dari tidak berwarna, kuning pucat dan coklat, hijau kekuningan dan kemerahan. Di Bangka kebanyakan berbentuk seperti balok es. Berikut merupakan gambar mineral *zircon* sekunder yang telah mengalami pendegradasian ukuran butir.



Gambar 5. Mineral *Zircon* Sekunder

2.4 Logam Tanah Jarang

Logam tanah jarang (LTJ) adalah istilah yang digunakan untuk merujuk pada kelompok lantanida, yang merupakan logam transisi dari Grup III B dalam Tabel Periodik. Kelompok lantanida terdiri dari 15 unsur, mulai dari lantanum (nomor atom 57) hingga

lutetium (nomor atom 71), dan termasuk tiga unsur tambahan yaitu yttrium, thorium, dan scandium. Yttrium, thorium, dan scandium dimasukkan ke dalam kelompok unsur tanah jarang karena kesamaan sifat-sifat kimianya. Saat terjadi proses pembentukan timah, juga terjadi pemeentukan mineral lainnya yang tergolong kedalam LTJ. Pada tabel berikut merupakan mineral utama LTJ dalam penambangan timah plaser.

Tabel 2. Mineral Utama LTJ Dalam Penambangan Timah Plaser

No	Mineral	Rumus Kimia	Nama Kimia
1	Cassiterite	SnO ₂	Stannum Oksida
2	Ilmenite	FeTiO ₃	Titanium-besi oksida
3	Rutile	TiO ₂	Titanium dioksida
4	Zircon	ZrSiO ₄ / Zr _{0,5} Hf _{0,05} LTJ _{0,05} SiO ₄	Zirkonium silikat (mempunyai kandungan ReO (4,41%)
5	Tourmaline	(Ca,K,Na)(Al,Fe,Li,Mg,Mn) ₃ (Al,Cr,Fe,V) ₆ (BO ₃) ₃ (Si,Al,B) ₆ O ₁₈ (OH,F) ₄	Senyawa silika kompleks
6	Anatase	TiO ₂	Titanium dioksida
7	Monazite	(Ce, La, Pr, Nd, Th, Y)PO ₄	Complex rare earth phosphate (mempunyai kandungan LTJ50-70%)
8	Xenotime	YPO ₄	Yttrium Phosphate (mempunyai kandungan LTJ 54-65%)
9	Marcasite	FeS ₂	Besi Sulfida
10	Limonite	FeO(OH) nH ₂ O	Besi(III) oksida- hidroksida
11	Siderite	FeCO ₃	Besi karbonat

Sumber : Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi Badan Geologi, 2019

2.5 Pengolahan Bahan Galian

Pengolahan bahan galian, yang juga dikenal sebagai teknologi pemrosesan mineral, adalah proses pengolahan mineral yang bertujuan untuk memisahkan mineral berharga dari mineral pengotor yang kurang berharga dengan memanfaatkan perbedaan sifat-sifat fisik dari mineral tersebut tanpa mengubah identitas kimia dan fisik dari produk tersebut [1]. Proses pengolahan bahan galian umumnya dilakukan di lokasi tambang untuk menghasilkan konsentrat yang memiliki kandungan mineral yang lebih tinggi dari sebelumnya, sehingga memiliki nilai ekonomis yang layak untuk diproses lebih lanjut.

Pengolahan bahan galian (*mineral dressing*) adalah istilah yang digunakan untuk merujuk pada proses pengolahan segala jenis bahan galian tambang, termasuk mineral, batuan, bijih, atau bahan galian lainnya yang ditambang atau diekstraksi dari endapan alami di kulit

bumi. Proses ini bertujuan untuk memisahkan bahan galian menjadi produk yang terdiri dari satu atau lebih jenis mineral yang diinginkan, serta bagian yang tidak diinginkan yang ditemukan bersama-sama di alam. Mineral yang diinginkan disebut juga mineral berharga (*konsentrat*), sementara mineral yang tidak diinginkan disebut juga mineral buangan (*waste/tailing*).

Pengolahan bahan galian memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas dan nilai dari berbagai aspek, seperti meningkatkan tingkat konsentrat, meningkatkan kadar suatu unsur kimia, memperbaiki mutu fisik, meningkatkan mutu bentuk, serta meningkatkan penampilan produk. [5]. Bijih timah hasil proses penambangan dengan kadar Sn 20-30% akan ditingkatkan menjadi 70% Sn memenuhi syarat proses peleburan. Proses pengolahan pada bahan galian secara terbagi menjadi 3 tahapan yaitu tahap *sizing*, tahap *dewaering* dan tahap *consentration*.

Proses pengolahan mineral di Bidang Pengolahan Mineral terdiri dari beberapa bagian yaitu penerimaan bijih, proses pengolahan (proses basah, proses pengeringan, dan proses kering) serta pengolahan mineral ikutan sebelum dikirim ke Gudang Material Produksi (GMP), dan pengiriman ke Gudang Mineral Ikutan (GMI). Pada proses penerimaan, bijih yang diterima dari berbagai KIP atau tambang darat akan disampling untuk dilakukan uji sifat fisik dan kimia. Hal ini bertujuan agar kadarnya diketahui dan sebagai patokan dalam penentuan proses selanjutnya. Jika kondisi bijih memiliki banyak pengotor dan kandungan Sn nya sedikit maka akan dilakukan proses basah menggunakan *JIG*. *Feed* yang dalam kondisi basah akan dikeringkan menggunakan *rotary dryer*. Setelah melalui proses pengeringan, maka konsentrat tadi akan masuk ke proses pengolahan kering dengan menggunakan *air table*. Untuk *feed* dengan kadar Sn rendah dikarenakan keterdapatannya mineral ikutan yang tinggi maka akan diproses di bagian Amang Plant. Di bagian Amang Plant ini terdapat dua proses yaitu upgrading timah dengan pengolahan basah menggunakan *shaking table*, pemisahan mineral ikutan menggunakan alat *electrostatic separation* dan magnetik *separation*.

Proses pengolahan basah menggunakan *shaking table* adalah suatu metode pemisahan mineral di mana air digunakan sebagai media. Proses ini melibatkan aliran air tipis di atas sebuah meja yang digoyangkan, dengan memanfaatkan getaran pada meja tersebut untuk memisahkan mineral berdasarkan berat jenis masing-masing mineral. Ketika *feed* dialirkan menggunakan air ke meja *shaking table* maka akan diberi gerakan bolak-balik (pukulan pada meja) yang nantinya akan membuat mineral tersebut terpisah satu sama lain dan masuk ke drum. *Shaking table* ini hanya memisahkan mineral berdasarkan berat jenis saja dan untuk mineral yang sukar dipisahkan, maka akan diproses menggunakan *magnetic separation* dan *electric separation* berdasarkan sifat.

