

**PENGARUH VARIABEL SHAKING TABLE TERHADAP KADAR DAN *RECOVERY*
PENCUCIAN BIJIH TIMAH PRIMER
PT MENARA CIPTA MULIA KABUPATEN BELITUNG TIMUR**

***(The Effect Of Shaking Table Variables On Grade And Recovery Of Washing
Primary Tin Ore PT Menara Cipta Mulia East Belitung)***

Dihan Fauzan¹, Janiar Pitulima¹, Delita Ega Andini¹
¹Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

Abstract

The process of washing primary tin ore at PT Menara Cipta Mulia in the final stage uses gravity concentration method to separate mineral cassiterite from its impurity minerals. The separation process uses a shaking table with 2 stages of washing to minimize the waste of valuable minerals (losses). In the initial stages of washing, the primary shaking table and finishing stages use secondary shaking table. Currently the use of shaking tables at PT MCM does not have default standards in operation and still uses trial and error. Research method by varying the slope variables of the table in the primary tool shaking table 4 variations, namely 0.95°, 1.27°, 1.59°, 1.91° and washing water velocity of 3 variations, namely 0.6 m/s, 0.9 m/s, 1.2 m/s while on secondary shaking table tools 3 variations are slope that is 0.64°, 0.95°, 1.27° and washing water velocity of 3 variations is 0.6 m/s, 0.9 m/s, 1.2 m/s with this variable variation, the sample is obtained for the grade test and recovery calculation. The optimal results on the primary shaking table were at 1.27 degrees with an average recovery of 56.43% and grade Sn of 51.28%. Optimal water velocity is 0.9 m/s with an average recovery of 50.97% and grade Sn of 52.19%. While the optimal results for the secondary shaking table are at a slope of 0.64 degrees with recovery averaging 40.88% and grade of 71.64% with an optimal water velocity is 0.9 m/s with an average recovery of 32.24% with concentrate grade Sn 72.18%. The greater the value of the slope angle and water velocity be used, the smaller the recovery of washing tin ore produced but the smaller the recovery value indicates the higher the concentration of the resulting concentrate.

Keywords: *Shaking Table, Variables, Grade and Recovery Sn*

1. Pendahuluan

PT Menara Cipta Mulia merupakan perusahaan pertambangan logam timah (SnO₂). Metode penambangan yang dilakukan dengan metode tambang terbuka, dimana komoditas endapan timah dapat ditemukan dalam bentuk bijih timah primer dan letakan. Proses pengolahan bijih timah primer meliputi kegiatan *comminution*, *sizing*, *classifying* dan *concentration*. Pada proses *concentration* tahap akhir menggunakan metode *gravity concentration* untuk memisahkan mineral *cassiterite* dengan mineral pengotornya, dimana proses *gravity concentration* bertujuan untuk meningkatkan bijih timah yang berkadar rendah (*low grade*) menjadi bijih timah yang berkadar tinggi (*high grade*). Salah satu alat *gravity concentration* yang digunakan adalah shaking table. Shaking table (meja goyang) merupakan suatu alat yang bekerja karena adanya gaya gravitasi, gaya gesek antara partikel dengan bidang *deck* dan gaya dorong.

Proses pemisahan bijih timah primer menggunakan shaking table dilakukan dengan dua tahap yaitu *primary* yang bertujuan untuk meningkatkan kadar *feed* menjadi lebih tinggi serta untuk mengurangi kehilangan mineral berharga (*losses*) dan tahap kedua yaitu *secondary* yang bertujuan untuk mendapatkan konsentrat dengan kadar Sn yang diinginkan dengan perolehan (*recovery*) yang tinggi.

