

Artikel Penelitian

Studi Eksperimental *Recovery* Timah (Sn) dari *Tailing High Tension Roll Separation* Menggunakan *Shaking Table*: Pengaruh Laju Aliran Air

Experimental Study on Tin (Sn) Recovery from High Tension Roll Separation Tailing Using a Shaking Table: Effect of Water Flow Rate

Riria Zendy Mirahati^{1*}, Nurul Wulandari², Fitri Ayu Mardhatila², Untung Sukamto², Frideni Yushandiana Putri², Hazim Haikal Labib², M. Hafiz Faturrahman²

¹Prodi Teknik Metalurgi, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral dan Energi, Universitas Pembangunan Nasional

"Veteran" Yogyakarta Alamat Jl. Padjajaran/ Jl. SWK 104, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283, Indonesia

^{2,3,4} Prodi Teknik Metalurgi, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral dan Energi, Universitas Pembangunan Nasional

"Veteran" Yogyakarta Alamat Jl. Padjajaran/ Jl. SWK 104, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283, Indonesia

*Penulis korespondensi

e-mail: ririazendymirahati@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan kembali *tailing* dari proses pengolahan mineral merupakan langkah strategis dalam mendukung kegiatan pertambangan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Salah satu jenis *tailing* yang masih mengandung mineral berharga adalah *tailing* hasil proses *High Tension Roll Separation* (HTRS) yang digunakan dalam pemisahan zirkon kadar rendah. *Tailing* ini diketahui masih menyimpan kandungan timah (Sn) dalam jumlah yang cukup signifikan. Oleh karena itu, diperlukan metode yang tepat untuk mengekstraksi kembali mineral berharga tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi laju aliran air terhadap *recovery* timah dari *tailing* HTRS menggunakan metode konsentrasi gravitasi dengan alat *shaking table*.

Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium menggunakan sampel *tailing* berukuran -50 mesh dengan massa 15.000 gram pada setiap perlakuan. Variabel bebas yang digunakan adalah laju aliran air dengan tiga variasi, yaitu 0,90 m/s, 0,95 m/s, dan 1,00 m/s. Sementara itu, variabel terikatnya adalah nilai *recovery* timah (Sn) dalam satuan persen. Parameter kemiringan *deck* dijaga tetap sebesar 1,2° untuk menjaga kestabilan proses pemisahan. Setelah pemisahan, hasil konsentrat dianalisis menggunakan alat X-Ray Fluorescence (XRF) Shotgun. Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung *recovery* dan dianalisis secara statistik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju aliran air memengaruhi nilai *recovery*. *Recovery* tertinggi dicapai pada laju 1,00 m/s sebesar 49,96%, sedangkan *recovery* terendah terjadi pada laju 0,95 m/s sebesar 41,57%. Nilai kadar Sn tertinggi dalam konsentrat juga tercatat pada laju 1,00 m/s. Analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan positif yang sangat lemah antara laju aliran air dan *recovery* Sn. Temuan ini menunjukkan bahwa *shaking table* masih efektif digunakan dalam proses *recovery* timah dari *tailing*, dengan pengaturan laju air yang tepat untuk menghasilkan hasil yang optimal.

Kata Kunci: *recovery* timah, *shaking table*, *tailing High Tension Roll Separation* (HTRS), laju aliran air, konsentrasi gravitasi

ABSTRACT

The reutilization of tailings from mineral processing is a strategic step in supporting sustainable and environmentally friendly mining activities. One type of tailing that still contains valuable minerals is the residue from the High Tension Roll Separation (HTRS) process used in the separation of low-grade zircon. This tailing is known to still hold a significant amount of tin (Sn). Therefore, an appropriate method is required to extract the remaining valuable minerals. This study aims to investigate the effect of water flow rate variations on tin recovery from HTRS tailings using the gravity concentration method with a shaking table.

Naskah masuk : 22 Juni 2025
Revisi pertama : 23 Juni 2025
Naskah diterima : 25 Juni 2025
Naskah dipublikasi online : 26 Juni 2025

The research was conducted experimentally in a laboratory using tailing samples with a particle size of -50 mesh and a feed mass of 15,000 grams per test. The independent variable was the water flow rate, with three variations: 0.90 m/s, 0.95 m/s, and 1.00 m/s. The dependent variable was the tin (Sn) recovery rate, expressed in percentage. The deck slope of the shaking table was maintained at 1.2° to ensure process stability. After separation, the concentrate samples were analyzed for Sn content using an X-Ray Fluorescence (XRF) Shotgun. The obtained data were used to calculate recovery and analyzed statistically.