Pada proses pengolahan kering di Amang Plant, *feed* yang masuk ber sumber dari *tailing air table* atau pun *middling* dari *shaking table*. Jika *feed* bersumber dari

shaking table maka akan dikeringkan terlebih dahulu, namun jika *feed* dari *air table* maka akan bisa langsung disampling dan diproses. *Feed* ini yang nantinya dikumpulkan dan akan dilanjutkan proses pengolahan setelah disampling terlebih dahulu. Penyamplingan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mineral dalam *feed* tersebut dan mengetahui kandungan mineral dominan berdasarkan hasil uji GCA. Hasil dari uji GCA ini yang nantinya akan menjadi pedoman untuk penentuan pemisahan mineral berdasarkan sifat dominan dari mineral yang ada dalam *feed* tersebut. Jika dalam sebuah *feed* memiliki persentase kadar dominan mineral magnetik maka akan diolah menggunakan *magnetic separator*, sedangkan jika yang dominan mineral yang memiliki sifat *conductor* maka akan diolah menggunakan *high tension roll separator* atau *high tension separator*. Hal ini perlu dilakukan selain untuk memisahkan mineral utama dengan pengotor tetapi juga untuk peningkatan kadar dari mineral Sn dan peningkatan kadar mineral ikutan lainnya seperti *ilmenite*, *monazite*, dan *zircon* untuk memenuhi standar penyimpanan perusahaan. Setelah kadar bijih Sn memenuhi standar > 70% maka bijih akan dikirim ke Gudang Material Produksi dan untuk mineral ikutannya akan disimpan di dalam Gudang Mineral Ikutan. Mineral ikutan yang disimpan di dalam gudang ialah mineral yang persentase kadarnya sudah memenuhi standar perusahaan yaitu *zircon* >80%, *ilmenite* >85%, dan *monazite* >80%.

2.6 High Tension Roll Separator (HTRS)

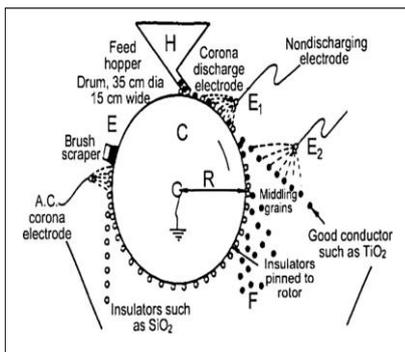
Menurut Wills, 2006 *High Tension Roll Separator* (HTRS) adalah suatu alat pengolahan bahan galian yang memiliki prinsip pemisahan berdasarkan perbedaan sifat konduktivitas listrik yang dimiliki oleh berbagai jenis mineral dengan pemisahan yang memanfaatkan gaya medan listrik bersama gaya lainnya agar tercipta perbedaan gerakan dari butiran mineral. HTRS bekerja berdasarkan parameter tertentu seperti *rotor* yang berputar, elektroda yang memberikan muatan listrik dan *splitter* yang berfungsi sebagai pemisah produk-produk yang dihasilkan baik itu produk *conductor*, *middling* dan *non conductor* [6]. Mekanisme pemisahan ini terjadi akibat adanya perbedaan dari mineral-mineral dalam melewati elektron atau yang disebut sebagai sifat konduktivitas listrik, berat jenis, ukuran butir, bentuk butir, kondisi permukaan maupun kemurnian bijih mineral itu sendiri dari mineral pengotor lainnya. Alat *High Tension Roll Separator* tersusun dari beberapa bagian penting yang menunjang proses pemisahan mineral. Bagian-bagian alat HTRS antara lain pelat elektroda, *roll rotor*, *splitter*, sikat *roll (roller brush)* dan *feed chute* and *product chute* [7] Pada gambar berikut dapat kita lihat bentuk dari alat HTRS ini.



Gambar 6. High Tension Roll Separator di Amang Plant

Menurut Wills (2006) prinsip kerja HTRS adalah *feed* (umpan) mineral akan jatuh secara merata pada *roll* yang berputar, setelah itu mineral memasuki zona corona yaitu daerah di antara elektroda listrik dan *roll* dimana terjadi pemberian muatan listrik (elektron) secara induksi dari elektroda menuju mineral (*charging*). Akibat efek pemberian muatan elektron ini, mineral-mineral akan bermuatan negatif, sedangkan *roll* sendiri akan dihubungkan menuju ke bawah/permukaan (*ground*) sehingga akan bermuatan positif karena memiliki tegangan yang lebih rendah dibandingkan mineral yang telah diberi muatan listrik. Perbedaan muatan listrik ini menyebabkan mineral yang telah bermuatan listrik akan tertarik menuju daerah dengan tegangan rendah yaitu *roll* yang bermuatan positif [6].

Mineral yang bersifat *conductor* pada prinsipnya akan mudah diberi muatan listrik/ elektron, namun juga mudah menghantarkan/ melewati muatan listrik tersebut menuju *roll*. Muatan listrik yang telah terisi akan dengan mudah terbebas dari mineral *conductor* menuju *roll* yang telah terisi pada permukaannya diteruskan pada *roll* yang *grounded*, lalu cenderung jatuh menjauhi *roll*. Mineral yang bersifat *non conductor*, muatan listrik (elektron) yang diterimanya lebih sukar untuk diteruskan menuju *roll* dan tetap melekat pada *roll* sehingga jatuh sebagai produk *non conductor*. Produk *middling* adalah mineral yang jatuhnya antara produk *conductor* dan hasil *non conductor* [8]. Konsep proses pemisahan menggunakan alat HTRS dapat dilihat pada gambar berikut.