Penggunaan shaking table di PT MCM belum mempunyai standar baku dalam pengoperasian, baik yang *primary* maupun yang *secondary*, dalam pengoperasiannya masih menggunakan *trial* dan *error* serta belum ada penelitian sebelumnya di perusahaan tersebut mengenai teknis pencucian dengan alat shaking table. Akibatnya pengaturan variabel-variabel operasi shaking table selama ini belum optimal sehingga berpengaruh terhadap waktu dan biaya proses pencucian bijih timah primer serta terjadinya kehilangan mineral berharga (*losses*).

Berdasarkan permasalahan di atas, perlu dilakukan kajian terhadap variabel-variabel operasi shaking table dengan cara melakukan pengaturan pada variabel kemiringan dan kecepatan air. Pengaturan tersebut dilakukan untuk mendapatkan pengaruh variabel terhadap

*Korespondensi Penulis: (Dihan Fauzan) Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung. Kawasan Kampus Terpadu UBB, Merawang, Bangka.
Email: dihanfauzan@gmail.com

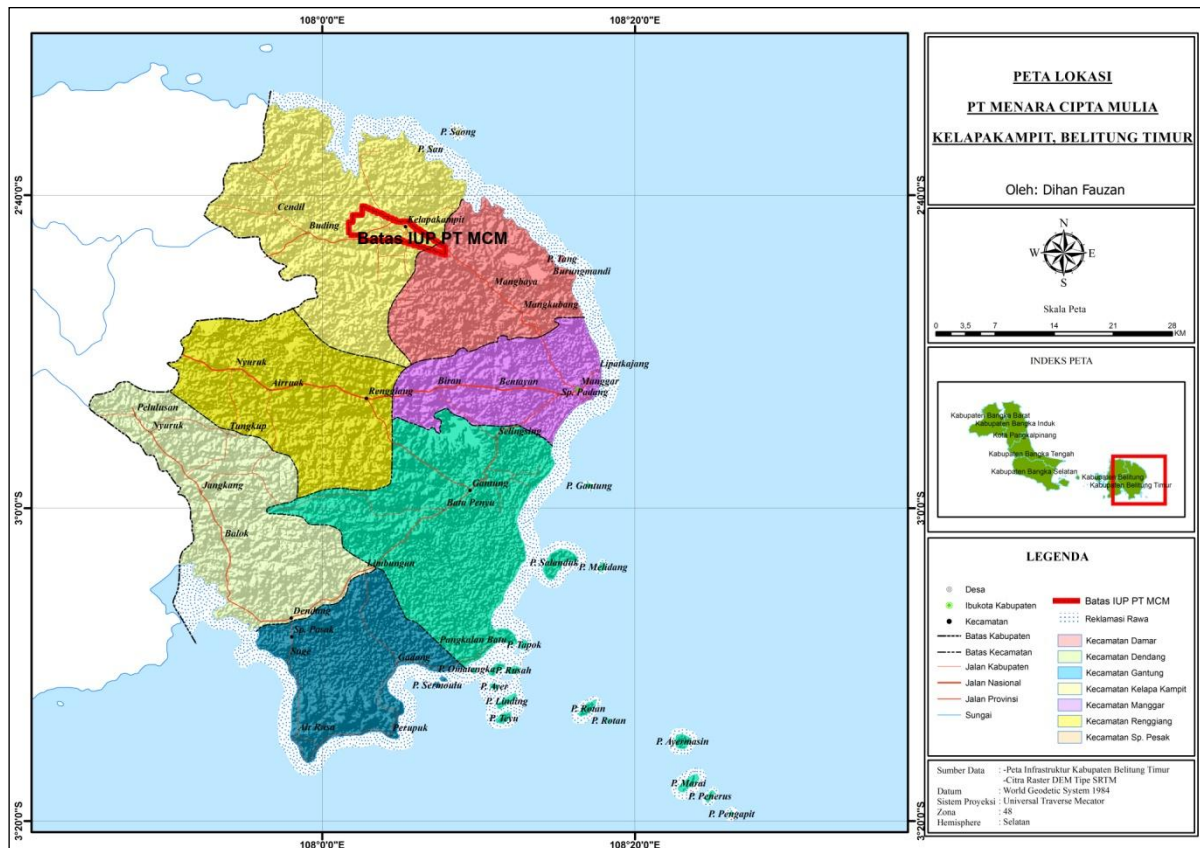
kadar dan *recovery* Sn konsentrat yang optimal dalam proses pencucian bijih timah primer.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di PT Menara Cipta Mulia yang secara administratif terletak di Dusun Pelataran, Desa Senyubuk, Kecamatan Kelapa Kampit, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dengan jarak ± 50

