

# KAJIAN TEKNIS PEMELIHARAAN *SETTLING POND* PADA PENGOLAHAN BIJIH BESI, PT. KUATASSI, KABUPATEN SOLOK, SUMATERA BARAT

Iqra Maulana Assidikkey\*,Prabowo Heri<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

\*[assidikkeymaulana@gmail.com](mailto:assidikkeymaulana@gmail.com)

\*\*[heri@ft.unp.ac.id](mailto:heri@ft.unp.ac.id)

**Abstract.** PT. Karya Usaha Aneka Tambang Solok Selatan Indonesia has 6 settling pond. One thing that needs to be considered in deposition is the tailings and the dimensions of the settling pond, whether the pond is able to handle the waste that comes out of iron ore processing. The purpose of this study is to calculate the dimensions of the pond, calculate the percentage of deposition, calculate the period of dredging, calculate the length of dredging, and the costs that need to be incurred for pond maintenance.

The method used in conducting this research uses the type of quantitative research. This is because in future research, data will be used in the form of numbers. The research was carried out by calculating the tailings entering the pond, taking water samples, calculating the dimensions of the pond, dredging the settling pond, the cycle time of the digging tool for dredging activities, and the cost of heavy equipment.

The area and volume of the settling pond is 20345.3 m<sup>2</sup> and the volume is 16,799.66 m<sup>3</sup>. With a depth of 0.3-0.95 m. After analyzing the maintenance cycle for pool 1 is 16.71 and pool 2 is 6.45 years. For pond dredging activities, the company uses one Hitachi zaxis 210f excavator and one Mitsubishi Fuso 220Ps Dump Truck with a total TSS tonnage transfer time of 1.17 days and a loading and digging time of 3.92 days with the dredging cost for pond 1 being Rp3,587,500. .00. (three million five hundred eighty-seven thousand five hundred rupiah) and pool 2 is Rp. 13,511,000.00. (thirteen million five hundred and eleven thousand rupiah)

**Kata Kunci:** Settling Pond, Waktu Penggerukan, Biaya Penggerukan.

## 1. Pendahuluan

PT. Karya Usaha Aneka Tambang Solok Selatan Indonesia adalah perusahaan yang bergerak pada penambangan bijih besi di Kecamatan Danau Kembar, Kabupaten Solok, Sumatera Barat. Metode penambangan Kegiatan Penambangan di PT. Kuatassi ini dilakukan dengan sistem tambang terbuka dengan open cast mining method, dimana proses penambangan dan pengolahan biasanya dilakukan selama 24 jam/hari.

Berdasarkan hasil pengumpulan data dan verifikasi lapangan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Solok, diketahui limbah yang dihasilkan dari kegiatan pengolahan bijih besi PT. Kuatassi melebihi aturan Permen LH Nomor 21 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan Bijih Besi, dimana diketahui kandungan TSS yang masuk ke kolam satu mencapai 29.120 mg/l, sedangkan menurut Permen LH Nomor 21 Tahun 2009 kandungan maksimal dari TSS pada kegiatan pengolahan bijih besi adalah adalah 50 mg/l dan jumlah *tailing* yang masuk ke settling pond per harinya yaitu 47,98 ton. Dimana hal tersebut dapat menyebabkan over

capacity dan pendangkalan pada settling pond sehingga tidak efisien untuk menjaga baku mutu limbah yang keluar ke sungai.

Untuk mengantisipasi terjadinya pengendapan material yang berlebihan pada settling pond, PT. KUATASSI berencana melakukan penggerukan kolam pertama dengan menggunakan alat berat *Excavator Zaxis 210f* dan *dump truck* Mitsubishi Fuso 220Ps berjumlah masing-masing satu unit, sehingga perlu juga diketahui anggaran biaya yang diperlukan untuk kegiatan penggerukan.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Bijih Besi

Besi merupakan logam kedua yang paling banyak di bumi ini. Karakter dari endapan ini bisa berupa endapan logam yang berdiri sendiri namun seringkali ditemukan berasosiasi dengan mineral logam lainnya<sup>[7]</sup>.

## 2.2 Pengolahan Bijih Besi

Pengolahan bahan galian (*ore dressing* atau *ore beneficiation*) adalah suatu proses pengolahan bijih (*ore*) secara mekanik untuk memisahkan mineral berharga dengan mineral pengotornya berdasarkan sifat fisika atau sifat kimia-fisika permukaan mineral<sup>[3]</sup>. Adapun produk yang dihasilkan dari proses pengolahan bijih besi dari PT. KUATSSI ini terdiri dari *lump*, *tailing*, pasir besi, kosentrat, dan *tailing* di *settling pond*.