Sumber : Kumar, 2006

Gambar 7. Pengolahan Mineral dengan HTRS

2.7 Kadar dan Recovery

Kadar mineral merupakan perbandingan total jumlah massa mineral tertentu (misalkan *zircon*) di dalam sampel terhadap massa total sampel. *Recovery* dalam konteks pengolahan mineral adalah perbandingan antara berat mineral berharga yang berhasil diekstraksi dan terkandung dalam konsentrat, dibandingkan dengan berat mineral berharga dalam umpan awal. Biasanya, *recovery* dinyatakan dalam persentase (%) untuk memberikan gambaran seberapa efektif proses pemisahan mineral tersebut. *Recovery* ialah perbandingan massa mineral tertentu (misalkan *zircon*) di dalam produk tertentu (misalkan konsentrat) terhadap massa mineral *zircon* di dalam umpan sebelum dilakukan proses pemisahan [1]. *Recovery* menyatakan persentase mineral berharga yang dapat diambil dari umpan dan masuk ke konsentrat [8]. Nilai ini menunjukkan rasio mineral berharga yang ada dalam konsentrat dibanding mineral berharga dalam bijih, nilai ini juga menunjukkan efisiensi dari proses pemisahan yang dilakukan. Kadar dan *recovery* berdasarkan teori dalam proses pengolahan akan berbanding terbalik. *Recovery* yang tinggi akan menghasilkan kadar yang rendah, sementara kadar yang tinggi akan menghasilkan *recovery* yang rendah [1].

Rumus kadar mineral (Wills, 2006):

$$Gm (\%) = \frac{mC}{F} \times 100 \%$$

Keterangan :

Gm : Kadar mineral (misalnya *zircon*) (% berat)

mC : Massa mineral (*zircon*) di dalam sampel (kg)

F : Massa umpan (*feed*) (kg)

Rumus nilai *recovery* mineral (Wills, 2006):

$$R (\%) = \frac{K.k}{F.f} \times 100 \%$$

K : Berat konsentrat (ton atau kg)

F : Berat umpan/ *feed* (ton atau kg)

k : Kadar berat logam dalam konsentrat (%)

f : Kadar berat logam dalam umpan/ *feed* (%)

3. Metodologi Penelitian

3.1. Desain Penelitian

3.1.1 Jenis Penelitian

Penelitian eksperimen adalah jenis penelitian yang dilakukan untuk menentukan variabel-variabel yang terlibat dalam suatu investigasi dan untuk memahami bagaimana hubungan antara variabel-variabel tersebut terbentuk. Menurut Emmory dalam Jaedun, penelitian eksperimen adalah bentuk investigasi khusus yang bertujuan untuk menentukan variabel perlakuan (variabel bebas) dan bagaimana variabel tersebut memengaruhi variabel hasil (variabel terikat). Secara klasik, eksperimen digunakan untuk menentukan pengaruh variabel perlakuan terhadap variabel dampak.

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian data dilaksanakan pada tanggal 1 Maret – 6 April 2023 untuk observasi dan pengambilan data baik data primer dan data sekunder.

3.1.3 Lokasi Penelitian

Kegiatan kerja penelitian dilaksanakan di Amang Plant Bidang Pengolahan Mineral (BPM) PT TIMAH Tbk, Kecamatan Muntok, Kabupaten Bangka Barat, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, dimana secara geografis terletak pada koordinat 2°04'22,5" Lintang Selatan dan 105°10'44,8" Bujur Timur.

3.1.4 Objek Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bijih timah. Umpan (*feed*) yang digunakan dalam penelitian ini ialah produk *zircon* low grade. *Feed* tersebut memiliki kadar *zircon* sebesar 55,79 % dan kadar Sn sebesar 9,60 %.

3.2 Jenis dan Sumber Data

3.1.1 Data Primer

- Distribusi ukuran butir, pendistribusian dilakukan menggunakan alat *shieve shaker*.
- Melakukan penimbangan berat dari *feed* dan melakukan *sampling* umpan untuk mengetahui distribusi ukuran butir dan sifat kelistrikan dari mineral-mineral yang akan diproses beserta kadarnya.
- Melakukan penimbangan berat produk *conductor*, *non conductor* dan *middling* untuk selanjutnya digunakan dalam perhitungan *recovery*.
- Menghitung *recovery* produk *non-conductor* untuk mengetahui perbandingan kadar dan *recovery* mineral *zircon* pada produk *non conductor*.

3.1.2 Data Sekunder

- Penentuan kadar *feed*, hal ini sangat perlu dilakukan untuk mengetahui kadar mineral dominan serta persentasenya dalam satu kontainer tersebut. Perolehan kadar ini yang nantinya akan dijadikan untuk acuan dalam proses pengolahan menggunakan alat *magnetic separation* atau *electric separation*.
- Data spesifikasi alat HTRS yang berguna untuk mengetahui fungsi, mekanisme kerja, langkah pengoperasian serta bagian-bagian alat *High Tension Roll Separator* (HTRS) serta *bucket elevator*, *round screen*, dan *heater screw*.
- Melakukan pengaturan dan pengukuran parameter – parameter alat *High Tension Roll Separator* dengan memvariasikan tiga parameter yang telah ditentukan standarnya oleh perusahaan, sehingga nantinya akan diperoleh persentase kadar dan berat produk (*conductor*, *middling*, dan *non conductor*) per 1 menit percobaan. Parameternya terdiri dari :
 - Tegangan elektroda (kV), pada variabel tegangan elektroda dilakukan pengaturan sebanyak

sembilan kali yaitu pengaturan tegangan elektroda 18 kV, 20 kV, dan 22 kV.

- Kecepatan *separation roll* (rpm), pada variabel kecepatan *separation roll* dilakukan pengaturan sebanyak sembilan kali disetiap *roll* dari alat HTRS, yang terdiri dari tiga *roll* dengan posisi paralel yaitu pengaturan kecepatan *separation roll* 18 rpm, 20 rpm dan 22 rpm.
 - Bukaan *Splitter* yang dibagi atas 3 bagian yang dilakukan dalam 3 kali perubahan per pembagian bukaan *splitter* yaitu 0-7 cm, 7-14 cm dan 14-21 cm.
- Prosedur penggunaan alat HTRS bertujuan sebagai pedoman dalam penggunaan alat.
 - Laporan Hasil Sampling, data ini berfungsi untuk melakukan perhitungan kadar atau persen berat dari mineral – mineral yang terdapat di dalam *feed* maupun produk hasil pengolahan alat HTRS, adapun data laporan hasil sampling terdiri dari:
 - Persen Berat Mineral pada *feed*
 - Persen Berat Mineral pada Produk *conductor*, *middling*, dan *non conductor*.
 - Peta lokasi penelitian
 - Peta geologi daerah penelitian

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian dilakukan setelah melakukan studi literatur dan orientasi lapangan. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi dan pengumpulan informasi langsung di lapangan, sementara data sekunder diperoleh dari literatur, laporan perusahaan, atau penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik penelitian. Dengan memanfaatkan kedua jenis data ini, peneliti dapat memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai topik penelitian yang sedang diteliti.