The results showed that water flow rate affects tin recovery. The highest recovery was achieved at a flow rate of 1.00 m/s with 49.96%, followed by 0.90 m/s with 48.66%, and the lowest at 0.95 m/s with 41.57%. The highest Sn grade in the concentrate was also recorded at 1.00 m/s. Correlation analysis indicated a very weak positive relationship between water flow rate and recovery. These findings demonstrate that the shaking table remains effective for tin recovery from tailings, provided that optimal water flow conditions are applied.

Keywords: tin recovery, shaking table, High Tension Roll Separation (HTRS) tailing, water flow rate, gravity concentration

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara produsen timah utama dunia, terutama dari wilayah Bangka Belitung. Dalam proses penambangan dan pengolahan timah, masih terdapat sebagian besar mineral berharga yang tidak terambil secara maksimal dan tertinggal dalam limbah hasil proses, seperti *tailing*. Salah satu jenis *tailing* yang masih memiliki kandungan Sn cukup signifikan berasal dari proses *High Tension Roll Separation* (HTRS) yang digunakan dalam pemisahan zirkon kadar rendah (*low grade zircon*). Pemanfaatan kembali *tailing* ini tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi *recovery* sumber daya alam, tetapi juga mendukung prinsip pertambangan berkelanjutan dan ramah lingkungan (*zero waste mining*).

Metode konsentrasi gravitasi, seperti *shaking table*, merupakan salah satu teknik yang efektif untuk memisahkan mineral berdasarkan perbedaan berat jenis. Dalam proses ini, parameter operasional seperti laju aliran air memegang peranan penting terhadap keberhasilan pemisahan. Laju air yang terlalu tinggi dapat menyebabkan partikel halus timah terbawa ke *tailing* akhir, sedangkan laju yang terlalu rendah bisa mengurangi efisiensi pemisahan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai pengaruh variasi laju air terhadap tingkat *recovery* Sn sangat penting untuk mengoptimalkan proses ini.

Beberapa studi sebelumnya telah menunjukkan pentingnya pengaturan parameter proses dalam teknologi konsentrasi gravitasi. Penelitian oleh Siahaan dkk. (2021) mengungkapkan bahwa efisiensi *shaking table* dapat ditingkatkan dengan mengoptimalkan laju air, ukuran partikel, dan sudut kemiringan alat. Selain itu, Putri dkk. (2022) juga menyatakan bahwa *tailing* HTRS masih menyimpan potensi nilai ekonomi yang signifikan melalui proses *recovery* kembali menggunakan metode gravitasi. Temuan tersebut menunjukkan adanya peluang untuk meningkatkan pemanfaatan *tailing* melalui penelitian lebih lanjut terhadap parameter-parameter operasional *shaking table*.

Berdasarkan uraian di atas, pertanyaan utama yang ingin dijawab dalam penelitian ini adalah: bagaimana pengaruh variasi laju air terhadap *recovery* timah (Sn) dari *tailing* HTRS menggunakan *shaking table*? Serta, pada laju air berapakah *recovery* Sn mencapai nilai optimal?

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi laju aliran air terhadap tingkat *recovery* timah menggunakan *shaking table* dan menentukan laju air optimal yang memberikan hasil *recovery* Sn tertinggi dari *tailing* hasil proses HTRS.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental di laboratorium untuk menguji pengaruh variasi laju aliran air terhadap *recovery* timah (Sn) menggunakan metode pemisahan gravitasi (*gravity concentration*) dengan alat *shaking table*. Pemilihan metode ini didasarkan pada prinsip pemisahan mineral berdasarkan perbedaan sifat fisik, terutama perbedaan berat jenis (*specific gravity*), yang merupakan prinsip dasar dalam teknologi konsentrasi gravitasi (Wills & Finch, 2016).