## 2.3 Total Suspended Solid (TSS)

*Total Suspended Solid* adalah semua zat padat (pasir, lumpur, dan tanah liat) atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air berupa komponen biotik (fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, dll), ataupun komponen abiotik (detritus dan partikel-partikel anorganik)<sup>[14]</sup>.

Untuk mengetahui volume penguapan dari *Total Suspended Solid* di *settling pond* maka digunakan rumus<sup>[12]</sup>:

$$\text{Tonase TSS/jam} = \frac{\%TSS \times \text{Tonase Loose (ton)}}{\text{Total Waktu Produksi (Jam)}} \quad (1)$$

## 2.4 Settling Pond

Tujuan pembuatan *settling pond* disuatu lokasi tambang yaitu memastikan bahwa limbah cair yang keluar ke badan air akibat dari proses pengolahan memenuhi baku mutu yang disyaratkan oleh pemerintah<sup>[1]</sup>.

## 2.5 Waktu Penggerukan

Waktu pengerukan pada kolam pengendapan dilakukan untuk mengetahui kapan waktu yang tepat kolam pengendapan dibersihkan dari partikel-partikel yang mengendap agar tidak terjadi pendangkalan. Perhitungan waktu pengerukan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut<sup>[2]</sup>.

$$T = \frac{\text{Kapasitas Kompartemen (m}^3\text{)}}{\text{volume padatan yang masuk (m}^3\text{/hari)}} \quad (2)$$

## 2.6 Faktor Produksi Alat

Dalam menentukan kemampuan produksi dalam kegiatan penambangan perlu diperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produksi alat-alat tersebut, faktor-faktor tersebut adalah<sup>[4]</sup>:

- Pola Pemuatan
- Swell Factor*
- Kapasitas Alat
- Waktu Edar
- Efisiensi Kerja Alat
- Cuaca

## 2.7 Match Factor

*Match factor* merupakan faktor yang digunakan dalam menentukan tingkat keserasian kerja alat – alat berat yang dioperasikan dalam kegiatan penambangan (*excavator* dan *dump truck*). Untuk menentukan nilai

*match factor* tersebut, maka dapat digunakan rumus seperti dibawah ini<sup>[6]</sup>:

$$MF = \frac{Na \times CTm \times n}{Cta \times Nm} \quad (3)$$

Keterangan:

- MF = Faktor keserasian kerja alat berat  
 Na = Jumlah alat angkut  
 CTm = *Cycle time* alat muat  
 n = Jumlah Pengisian  
 Cta = *Cycle time* alat angkut  
 Nm = Jumlah alat muat

## 2.8 Produktivitas Alat

### 2.8.1 Produktivitas *Excavator*

Kemampuan produksi alat muat dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut<sup>[6]</sup>:

$$Q = \frac{3600 \times KB \times FF \times Ek \times SF}{Ctm} \quad (4)$$

- Q = Produksi per jam (m<sup>3</sup>/jam)  
 KB = Kapasitas bucket (m<sup>3</sup>)  
 FF = Fill Factor (%)  
 Ek = Efisiensi kerja  
 SF = Swell Factor  
 Ctm = Waktu siklus (detik)

### 2.8.2 Produktivitas *Dump Truck*

Kemampuan produksi angkut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut<sup>[6]</sup>:

$$Q = \frac{c \times 60 \times Ek \times SF}{Ctm} \quad (5)$$

## 2.9 Pembiayaan Alat Berat

Cara untuk menganalisa harga satuan pekerjaan harus ditinjau semua biaya yang menyangkut atau biaya yang mempengaruhi pekerjaan tersebut yaitu<sup>[5]</sup>:

### 2.9.1 Biaya Kemeilikan atau Biaya Pasti

Biaya kepemilikan adalah biaya kepemilikan alat yang harus diperhatikan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri. Biaya ini harus diperhitungkan karena alat semakin lama akan berkurang hasil produksinya, bahkan pada waktu tertentu alat sudah tidak dapat berproduksi lagi, hal ini tersebut sebagai depresiasi.