3.3 Teknis Pengolahan dan Analisis Data

- Data yang didapatkan dari pengamatan pengoperasian alat *High Tension Roll Separator*, dilakukan pengolahan data yang disajikan dalam bentuk rangkaian proses tahapan pengolahan mineral dan prinsip kerja alat HTRS.
- Data karakteristik *feed* yang digunakan dalam penelitian yang diperoleh berdasarkan data analisis karakteristik sampel *feed*. *Feed* akan dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilakukan analisis, kemudian untuk mengetahui sebaran ukuran butir mineral per mesh pada *feed* dilakukan pengayakan menggunakan alat *shieve shaker*. Untuk mengetahui karakteristik mineral dalam *feed* maka dilakukan analisis laboratorium menggunakan mikroskop dengan metode *Grain Counting Analysis* (GCA).
- Laporan hasil sampel yang berisi jumlah butiran yang terkandung pada sampel yang diperoleh dari pengolahan data dengan menyajikan presentase kadar mineral produk pengolahan alat HTRS (*conductor*,

non conductor dan *middling*) dari hasil analisis Grain Counting Analysis (GCA).

- d. Data yang didapatkan dari penimbangan, dilakukan pengolahan data dengan menyajikan berat *feed* yang diolah dan output hasil pengolahan.
- e. Data yang didapatkan dari pengamatan pengaturan variabel alat HTRS, dilakukan pengolahan data yaitu perbandingan 27 variasi percobaan antara, kecepatan separation roll, tegangan pada elektroda, dan bukaan splitter untuk dicari percobaan mana yang memiliki kadar *feed* yang bagus.
- f. Menghitung recovery setiap variasi sehingga diketahui setingan yang tepat dengan kadar yang sesuai standar penyimpanan perusahaan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Karakteristik Umpan

Umpan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *zircon* low grade. Sebelum dilakukan pengolahan, umpan terlebih dahulu akan ditimbang, sehingga diketahui berat dari umpan yang akan diolah. Kemudian akan dilakukan sampling pada umpan menggunakan alat pit sampler dengan 10 kali pengambilan sampel pada 10 titik yang berbeda secara acak yang mewakili karakteristik dan kondisi umpan secara keseluruhan. Berat sampel yang diperoleh ialah 169,3 gram. Sampel umpan selanjutnya akan dilakukan pengayakan menggunakan alat sieve shaker untuk menentukan distribusi ukuran partikel umpan. Nomor ayakan yang digunakan pada proses pengayakan ialah 20#, 50#, 75#, 100# dan #-100.

Tabel 3. Distribusi Ukuran Butir Umpan

Nomor Ayakan (Mesh)	Berat (Gram)	Tertahan (%)	Persen Kumulatif Lolos (%)
20	0	0	100
50	11,3	6,675	93,325
70	12,4	7,324	86,001
100	29,8	17,602	68,399
-100	115,8	68,399	0,000
Jumlah	169,3	100	100

setelah dilakukan pengayakan menggunakan *sieve shaker*, pada nomor ayakan +20# tidak ada yang tertahan dan lolos 100% pada nomor ayakan +50# sebanyak 11,3 gr material umpan tertahan dengan persentase umpan tertahan sebesar 6,675 % dan persentase umpan lolos sebesar 93,325 %, pada nomor ayakan +70# sebanyak 12,4 gr material umpan tertahan dengan persentase umpan tertahan sebesar 7,234 % dan persentase umpan lolos sebesar 86,001 %, pada nomor ayakan +100# sebanyak 29,8 gr material umpan tertahan dengan persentase umpan tertahan sebesar 17,602 % dan persentase umpan lolos sebesar 68,399 %, pada nomor ayakan -100# paling banyak material umpan tertahan yaitu sebanyak 115,8 gr dengan persentase umpan lolos

68,39 % dan persentase umpan lolos sebesar 0%. Berdasarkan hasil pengayakan material umpan pada nomor ayakan +20# hingga -100# menunjukkan bahwa material umpan yang akan digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran butir mineral yang heterogen dan termasuk berukuran butir yang halus. Ukuran butir umpan yang halus ini sesuai dengan syarat pengoperasian alat *High Tension Roll Separator (HTRS)* dimana umpan harus memiliki ukuran butir 20 mesh hingga -100 mesh. Syarat tersebut bertujuan untuk menghindari adanya penumpukan pada *trash screen* apabila umpan berukuran lebih besar dari -20 mesh, yang akan mengakibatkan umpan terhalang untuk masuk menuju *feed roller*.

4.1.2 Perolehan Kadar dan Recovery Mineral Zircon

Pada 27 kali percobaan kombinasi proses pemisahan mineral menggunakan alat HTRS, akan digunakan kecepatan putaran *Heater* 300 rpm, dengan suhu *heater* 450-500 °C, bukaan *splitter* produk *non-conduktor* dari roll dibagi menjadi 3 dengan jarak maksimal *splitter* sebesar 21 cm. Jadi *splitter* terbagi menjadi 3 bagian per 7 cm yaitu 0-7 cm, 7-14 cm, dan 14-21 cm. Pengaturan variabel tegangan elektroda alat HTRS yang digunakan yaitu pada tegangan 18 kV, tegangan 20 kV, dan tegangan 22 kV. Pengaturan variabel kecepatan separation roll alat HTRS, dilakukan pada roll yang terletak secara paralel sebanyak tiga buah dengan pengaturan kecepatan yang sama pada tiga buah roll, yaitu dengan kecepatan 18 rpm, kecepatan 20 rpm, dan kecepatan 22 rpm. Pada tiap percobaan terdapat 3 hasil produk yaitu *conductor*, *middling*, dan *non conductor*. Sehingga total dari semua sampel yang diuji kadarnya yaitu 81 sampel.