km dari pusat Kota Tanjung Pandan dan dapat ditempuh dengan waktu kurang lebih 1 jam perjalanan. PT Menara Cipta Mulia secara geografis terletak pada posisi 108°01'30" BT - 108°08'06" BT dan 02°40'30" LS - 02°44'06" LS. Luas IUP PT Menara Cipta Mulia sebesar 2.699 ha.

Adapun peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian PT Menara Cipta Mulia

Tinjauan Pustaka

Menurut Graha (1987), timah adalah logam berwarna putih keperakan dengan kekerasan dan kekuatan (*strength*) yang rendah, serta mempunyai sifat-sifat konduktivitas panas dan listrik yang tinggi memiliki warna kecoklatan dengan 4 mineral ikutannya yaitu monazit, zirkon, ilmenit dan kuarsa.

Genesis Endapan Timah

Menurut Sujitno (2007), berdasarkan pada cara pembentukannya, deposit timah dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, deposit timah primer dan timah sekunder. Timah primer terbentuk akibat dari intrusi batuan granit biotit, serta pada daerah kontak batuan endapan malihan biasanya berasosiasi dengan turmalin dan urat kuarsa timah pada zaman Trias Atas. Timah sekunder terbentuk akibat proses

kelanjutan dengan kondisi alam tropis yang panas dan lembab, terjadi proses pelapukan, baik secara mekanik ataupun kimiawi yang kemudian berlanjut dengan proses erosi. Hasil pelapukan tersebut tertransportasi oleh air hujan melewati aliran sungai, kemudian terendapkan sepanjang aliran sungai dan lembah.

Gravity Concentration

Menurut Burt (1984), *gravity concentration* adalah suatu proses fisika cara pemisahan mineral satu dengan yang lainnya atau mineral berharga dengan mineral kurang berharga, yang terdapat bersama-sama berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Proses konsentrasi gaya berat memanfaatkan perbedaan berat jenis antara dua mineral yang akan dipisah di dalam suatu media cairan (air), yaitu perbedaan dalam Bergeraknya mineral-mineral akibat dari gaya gravitasi yang bekerja pada tiap butiran dan dibantu dengan

satu atau lebih gaya-gaya lain yang bekerja pada butiran-butiran tersebut.

Shaking Table

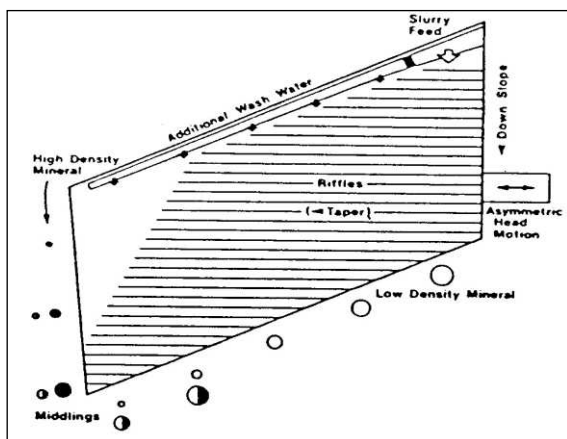
Menurut Taggart (1976), Shaking table merupakan alat konsentrasi mineral yang memanfaatkan gerakan fluida dan hentakan meja untuk memisahkan mineral-mineral dari pengotornya. Proses konsentrasi metode *tabling* merupakan proses pemisahan secara gravitasi dengan prinsip utama perbedaan berat jenis mineral-mineral logam berharga dan pengotornya. Jika perbedaan berat jenis tersebut besar maka pemisahan secara gravitasi relatif mudah dilakukan akan tetapi bila sebaliknya maka pemisahan dengan metode *tabling* sulit dilakukan.