Shaking table merupakan salah satu alat konsentrasi gravitasi yang bekerja dengan memadukan getaran mekanis dan aliran air permukaan. Menurut Siahaan dkk. (2021), alat ini memanfaatkan gaya gravitasi dan gaya inersia untuk memisahkan partikel berdasarkan densitasnya, di mana mineral berat akan terkonsentrasi di bagian sisi bawah, sedangkan mineral ringan akan terbawa ke bagian atas oleh aliran air. Efisiensi proses ini dipengaruhi oleh beberapa parameter operasional seperti laju aliran air, kemiringan *deck*, ukuran partikel, dan distribusi *feed*.

Penelitian ini memfokuskan pada pengaruh laju aliran air (*water flow rate*) sebagai variabel bebas, dengan variasi sebesar 0,90 m/s, 0,95 m/s, dan 1,00 m/s. Sementara itu, *recovery* timah (Sn) merupakan variabel terikat yang diamati dalam bentuk persen (%), dihitung berdasarkan kadar dan berat konsentrat hasil pemisahan. Parameter lain seperti kemiringan *deck* dijaga tetap pada sudut 1,2°, untuk menjaga kestabilan proses dan memastikan bahwa perubahan yang terjadi berasal dari variasi laju air semata.

Umpan (*feed*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah *tailing* dari proses high tension roll separation (HTRS), yaitu hasil pemisahan zirkon kadar rendah yang masih mengandung mineral timah. Ukuran partikel yang digunakan adalah -50 mesh atau lolos saringan 50 mesh, sesuai dengan kajian oleh Widodo dkk. (2023), yang menyatakan bahwa ukuran optimum untuk *shaking table* berada pada rentang -35 hingga -100 mesh untuk mencapai efisiensi pemisahan maksimum.

Setiap pengujian menggunakan massa umpan sebesar 15.000 gram (15 kg). Setelah proses pemisahan menggunakan *shaking table*, konsentrat dikeringkan dan dianalisis kadar Sn-nya menggunakan alat X-Ray Fluorescence (XRF) Shotgun (EDXRF). Metode ini dipilih karena bersifat non-destruktif, cepat, dan akurat untuk pengukuran kandungan logam dalam padatan (Rahman dkk., 2022).

Perhitungan Recovery

Recovery timah dihitung berdasarkan rumus yang dikutip dari Wills & Finch (2016) dalam buku *Wills' Mineral Processing Technology*, sebagai berikut (2):

$$Recovery = \frac{K.k}{F.f} \times 100\% \quad (1)$$

di mana,

K : berat konsentrat (g)

k : kadar logam di konsentrat (%)

F : berat umpan (g)

f : kadar logam di umpan (%)

Rumus ini digunakan secara luas dalam industri pengolahan mineral untuk mengevaluasi performa proses konsentrasi baik secara gravitasi maupun flotasi, dan memastikan efisiensi dalam pemisahan mineral berharga dari bahan buangan (Wills & Finch, 2016).

Analisis Statistik digunakan untuk mengetahui hubungan antara laju aliran air dan *recovery* Sn, dilakukan analisis statistik deskriptif berupa uji korelasi Pearson. Uji ini sesuai karena kedua variabel bersifat kuantitatif kontinu, dan korelasi ini bertujuan mengetahui: apakah terdapat hubungan linier antara peningkatan laju air dan nilai *recovery* dan arah hubungan tersebut (positif atau negatif). Rumus korelasi Pearson yang digunakan adalah sebagai berikut (2):

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)\}}} \quad (2)$$

Keterangan:

r : koefisien korelasi Pearson

x : nilai variabel bebas (laju aliran air)

y : nilai variabel terikat (*recovery* Sn)

n : jumlah pasangan data

$\sum$: simbol penjumlahan

x^2 dan y^2 : kuadrat dari masing-masing nilai

Menurut (Evans, 1996; Cohen, 1988), nilai koefisien korelasi Pearson (r) berada dalam rentang -1 hingga +1, dengan interpretasi sebagai berikut:

$r > 0$: menunjukkan adanya hubungan linier positif (jika satu variabel meningkat, variabel lainnya cenderung meningkat juga).

$r < 0$: menunjukkan adanya hubungan linier negatif (jika satu variabel meningkat, variabel lainnya cenderung menurun).