Tabel 4. Perolehan Kadar Produk Tiap Variasi Percobaan

Tegangan (kV)	Kecepatan Separation Roll (Rpm)	Produk	Bukaan Splitter (cm)						
			0 - 7		7 - 14		14 - 21		
			Zr	Sn	Zr	Sn	Zr	Sn	
18	18	Conductor	52.12	20.55	54.94	4.05	55.84	9.57	
		Middling	76.28	4.12	76.14	5.6	56.63	4.81	
		Non Conductor	85.61	2.02	83.59	2.29	68.57	5.07	
	20	Conductor	63.51	9.86	22.27	32.42	57.2	19.35	
		Middling	77.56	3.02	69.36	7.41	61.98	4.78	
		Non Conductor	84.67	2.59	79.82	6.22	78.6	1.24	
	22	Conductor	63.48	17.72	48.41	10.56	48.16	18	
		Middling	73.44	2.77	73.95	8.15	76.78	8.39	
		Non Conductor	92.31	2.27	77.08	2.68	80.05	3.88	
	20	18	Conductor	46.01	12.44	37.45	27.25	55.46	15.07
			Middling	75.38	5.35	70.19	6.61	73.09	8.22
			Non Conductor	86.96	2.05	83.35	2.69	78.23	5.43
20		Conductor	39.2	3.26	32.95	38.59	32.01	16.36	
		Middling	73.1	4.8	71.94	11.61	72.69	11.72	
		Non Conductor	89.68	0.37	84.28	3.35	81.45	4.29	
22		Conductor	20.9	31.38	18.63	51.61	36.22	25.33	
		Middling	48.29	12.49	65.5	11.17	55.25	24.04	
		Non Conductor	87.3	1.04	86.75	2.14	72.17	7.71	
22		18	Conductor	56.9	16.78	36.53	28.8	64.86	11.3
			Middling	64.2	15.11	71.21	4.03	78.11	8.03
			Non Conductor	88.16	4.34	83.72	2.75	82.04	2.58
	20	Conductor	55	17.42	51.4	17.72	45.58	19.49	
		Middling	78.41	9.54	73.53	5.22	70.93	7.73	
		Non Conductor	87.5	3.09	83.62	3.31	82.23	6.41	
	22	Conductor	49.42	21.56	60.31	10.35	59.73	11.3	
		Middling	53.37	24.41	66.24	4.55	74.16	7.45	
		Non Conductor	76.87	1.8	85.77	1.94	86.31	2.6	

Perolehan kadar akan berbanding terbalik dengan recovery. Namun, pada penentuan kadar yang sesuai untuk penyimpanan *zircon* didasari oleh persentase *zircon* dan Sn. *Zircon* banyak tersimpan pada produk *non conductor* (NC). Sehingga perhitungan recovery hanya dilakukan pada produk NC. Untuk standar

penyimpanan kadar *zircon* harus melebihi 80% dan kadar Sn kecil dari 1,5%. Namun recovery yang dihasilkan harus melebihi 60% sesuai dengan standar dari perusahaan. Adapun recovery produk NC dapat dilihat pada tabel berikut.

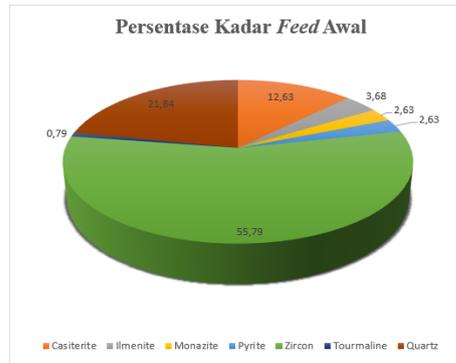
Tabel 5. Perolehan Kadar dan Recovery Non-Conductor Tiap Variasi Percobaan

Percobaan NC Ke	Kadar Zircon (%)	Kadar Sn (%)	Recovery (%)
1	85.61	2.02	67.11
2	83.59	2.29	70.31
3	68.57	5.07	82.34
4	84.67	2.59	68.74
5	79.82	6.22	73.72
6	78.6	1.24	74.15
7	92.31	2.27	57.36
8	77.08	2.68	76.25
9	80.05	3.88	72.22
10	86.96	2.05	64.35
11	85.35	2.69	67.49
12	78.23	5.43	74.35
13	89.68	0.37	61.7
14	84.28	3.35	68.8
15	81.45	4.29	71.81
16	87.3	1.04	62.82
17	86.75	2.14	65.46
18	72.17	7.71	77.83
19	88.16	4.34	61.22
20	83.72	2.75	70.04
21	82.04	2.58	71.34
22	87.5	3.09	62.75
23	83.62	3.31	69.76
24	82.23	6.41	71.25
25	76.87	1.8	77.43
26	85.77	1.94	67.35
27	86.31	2.6	64.79

4.2 Pembahasan

4.2.1 Karakteristik Fisik Mineral Umpam Dalam Pengolahan Zircon

Feed atau disebut juga umpam merupakan material yang digunakan untuk pengolahan. Setiap umpam memiliki karakteristis yang berbeda-beda tergantung kandungan mineral dominan yang berada di dalamnya. Sebelum melakukan pengolahan terlebih dahulu kita harus melakukan uji kadar *feed* awal. Hal ini bertujuan untuk mengetahui karakter *feed* tersebut serta kandungan mineral dominan di dalamnya. Hal itu dapat kita ketahui dari hasil uji GCA dan *Shieve Shaker* pada pada tabel 7 dan 8 diatas. Berdasarkan uji tersebut dapat kita ketahui mineral utama yang terdapat pada umpam yaitu *casiterite, ilmenite, monazite, pyrite, zircon, turmaline* dan *quarz*. Mineral *casiterite* tersebar di setiap fraksi dengan kadar Sn umpam yaitu sebesar 9,60 %. Mineral *ilmenite* tersebar pada fraksi #70 hingga #100 dengan kadar sebesar 3,65 %. Mineral *monazite* tersebar pada fraksi #70 hingga #-100 dengan kadar sebesar 6,51%. Mineral *pyrite* tersebar pada fraksi 50# hingga #70 dengan kadar sebesar 2,63%. Mineral *turmaline* tersebar pada fraksi #50 dengan kadar sebesar 2,63%. Mineral *quarz* tersebar pada fraksi #50 hingga #100 dengan kadar sebesar 21,84%.. Mineral *zircon* pada umpam tersebar pada fraksi #50 hingga #-100 dengan kadar 55,79 %. Dari pejabaran tersebut dapat kita simpulkan bahwa *feed* yang diolah adalah *zircon low grade*.



Gambar 8. Persentase Kadar *Feed* Awal

4.2.2 Pengaruh Variabel Alat HTRS Terhadap Kadar Mineral Zircon

Setiap variasi percobaan menghasilkan persentase kadar yang berbeda. Hasil analisa laboratorium mikroskop dari pengolahan umpam *zircon low grade* dari 27 kali percobaan terdapat hasil yang bervariasi ditiap tingkatan baik itu produk *conductor*, produk *middling* dan produk *non conductor*. Dari 81 sampel hanya terdapat dua settingan dengan kadar *zircon* atau pun Sn yang memenuhi standar perusahaan. Pada percobaan ke 13 dan 16 memiliki hasil produk NC yang memnuhi standar penyimpanan perusahaan. Hasil tersebut dapat kita lihat pada tabel berikut.