Proses Pemisahan pada Shaking Table

Menurut Gaudin (1939), Pada shaking table bekerja efek *sluicing* yang dikombinasikan dengan *riffle* dan gaya sentak yang tegak lurus arah aliran, Proses pemisahan terjadi akibat adanya tiga gaya yang bekerja pada partikel dalam fluida yaitu :

1. Gaya gravitasi
2. Gaya dorong fluida
3. Gaya gesek

Peranan ketiga gaya tersebut sangat menentukan perlapisan (stratifikasi) dan urutan partikel dengan partikel besar ringan paling depan diikuti partikel kecil ringan. Kemudian diikuti partikel besar berat serta partikel kecil berat paling akhir.



Gambar 2. Proses pemisahan shaking table (Wills, 2006)

Recovery Pencucian Bijih Timah

Menurut Lubis (2010), *recovery* menyatakan jumlah atau persentase mineral berharga yang dapat diambil dari umpan dan masuk ke konsentrat. 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. Perbandingan antara logam berharga dalam konsentrat dengan berat logam berharga dalam umpan yang dinyatakan dalam persen (%), hubungan antara *feed*, *tailing* dan konsentrat dapat digunakan Persamaan 1 berikut (Rahmanudin, 2010) :

$$R = \frac{Cc}{Ff} \times 100 \% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- F = banyaknya *Feed* (gr)
- f = kadar *feed* (%)
- C = Konsentrat (gr)
- c = kadar konsentrat (%)

2. Metode Penelitian

Metode penelitian dengan cara melakukan variasi variabel kemiringan pada alat primary shaking table 4 variasi yaitu 0,95°, 1,27°, 1,59°, 1,91° dan kecepatan air pencuci 3 variasi yaitu 0,6 m/s, 0,9 m/s, 1,2 m/s sedangkan pada alat secondary shaking table 3 variasi kemiringan yaitu 0,64°, 0,95°, 1,27° dan kecepatan air pencuci 3 variasi yaitu 0,6 m/s, 0,9 m/s, 1,2 m/s dengan variasi variabel tersebut didapatkan *sample* untuk dilakukan uji kadar dilaboratorium dengan menggunakan metode XRF dan selanjutnya pengolahan data dilakukan dengan menggunakan persamaan matematis untuk mendapatkan kadar masing-masing *sample* dan *recovery* dari setiap percobaan pencucian menggunakan alat shaking table. Analisis pengaruh variabel kemiringan dan kecepatan air shaking table dilakukan untuk mendapatkan kadar dan *recovery* Sn konsentrat yang optimal.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif melalui beberapa tahapan meliputi studi literatur, observasi, pengumpulan dan pengelompokan data, pengolahan data, analisis data, serta penyusunan laporan. Tahapan studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan bahan-bahan pustaka yang berhubungan dengan proses pencucian menggunakan alat shaking table serta literatur yang berkaitan dengan penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian dilakukan pada alat primary dan secondary shaking table. Proses pemisahan dengan shaking table melibatkan banyak variabel operasi, namun dalam penelitian ini variabel yang dilakukan pengaturan yaitu kemiringan dek dan kecepatan air pencuci (*wash water*) dengan variabel operasi lainnya dianggap tetap. Pada alat primary shaking table dilakukan pengaturan 4 variasi kemiringan dan 3 variasi kecepatan air. Sedangkan pada alat secondary shaking table dilakukan pengaturan 3 variasi kemiringan dan 3 variasi kecepatan air.