$r = 0$: menunjukkan tidak ada hubungan linier antara kedua variabel.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi laju aliran air terhadap *recovery* timah (Sn) dari *tailing* hasil proses *High Tension Roll Separation* (HTRS) menggunakan metode konsentrasi gravitasi dengan alat *shaking table*. Data hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1 berikut:

Dari data Tabel 1, terlihat bahwa variasi laju aliran air mempengaruhi *recovery* Sn. Laju aliran air 1,00 m/s menghasilkan *recovery* tertinggi sebesar 49,96%, diikuti oleh laju 0,90 m/s sebesar 48,66%, dan paling rendah terjadi pada laju 0,95 m/s sebesar 41,57%. Secara umum, terdapat kecenderungan bahwa pada laju air yang terlalu rendah atau terlalu tinggi, efisiensi pemisahan cenderung meningkat, sementara laju air menengah justru menunjukkan penurunan efisiensi.

Tabel 1. Hasil Uji Pengaruh Variasi Laju Aliran Air terhadap *Recovery* Sn pada *Tailing* HTRS Menggunakan *Shaking Table*

Uji	Laju Air (m/s)	Berat (g) Kadar Sn (%)			R (%)
		K	f	k	
1	0,90	1.629,49	9,10	40,76	48,66
2	0,95	1.576,05	11,96	47,32	41,57
3	1,00	1.070,01	9,46	66,26	49,96

Ket: Berat umpan (F): 15.000 g; kemiringan *deck*: 1,2°; K: Berat Konsentrat; f: kadar logam di umpan; k: kadar logam di konsentrat; R: *Recovery*.

Menurut Wills & Finch (2016), dalam metode *shaking table*, laju air permukaan yang terlalu rendah dapat menyebabkan partikel ringan tertahan dan bercampur dengan mineral berat, sementara laju yang terlalu tinggi dapat menyebabkan partikel berat ikut terbawa ke aliran *tailing*. Oleh karena itu, pencapaian *recovery* optimal terjadi pada keseimbangan antara kekuatan aliran dan gaya gravitasi terhadap partikel. Pada laju 1,00 m/s, aliran air cukup kuat untuk memisahkan

partikel ringan tanpa membawa partikel berat, sehingga menghasilkan kadar dan *recovery* Sn yang tinggi.

Temuan ini didukung oleh penelitian Siahaan dkk. (2021), yang menyatakan bahwa parameter operasional seperti laju air sangat menentukan efisiensi *shaking table*. Mereka mencatat bahwa peningkatan laju air hingga titik optimum dapat meningkatkan *recovery* logam berat, tetapi melebihi titik tersebut dapat menyebabkan kehilangan mineral berharga.

Menariknya, pada laju 0,95 m/s, *recovery* justru turun meskipun kadar Sn *feed* cukup tinggi (11,96%). Hal ini mungkin disebabkan oleh kondisi turbulensi mikro yang tidak ideal, yang menyebabkan partikel halus Sn tidak terendapkan secara efektif dan ikut terbawa arus permukaan. Widodo dkk. (2023) menyebutkan bahwa distribusi ukuran partikel halus kurang dari 50 mesh sangat sensitif terhadap kecepatan aliran air, dan ketidaksesuaian aliran dengan ukuran partikel dapat menyebabkan kehilangan logam dalam *tailing*.

Adapun kadar Sn tertinggi dalam konsentrat juga ditemukan pada laju air 1,00 m/s yaitu 66,26%, menunjukkan bahwa pada kondisi ini tidak hanya *recovery* tinggi, tetapi juga kualitas produk konsentrat sangat baik.

Hasil analisis korelasi Pearson antara laju aliran air dan *recovery* Sn menunjukkan nilai koefisien $r = 0,144$, yang mengindikasikan adanya hubungan positif yang sangat lemah. Meskipun secara visual pada laju air 1,00 m/s menghasilkan *recovery* tertinggi, hubungan linier antara peningkatan laju air dan *recovery* belum dapat dinyatakan kuat secara statistik.

Keterangan bahwa hubungan tersebut “sangat lemah” didasarkan pada pedoman interpretasi nilai koefisien korelasi yang dikemukakan oleh Evans (1996), di mana nilai korelasi dalam rentang 0,00–0,19 dikategorikan sebagai hubungan sangat lemah. Pedoman serupa juga dikemukakan oleh Cohen (1988), yang menyatakan bahwa nilai r mendekati nol mencerminkan rendahnya kekuatan hubungan antarvariabel. Dengan demikian, nilai $r = 0,144$ secara statistik menunjukkan bahwa peningkatan laju aliran air hanya memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap peningkatan *recovery* Sn, dan kemungkinan besar hubungan tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor lain di luar variabel yang dianalisis.