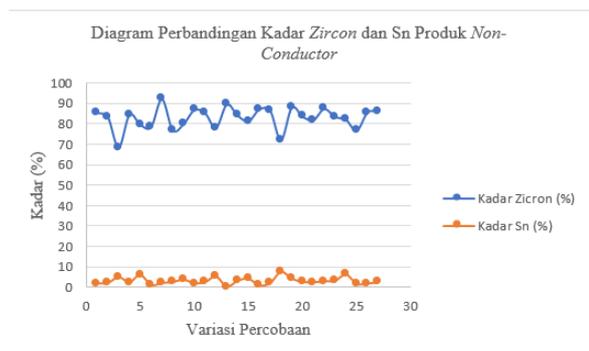
Tabel 6. Kadar Produk *Zircon* dan Sn Tiap Variasi Percobaan

Parameter	Kecepatan Separation Roll (Rpm)	Produk	Bukaan Splitter (cm)					
			Kadar Produk (%)					
			0 - 7		7 - 14		14 - 21	
Tegangan (kV)			Zr	Sn	Zr	Sn	Zr	Sn
18	18	Conductor	52.12	20.55	54.94	4.05	55.84	9.57
		Middling	76.28	4.12	76.14	5.6	56.63	4.81
		Non Conductor	85.61	2.02	83.59	2.29	68.57	5.07
		Conductor	63.51	9.86	22.27	32.42	57.2	19.35
		Middling	77.56	3.02	69.36	7.41	61.98	4.78
		Non Conductor	84.67	2.59	79.82	6.22	78.6	1.24
	22	Conductor	63.48	17.72	48.41	10.56	48.16	18
		Middling	73.44	2.77	73.95	8.15	76.78	8.39
		Non Conductor	92.31	2.27	77.08	2.68	80.05	3.88
		Conductor	46.01	12.44	37.45	27.25	55.46	15.07
		Middling	75.38	5.35	70.19	6.61	73.09	8.22
		Non Conductor	86.96	2.05	85.35	2.69	78.23	5.43
20	20	Conductor	39.2	3.26	32.95	38.59	32.01	16.36
		Middling	73.1	4.8	71.94	11.61	72.69	11.72
		Non Conductor	89.68	0.37	84.28	3.35	81.45	4.29
		Conductor	20.9	31.38	18.63	51.61	36.22	25.33
		Middling	48.29	12.49	65.5	11.17	55.25	24.04
		Non Conductor	87.3	1.04	86.75	2.14	72.17	7.71
	22	Conductor	56.9	16.78	36.53	28.8	64.86	11.3
		Middling	64.2	15.11	71.21	4.03	78.11	8.03
		Non Conductor	88.16	4.34	83.72	2.75	82.04	2.58
		Conductor	55	17.42	51.4	17.72	45.58	19.49
		Middling	78.41	9.54	75.53	5.22	70.93	7.73
		Non Conductor	87.5	3.09	83.62	3.31	82.23	6.41
22	22	Conductor	49.42	21.56	60.31	10.35	59.73	11.3
		Middling	53.37	24.41	66.24	4.55	74.16	7.45
		Non Conductor	76.87	1.8	85.77	1.94	86.31	2.6

Berdasarkan tabel diatas dapat kita lihat pengaturan variabel tegangan elektroda, kecepatan *separation roll*, dan bukaan *splitter position* yang paling bagus yaitu percobaan 13 dan 16. pada percobaan ke 13 dengan dengan tegangan pada elektroda sebesar 20 kV dengan kecepatan *seperation roll* 20 rpm dan bukaan *splitter* antara 0 sampai 7 cm. Produk hasil dari percobaan ke 13 ini memiliki persentase kadar *zircon* 39,2% dan kadar Sn 3,26% pada produk *conductor*. Pada produk *middling* kadar *zircon* 73,1% dan kadar Sn 4,8%. Sedangkan pada produk *non-conductor* kadar *zircon*

sebesar 89,68% dan kadar Sn 0,37%. Selain percobaan ke 13 tadi, pada percobaan ke 16 juga memiliki kadar yang bagus. Settingan pada percobaan ke 16 dengan dengan tegangan pada elektroda sebesar 20 kV dengan kecepatan *separation roll* 22 rpm dan bukaan *splitter* antara 0 sampai 7 cm. Produk hasil dari percobaan ke 16 ini memiliki persentase kadar *zircon* 20,9% dan kadar Sn 31,38% pada produk *conductor*. Pada produk *middling* kadar *zircon* 48,29% dan kadar Sn 12,49%. Sedangkan pada produk *non conductor* kadar *zircon* sebesar 87,3% dan kadar Sn 1,04%.

Percobaan 13 dan 16 memiliki persentase kadar yang sesuai standar. Namun dilihat dari kadar Sn, percobaan ke 13 merupakan settingan terbaik dikarenakan kadar Sn lebih kecil yaitu sebesar 0,37%. Sehingga settingan ke 13 dengan tegangan pada elektroda 20 kV, kecepatan *separation roll* 20 rpm dan bukaan *splitter position* 0-7 cm. Data perolehan kadar mineral *zircon* dari 27 kali percobaan, kemudian dilakukan analisis menggunakan diagram sehingga diketahui pengaruh tegangan elektroda, kecepatan *separation roll*, dan bukaan *splitter position* pada alat *High Tension Roll Separator* terhadap persentase kadar. Penelitian ini terfokus pada produk *non conductor* berdasarkan sifat kelistrikan dari mineral *zircon* sehingga keterdapatannya mineral *zircon* ini banyak pada produk *non conductor*.