Gambar 3. Shaking table PT Menara Cipta Mulia

Pengaruh Kemiringan Terhadap Kadar dan Recovery Sn Konsentrat

Analisis pengaruh kemiringan dilakukan untuk mengetahui berapa besar pengaruh variasi sudut kemiringan yang telah ditentukan terhadap kadar dan recovery Sn konsentrat pada alat primary shaking table dan secondary shaking table.



Gambar 4. Pengukuran kemiringan meja

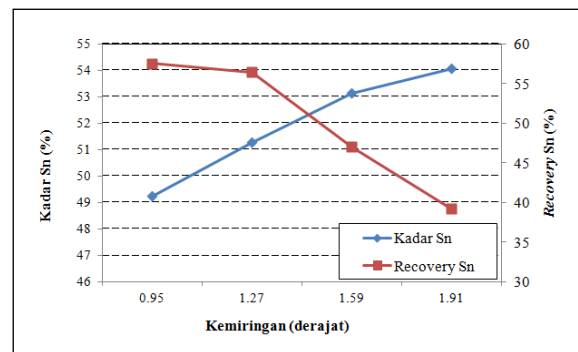
Primary Shaking Table

Pengaturan pada alat primary shaking table dilakukan dengan variasi sudut kemiringan 4 variasi yaitu 0,95°, 1,27°, 1,59° dan 1,91° sedangkan kecepatan air 3 variasi yaitu 0,6 m/s, 0,9 m/s dan 1,2 m/s. Nilai *recovery* konsentrat pada alat primary shaking table didapat dari perhitungan berdasarkan perbandingan nilai kadar konsentrat dikalikan nilai laju konsentrat berbanding nilai kadar umpan dikalikan nilai laju umpan dinyatakan dalam persen.

Tabel. 1 Kadar dan *recovery* Sn konsentrat primary shaking table

No	Kemiringan (°)	Kecepatan Air Pencuci (m/s)	Kadar Feed (%)	Kadar Konsentrat (%)	Recovery Konsentrat (%)
1	0,95	0,6	15,14	48,42	58,17
2		0,9	15,14	49,81	57,12
3		1,2	15,14	49,49	57,25
4	1,27	0,6	15,14	51,11	56,69
5		0,9	15,14	50,96	59,07
6		1,2	15,14	51,78	53,55
7	1,59	0,6	15,14	51,65	48,08
8		0,9	15,14	54,86	47,46
9		1,2	15,14	52,88	43,02
10	1,91	0,6	15,14	54,43	41,96
11		0,9	15,14	53,14	40,22
12		1,2	15,14	54,62	35,41

Berdasarkan Tabel di atas dapat dilihat, bahwa pengaruh variabel kemiringan terhadap kadar Sn dan *recovery* pencucian bijih timah primer pada alat primary shaking table. Kadar Sn tertinggi terdapat pada kemiringan 1,59 derajat dan kecepatan air 0,9 m/s dengan kadar 54,86% Sn, sedangkan kadar Sn terendah pada uji coba kemiringan 0,95 derajat dan kecepatan air 0,6 m/s dengan kadar 48,42% Sn. Nilai perolehan (*recovery*) tertinggi didapatkan pada uji No. 5 dengan *recovery* 59,07% dan *recovery* terendah didapatkan pada uji coba No. 12 dengan *recovery* 35,41%.



Gambar 5. Grafik pengaruh sudut kemiringan terhadap kadar dan *recovery* Sn konsentrat primary shaking table

Berdasarkan Gambar diatas dapat dilihat bahwa kemiringan 0,95 derajat memiliki nilai *recovery* Sn konsentrat tertinggi dengan kadar Sn rendah. Hal tersebut menunjukkan jika kemiringan bertambah maka *recovery* Sn relatif menurun. Hasil variasi sudut kemiringan tersebut dapat kita lihat terjadi perubahan kadar pada tiap kemiringan dek, nilai kadar Sn terbaik terdapat pada kemiringan 1,91. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jika sudut kemiringan bertambah maka kadar Sn cenderung meningkat. Sudut kemiringan yang optimal untuk proses pencucian bijih timah pada alat primary shaking table terdapat pada kemiringan 1,27 derajat dengan *recovery* Sn konsentrat rata-rata pada proses pencucian bijih timah yaitu 56,43% dengan kadar Sn konsentrat 51,28%.