IV. KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa laju aliran air memengaruhi *recovery* timah (Sn) dari *tailing* HTRS menggunakan *shaking table*. *Recovery* tertinggi sebesar 49,96% diperoleh pada laju air 1,00 m/s, disusul 0,90 m/s (48,66%) dan terendah pada 0,95 m/s (41,57%). Meskipun korelasi antara laju air dan *recovery* tergolong lemah ($r = 0,144$), terdapat kecenderungan positif yang perlu dikaji lebih lanjut.

Penelitian lanjutan disarankan untuk Menguji kombinasi parameter lain seperti kemiringan *deck* dan ukuran partikel, membandingkan hasil dengan metode konsentrasi lain untuk menentukan teknologi paling optimal, dan Menambah jumlah ulangan agar memungkinkan uji statistik yang lebih kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M., & Nurul, H. (2021). Karakterisasi *tailing* proses HTRS dan potensi pemanfaatannya. *Jurnal Teknologi Mineral Indonesia*, 9(2), 44–52.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Evans, J. D. (1996). *Straightforward statistics for the behavioral sciences*. Brooks/Cole Publishing.
- Firmansyah, D., & Sari, A. (2020). Pemisahan timah dari *tailing* menggunakan metode *shaking table*. *Jurnal Teknologi Mineral*, 14(1), 20–27.
- Hartanto, B., & Susilowati, D. (2020). Studi karakteristik *tailing* HTRS sebagai sumber timah alternatif. *Jurnal Geologi dan Mineral*, 16(3), 187–194.
- Kurnia, F., & Yanti, R. (2022). Studi pemulihan logam berat dari *tailing* tambang menggunakan metode konsentrasi gravitasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan Tambang*, 5(2), 98–106.
- Mahardika, H., & Dewi, K. (2023). Analisis kinerja *shaking table* pada variasi sudut kemiringan *deck*. *Jurnal Teknik Pertambangan dan Energi*, 10(1), 22–29.
- Nugroho, T., Suryana, R., & Maulana, F. (2020). Comparative analysis of tin *recovery* on various gravity separation methods. *Indonesian Mining Journal*, 23(1), 33–41.
- Prakoso, A., & Ramadhani, T. (2020). Peningkatan efisiensi pemisahan timah menggunakan *shaking table* dan variasi air. *Jurnal Eksplorasi Mineral*, 17(4), 121–128.
- Putri, R. A., Hasanah, I., & Rahmawati, L. (2022). Pemanfaatan *tailing* HTRS untuk pemulihan mineral timah menggunakan metode konsentrasi gravitasi. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 18(4), 203–211.
- Rahman, A., Susanto, B., & Hidayat, M. (2022). XRF analysis for rapid determination of Sn content in *tailings* from tin mining. *Applied Geochemistry Advances*, 10, 100106. <https://doi.org/10.1016/j.apgeoadv.2022.100106>
- Rinaldi, R., & Syamsuddin, A. (2021). Pengaruh laju aliran air terhadap efisiensi *shaking table* dalam pemisahan mineral berat. *Jurnal Pertambangan dan Lingkungan*, 11(2), 75–82.
- Setiawan, D., & Yuliana, L. (2021). Evaluasi potensi *tailing* sebagai bahan baku sekunder untuk

- pemulihan logam. *Jurnal Rekayasa Pertambangan*, 8(2), 110–117.
- Siahaan, A. M., Rambe, P., & Pratama, F. R. (2021). Optimization of *shaking table* parameters in gravity concentration of tin ore. *Journal of Mining and Environment*, 12(3), 157–165. <https://doi.org/10.22044/jme.2021.10678.2045>
- Simanjuntak, E., & Prasetyo, H. (2022). Studi pengaruh ukuran partikel terhadap *recovery* timah dengan *shaking table*. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, 12(1), 34–42.
- Widodo, A., Kurniawan, F., & Hartono, Y. (2023). Effect of particle size on gravity concentration performance using *shaking table*. *Journal of Minerals and Materials Engineering*, 6(1), 45–52.
- Wills, B. A., & Finch, J. (2016). *Wills' mineral processing technology: An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery* (8th ed.). Butterworth-Heinemann.