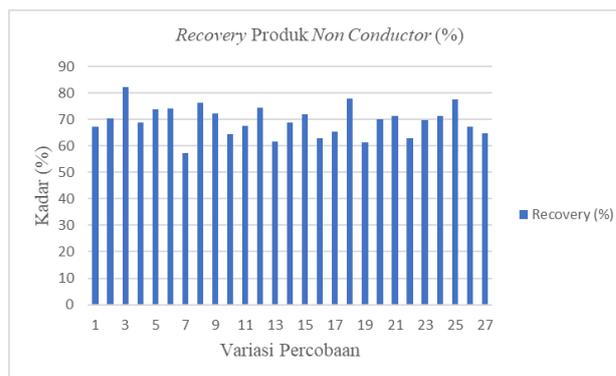
Gambar 9. Diagram Perbandingan Kadar Zircon dan Sn

4.2.3 Pengaruh Variabel Alat HTRS Terhadap Recovery Mineral Zircon

Dari 27 kali percobaan dengan banyak sampel sebanyak 81 produk yang terdiri dari *conductor*, *middling*, dan *non conductor*, peneliti hanya terfokus pada penentuak *recovery* mineral *zircon* yang terdapat pada produk *non conductor*. Perhitungan *recovery* diperoleh berdasarkan rumus nilai *recovery* mineral (Wills, 2006) dengan mengkalikan antara berat produk (*non conductor*) dikalikan dengan kadar produk tersebut dan dibagi dengan berat *feed* awal dikalikan dengan persentase kadar *feed* awal lalu dikalikan dengan 100%. Dari percobaan tersebut diperoleh kadar mineral *zircon* bervariasi antara 57,36%-82,34%. Berikut lampiran tabel perolehan *recovery* produk *non conductor*.

Tabel 7. Recovery Produk Non conductor

Percobaan NC Ke	Berat Total (Gr)	Kadar Awal (%)	Berat NC (Gr)	Kadar Zircon (%)	Kadar Sn (%)	Recovery
1	6885	55.79	3011	85.61	2.02	67.11
2	4925	55.79	2311	83.59	2.29	70.31
3	4405	55.79	2951	68.57	5.07	82.34
4	5985	55.79	2711	84.67	2.59	68.74
5	5805	55.79	2991	79.82	6.22	73.72
6	5645	55.79	2971	78.6	1.24	74.15
7	7185	55.79	2491	92.31	2.27	57.36
8	4405	55.79	2431	77.08	2.68	76.25
9	5585	55.79	2811	80.05	3.88	72.22
10	5985	55.79	2471	86.96	2.05	64.35
11	4105	55.79	1811	85.35	2.69	67.49
12	7565	55.79	4011	78.23	5.43	74.35
13	6125	55.79	2351	89.68	0.37	61.70
14	7885	55.79	3591	84.28	3.35	68.80
15	6325	55.79	3111	81.45	4.29	71.81
16	8745	55.79	3511	87.3	1.04	62.82
17	5965	55.79	2511	86.75	2.14	65.46
18	4905	55.79	2951	72.17	7.71	77.83
19	5965	55.79	2311	88.16	4.34	61.22
20	7565	55.79	3531	83.72	2.75	70.04
21	4805	55.79	2331	82.04	2.58	71.34
22	8625	55.79	3451	87.5	3.09	62.75
23	6985	55.79	3251	83.62	3.31	69.76
24	6105	55.79	2951	82.23	6.41	71.25
25	5465	55.79	3071	76.87	1.8	77.43
26	6325	55.79	2771	85.77	1.94	67.35
27	7285	55.79	3051	86.31	2.6	64.79



Gambar 10. Diagram Recovery Zircon Produk Non conductor

4.2.4 Analisis Pengaruh Tegangan Elektroda, Bukaan Spliter Position, dan Kecepatan Separation Roll alat High Tension Roll Separator

Dari data yang diperoleh dapat kita analisis bahwa efektivitas hasil pemisahan mineral *zircon* menggunakan *High Tension Roll Separator* (HTRS) terdapat pada pengaturan tegangan elektroda 20 kV dan kecepatan *separation roll* 20 – 22 rpm, bukaan *splitter position* sebesar 0 sampai 7 cm diperoleh kadar mineral *zircon* sebesar 89,68% dan 87,3% dengan kadar Sn < 0,37% - 1,04% %, serta *recovery* mineral *zircon* yaitu sebesar 61,70% dan 62,82%.

Tegangan elektroda alat HTRS sangat mempengaruhi perolehan kadar dan *recovery* mineral *zircon*. Apabila, tegangan elektroda yang digunakan semakin tinggi maka kuat arus pada *roll* akan semakin tinggi, menyebabkan hanya mineral *conductor* dengan bermuatan listrik yang tinggi yang akan terlempar jauh melewati *splitter conductor* menuju tempat penampungan *conductor*. Sedangkan, mineral *conductor* yang memiliki muatan listrik rendah hingga sedang akan melekat pada *roll*, kemudian jatuh perlahan melewati *splitter non conductor* dan masuk ke tempat penampungan produk *non conductor*. Oleh karena itu, untuk memperoleh kadar mineral *zircon* yang tinggi, maka tegangan elektroda alat HTRS harus dikurangi. Pada tegangan 18 kV dengan karakteristik *feed* pada

percobaan, proses pemisahan tidak berjalan sempurna karena tegangan yang tidak terlalu kuat, sehingga kadar yang diperoleh kurang bagus. Pada Tegangan 20 kV merupakan tegangan yang cocok untuk pemisahan mineral dengan karakteristik *feed* pada penelitian ini, sehingga kadar dan recovery yang diperoleh bagus baik dari kadar *zircon* atau pun Sn. Sedangkan pada tegangan 22 kV, *feed* terlalu banyak menerima muatan listrik sehingga terjadi lifting effect karna tegangan yang berlebih.

Kecepatan separation roll alat HTRS juga sangat mempengaruhi kadar dan recovery mineral *zircon* yang diperoleh. Apabila kecepatan separation roll ditingkatkan maka mineral – mineral *conductor* dan mineral, sehingga produk *conductor* kemungkinan banyak mengandung mineral *zircon*, sehingga kadar mineral *zircon* yang diperoleh semakin meningkat, namun recovery mineral *zircon* yang dihasilkan akan rendah. Sebaliknya, apabila kecepatan separation roll dikurangi maka mineral – mineral *conductor* dengan ukuran kecil akan melekat pada roll, sehingga kadar mineral *zircon* diperoleh rendah, namun dengan recovery yang tinggi. Pada kecepatan 18 rpm, material kurang mengalami proses pengolahan karena perputaran roll yang kurang cepat, sehingga material tidak terlempar dengan sempurna. Pada kecepatan roll 20-22 rpm perputaran roll mampu memisahkan mineral dengan memanfaatkan gaya gravitas, ukuran butir dan berat jenis material, sehingga perlemparan material terjadi dengan bagus. Namun pada kecepatan 22 rpm mineral dengan ukuran butir lebih kecil ikut terlempar karena perputaran roll yang sedikit cepat namun kadar mineralnya masih memenuhi standar perusahaan.