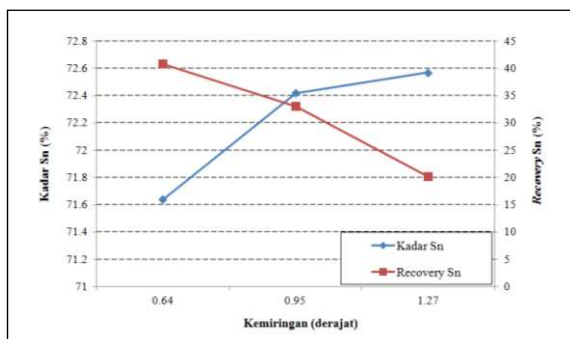
Secondary Shaking Table

Pengaturan pada alat secondary shaking table digunakan variasi sudut kemiringan 3 variasi yaitu 0,64°, 0,95°, 1,27° sedangkan kecepatan air digunakan pengaturan 3 variasi yaitu 0,6 m/s, 0,9 m/s dan 1,2 m/s. Nilai *recovery* konsentrat pada pencucian alat secondary shaking table didapatkan dari perhitungan menggunakan persamaan matematis. Perhitungan tersebut seperti yang dijelaskan pada alat primary shaking table. Nilai *recovery* pada masing-masing percobaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel. 2 Kadar dan *recovery* Sn konsentrat secondary shaking table

No	Kemiringan (°)	Kecepatan Air Pencuci (m/s)	Kadar Feed (%)	Kadar Konsentrat (%)	Recovery Konsentrat (%)
1		0,6	51,76	71,46	41,07
2	0,64	0,9	51,76	71,15	43,20
3		1,2	51,76	72,31	38,39
4		0,6	51,76	72,37	33,20
5	0,95	0,9	51,76	72,67	34,14
6		1,2	51,76	72,23	31,92
7		0,6	51,76	72,31	24,09
8	1,27	0,9	51,76	72,71	19,38
9		1,2	51,76	72,68	17,08

Berdasarkan Tabel di atas dapat dilihat, bahwa material dengan kadar umpan (*feed*) 51,76% Sn relatif mengalami kenaikan kadar Sn disetiap bertambahnya kemiringan. Kadar Sn tertinggi terdapat pada uji coba ke-8 dengan kemiringan 1,27 derajat dan kecepatan air 0,9 m/s dengan kadar 72,71% Sn, sedangkan kadar Sn terendah pada uji coba ke-2 dengan kemiringan 0,64 derajat dan kecepatan air 0,9 m/s dengan kadar 71,15% Sn. Nilai *recovery* tertinggi didapatkan pada uji No. 2 dengan kemiringan 0,64 derajat dan kecepatan air 0,9 m/s dengan *recovery* 43,20% dan *recovery* terendah didapatkan pada uji coba No. 9 dengan kemiringan 1,27 derajat dan kecepatan air 1,2 m/s dengan *recovery* 17,08%.



Gambar 6. Grafik pengaruh sudut kemiringan terhadap kadar dan *recovery* Sn konsentrat secondary shaking table

Berdasarkan grafik diatas, mengenai pengaruh sudut kemiringan terhadap kadar dan *recovery* Sn konsentrat pada alat secondary shaking table diketahui bahwa kemiringan 0,64 derajat memiliki nilai *recovery* Sn konsentrat tertinggi, sedangkan untuk nilai kadar Sn konsentrat tertinggi pada sudut kemiringan 1,27 derajat. Melalui grafik tersebut, dapat diketahui dimana semakin bertambahnya sudut kemiringan maka nilai kadar Sn konsentrat semakin meningkat, begitu pula semakin bertambahnya sudut kemiringan maka *recovery* konsentrat pencucian bijih timah semakin menurun, hal tersebut membuktikan bahwa kadar berbanding terbalik dengan perolehan (*recovery*). Sudut

kemiringan yang optimal untuk proses pencucian bijih timah pada alat secondary shaking table terdapat pada kemiringan 0,64 derajat dengan *recovery* Sn konsentrat rata-rata yaitu 40,88% dengan kadar Sn konsentrat 71,64%.

Pengaruh Kecepatan Air Terhadap Kadar dan *Recovery* Sn Konsentrat

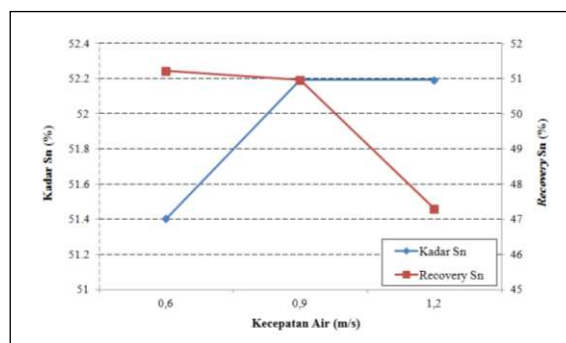
Selain pengaruh kemiringan, variabel operasi shaking table yang juga sangat berpengaruh yaitu kecepatan air pencuci (*wash water*). Analisis pengaruh kecepatan air pencuci dilakukan untuk mengetahui berapa besar pengaruh kecepatan air pencuci terhadap kadar dan *recovery* Sn konsentrat pada alat primary shaking table dan secondary shaking table.



Gambar 7. Perhitungan debit air pencuci

Primary Shaking Table

Berdasarkan hasil penelitian terhadap uji coba pengaturan kecepatan air pada alat primary shaking table maka didapatkanlah hubungan nilai variabel tersebut terhadap kadar dan *recovery* pencucian bijih timah primer.



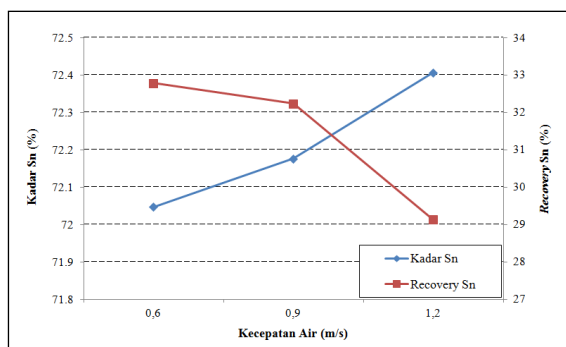
Gambar 8. Grafik pengaruh kecepatan air terhadap kadar dan *recovery* Sn konsentrat primary shaking table

Berdasarkan grafik diatas, diketahui semakin kecil nilai kecepatan air yang digunakan maka semakin kecil pula kadar Sn konsentrat yang dihasilkan. Sedangkan semakin kecil nilai kecepatan air mengakibatkan perolehan *recovery*

pencucian bijih timah semakin tinggi. Kecepatan air sebesar 0,6 m/s memiliki nilai *recovery* yang tinggi yaitu 51,22%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan kadar timah pada kecepatan air 0,9 m/s dan 1,2 m/s merupakan kadar tertinggi dengan 52,19%, sedangkan kadar terendah pada kecepatan air 0,6 m/s dengan kadar konsentrat 51,4%. Kecepatan air yang optimal untuk proses pencucian bijih timah pada alat primary shaking table terdapat pada kecepatan air 0,9 m/s dengan *recovery* Sn konsentrat rata-rata timah yaitu 50,97% dengan kadar Sn konsentrat 52,19%.