Splitter ini berfungsi untuk membagi tampungan mineral berdasarkan lemparan mineral oleh roll atau pun berdasarkan dari daya serap listrik mineral yang akan melekat pada roll. Ketika mineral *non conductor* pada *feed* memperoleh penerimaan elektron yang cukup maka *feed* tersebut akan menempel pada roll dan akan masuk ke produk *non conductor* setelah disapu oleh sikat yang terdapat pada ujung roll. Selain itu produk *non conductor* ini juga diperoleh dari mineral yang menempel pada roll dan jatuh pada bukaan splitter 0 -7 cm sebelum disapu oleh sikat pada roll. Begitu juga dengan bukaan splitter 7-14 cm, *feed* yang menempel lemah pada roll atau memiliki tingkat konduktivitas sedang akan jatuh pada produk *middling* ini, dan untuk produk *conductor*, berisi mineral yang memiliki tingkat konduktivitas yang tinggi, karna pada saat pengolahan menggunakan HTRS, atom pada mineral akan dibombardir karena melewati medan corona. sehingga material *non conductor* akan menerima elektron sedangkan mineral *conductor* akan kehilangan muatannya dan terlempar pada produk *conductor* pada bukaan splitter 14-21 cm.

Berdasarkan hal tersebut dapat kita simpulkan bahwa jika bukaan terlalu besar maka mineral yang seharusnya masuk ke *middling* akan masuk ke produk *non conductor*. Namun jika splitter terlalu dicecilkan maka perolehan recovery akan sangat kecil. Sehingga

diperlukan bukaan splitter yang tepat untuk pengolahan mineral *zircon* tersebut. Bukaan splitter merupakan faktor penting yang memengaruhi baik perolehan kadar atau pun recovery.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

- Feed* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *zircon* low grade, dengan komposisi mineral penyusun *feed* berdasarkan analisis Grain Counting Analysis di setiap fraksi, yaitu terdiri dari mineral Mineral casiterite dengan kadar sebesar 12,63%, mineral ilmenite dengan kadar sebesar 3,68 %, mineral monazite dengan kadar sebesar 2,63 %, mineral pyrite dengan kadar sebesar 2,63%, mineral *zircon* dengan kadar 55,79 %, mineral tourmaline dengan kadar sebesar 0,79 %, dan mineral quartz dengan kadar sebesar 21,84%.
- Efektivitas hasil pemisahan mineral *zircon* menggunakan High Tension Roll Separator terdapat pada pengaturan tegangan elektroda 20 kV dan kecepatan separation roll 20 – 22 rpm, dengan bukaan splitter position sebesar 0 sampai 7 cm diperoleh kadar mineral *zircon* sebesar 89,68% dan 87,3% dengan kadar Sn 0,37% dan 1,04 %, serta recovery mineral *zircon* yaitu sebesar 61,70% dan 62,82%. Dari dua settingan tersebut, settingan dengan tegangan elektroda 20 kV dan kecepatan separation roll 20 rpm serta bukaan splitter position 0-7 cm menjadi settingan terbaik karena kadar Sn yang sangat kecil yakni 0,37%.
- Pemisahan terjadi secara optimal pada tegangan 20 kV karena mineral menerima tegangan yang tepat sehingga proses pengolahan secara sempurna, pada kecepatan 20 rpm lemparan material lebih bagus dari 22 rpm, karena pada kecepatan 22 rpm mineral yang berukuran lebih kecil akan terlempar serta pada bukaan splitter 0-7 cm banyak mengandung produk *non conductor* dikarenakan mineral yang bersifat *non conductor* akan menempel pada roll dan akan lepas ketika mendekati atau disapu oleh sikat pada roll dan akan masuk ke produk *non conductor*.

5.2 Saran

- Dilakukan perawatan secara berkala terhadap alat *High Tension Roll Separator* (HTRS) agar variabel – variabel operasi alat HTRS dapat bekerja secara optimal.
- Sebaiknya sebelum proses pemisahan mineral *conductor* dengan *non conductor*, terlebih dahulu alat HTRS dihidupkan (dipanaskan) terlebih dahulu kurang lebih 15-30 menit, dan kemudian *feed* sisa proses sebelumnya dibersihkan terlebih dahulu dari alat HTRS, agar kinerja alat HTRS dalam proses pemisahan mineral optimal.

- c. Diperlukan pengikisan karat pada *roll* agar proses *elektrostatik* bisa berjalan dengan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wills, B. A. 2006. *Mineral Processing Technology an Introduction to The Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery 7th Edition*. Elsevier Science & Technology Books. Australia.
- [2] Diponegoro, J. (2009). *Interaksi Faktor Kendali Tektonik, Permukaan Laut Dan Perubahan Iklim Di Daerah Teluk Klabat, Kabupaten Bangka Induk, Bangka*. 19(1).
- [3] Simamora, W. H. (2007). *Penafsiran struktur bawah permukaan daerah bangka utara, berdasarkan anomali gaya berat*. Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral, 17(3), 163–177.
- [4] Mangga dan Djama, 1994, *Peta Geologi dan Statigrafi Lembar Bangka Utara, Sumatra*
- [5] Sucipta, H. P. (2020). *Potensi Geologi Regional Bangka Belitung Untuk Tapak Landfill Limbah Tenorm*. Bulletin of Scientific Contribution, Volume 18, Nomor 3
- [6] Taggart, A. F. 1954. *Handbook of Mineral Dressing : Ores and Industrial Minerals*.
- [7] Komar, S., & Ningsih, R. Y. B. (2018). *Pengaruh Re-Setting Kecepatan Separation Roll Danukuran Splitter Position Pada Alat High Tension Roll Separator Terhadap recovery mineral Konduktor Di PPBT Pemali PT. Timah (Persero), Tbk. Jurnal Pertambangan*, 2(2), 11–19.
- [8] Kumar, C.R., dkk. 2006. *Effect of Process Variables on High Tension Separation - A Statistical Approach*. Proceedings of the International Seminar on Mineral Processing Technology, Chennai, India. pp. 559 – 563.
- [9] Prabowo, H., & Sumarya, S. (2017). Investigation of Chemical Feasibility and Distribution of Iron Sand Reserve Regional Area of Agam District for Cement Eaw Material in PT. Semen Padang.
- [10] Prabowo, H., & Saldi, T. (2020, July). The Feasibility Test of Physical and Chemical Properties Of Muaro Binguang Pasaman Barat Iron Sand For Semen Padang. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1594, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.
- [11] Prabowo, H. (2020, March). Genes and physical properties of iron sand from Kinali Pasaman. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1481, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.