Secondary Shaking Table

Berdasarkan hasil penelitian terhadap uji coba pengaturan kecepatan air pada alat secondary shaking table maka didapatkanlah hubungan nilai variabel tersebut terhadap kadar dan *recovery* pencucian bijih timah primer.



Gambar 9. Grafik pengaruh kecepatan air terhadap kadar dan *recovery* Sn konsentrat secondary shaking table

Berdasarkan grafik diatas didapatkan nilai perolehan (*recovery*) Sn konsentrat tertinggi pada proses pencucian bijih timah dengan alat secondary shaking table pada kecepatan air 0,6 m/s dan terendah pada kecepatan air 1,2 m/s. kadar Sn konsentrat terendah pada laju air pencuci 0,6 m/s sedangkan kadar Sn tertinggi pada laju air pencuci 1,2 m/s. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin cepatnya kecepatan air yang digunakan, maka nilai *recovery* Sn konsentrat semakin menurun dan sebaliknya kadar Sn konsentrat relatif semakin naik. Kecepatan air yang optimal untuk proses pencucian bijih timah pada alat secondary shaking table terdapat pada kecepatan air 0,9 m/s dengan *recovery* Sn konsentrat rata-rata pada proses pencucian bijih timah yaitu 32,24% dengan kadar Sn konsentrat 72,18%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Sudut kemiringan yang optimal untuk proses pencucian bijih timah primer pada alat primary

shaking table terdapat pada kemiringan 1,27 derajat dengan *recovery* Sn konsentrat rata-rata yaitu 56,43% dengan kadar Sn konsentrat 51,28%. Sedangkan pada alat secondary shaking table sudut kemiringan yang optimal yaitu pada kemiringan 0,64 derajat dengan *recovery* Sn konsentrat rata-rata yaitu 40,88% dengan kadar Sn konsentrat 71,64%.

2. Kecepatan air pencuci (*wash water*) yang optimal untuk proses pencucian bijih timah primer pada alat primary shaking table terdapat pada kecepatan air 0,9 m/s dengan *recovery* Sn konsentrat rata-rata yaitu 50,97% dengan kadar Sn konsentrat 52,19%. Sedangkan pada alat secondary shaking table kecepatan air pencuci (*wash water*) yang optimal yaitu pada kecepatan air 0,9 m/s dengan *recovery* Sn konsentrat rata-rata yaitu 32,24% dengan kadar Sn konsentrat 72,18%. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa semakin besar nilai sudut kemiringan dan kecepatan air yang digunakan maka semakin kecil pula *recovery* pencucian bijih timah yang dihasilkan. Sedangkan, semakin kecil nilai *recovery* menunjukkan semakin tinggi kadar konsentrat yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

- Burt, R.O, 1984, *Gravity Concentration Technology*, Elsevier, Amsterdam.
- Gaudin, A.M, 1939, *Principles Of Mineral Dressing*. New York, London : Mc Graw Hill Book Company, Inc
- Graha, Dodi. S, 1987, *Batuan dan Mineral*, Nova, Bandung.
- Kelly, E.G and Spottiwood, D.J, 1982, "Introduction to Mineral Processing", John Wiley., New York.
- Lubis, Ichwan A, 2010, *Penambangan Timah Alluvial di Darat PT Timah (Persero) Tbk*, Pangkalpinang.
- Rahmanudin, 2010, *Pengolahan Bahan Galian*, Buku Ajar Praktikum Laboratorium Pengolahan Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin.
- Sujitno, Sutedjo., 2007, *Sejarah Pertambangan Timah di Indonesia*, Cempaka Publishing, Jakarta.
- Taggart, A. F. 1976. *Handbook of Mineral Dressing Ores and Industrial Minerals*. New York. Chicester. Brisbane. Toronto.
- Tobing, H.S.L., 2002, *Tahapan Pengolahan Bahan Galian*, Tasikmalaya.
- Wills. B.A, Munn-Naapier. T.J., 2006, *Mineral Processing Technology*, Hand Book : 7, Elsevier Science & Technology Books.