### 2.9.2 Biaya Penyewaan Alat

Dalam suatu proyek konstruksi penggunaan alat berat selain menggunakan alat milik pribadi dapat juga dengan penyewaan, yang dalam proses penetapan biaya penyewaan peralatan tersebut terdapat ketentuan-ketentuan yang telah dikeluarkan Departemen Pekerjaan Umum.

### 2.9.3 Jam Operasi atau Waktu Kerja

Efisiensi waktu dibutuhkan guna tercapainya hasil kerja yang tepat sesuai dengan rencana. Faktor yang perlu diperhatikan disini adalah jam operasional normal dan jam operasional lembur.

## 3. Metodologi Penelitian

### 3.1 Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Hal itu dikarenakan dalam penelitian nantinya, akan menggunakan data-data berupa angka-angka. Penelitian kuantitatif adalah jenis penelitian yang menghasilkan penemuan-penemuan yang dapat dicapai (diperoleh) dengan menggunakan prosedur-prosedur statistik atau cara lain dari kuantifikasi<sup>[13]</sup>.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 3.1.1 Studi Kepustakaan

Yaitu berdasarkan studi literatur, dimana data data yang didapat dijadikan sebagai data sekunder, disamping itu juga buku-buku yang berkaitan dengan judul atau tema penelitian tersebut.

#### 3.1.2 Observasi Lapangan

Observasi Lapangan merupakan kegiatan pengambilan data lapangan dengan cara turun langsung ketempat atau daerah yang menjadi lokasi penelitian.

### 3.2 Data dan Sumber Data

#### 3.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diamati dan diambil langsung di lapangan seperti dimensi *settling pond*, pengambilan sampel TSS, dan produktivitas alat.

#### 3.2.2 Data sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah *density material*, produksi harian pengolahan bijih besi, pembiayaan alat berat, dan peta kawasan tambang.

#### 3.2.3 Sumber Data

Sumber data yang didapatkan berasal dari pengamatan langsung di lapangan, buku-buku, literatur dan dokumen dari Karya Usaha Aneka Tambang Solok Selatan Indonesia.

### 3.3 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian berada di PT. Karya Usaha Aneka Tambang di kawasan Nagari Simpang Tanjung Nan IV, Kecamatan Danau Kembar, Kabupaten Solok, Sumatera Barat.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Hasil Penelitian

#### 4.1.1 Tonase Loose

Tonase *loose* merupakan *tailing* hasil pengolahan bijih besi yang masuk kedalam *settling pond*. Berdasarkan Laporan PT. KUATASSI (2021), dengan pengolahan *raw material* sebanyak 433,768 ton selama 2 jam didapatkan hasil produksi pengolahan bijih besi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Produksi Pengolahan Bijih Besi PT. KUATASSI

No	Recovery Material	Hasil Produksi (Ton)	%
1	Lump	114	26,28%
2	Pasir Besi	103,911	23,96%
3	Tailing	62,91	14,50%
4	Kosentrat	146,95	33,88%
5	Tailing di <i>settling pond</i>	5,997	1,38%

Sumber: Laporan PT. KUATASSI, 2021

Berdasarkan data pada tabel di atas didapat *recovery tailing* yang masuk kedalam *settling pond* adalah 1,38%. Karena tonase loose selama 2 jam didapat 5,997 ton maka tonase *loose* dari kegiatan pengolahan bijih besi selama 8 jam atau satu *shift* yaitu 23,99 ton, karena dalam satu hari terdapat dua *shift* maka tonase *loose* dalam sehari adalah 47,98 ton.

#### 4.1.2 Dimensi *Settling Pond*

Perhitungan dimensi kolam berdasarkan data peta kawasan hasil foto udara dan kedalaman yang telah didapatkan. Dimensi *settling pond* yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Dimensi *Settling Pond*

Kolam	Kedalam Kolam	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume Kolam (m <sup>3</sup> )
1	0,3 m	1.104,09	331,23
2	0,7 m	1.783,87	1.248,71
3	0,8 m	1.001,22	800,98
4	0,8 m	515,25	412,2
5	0,8 m	7.581,89	6.065,512
6	0,95 m	8.358,98	7.941,03
Total		20.345,3	16.799,66

#### 4.1.3 Total Suspended Solid (TSS)

Pengukuran TSS dilakukan dengan cara pengambilan sampel air *settling pond*, *inlet*, dan *outlet* sampel pada masing-masing kolam.

**Tabel 3.** Hasil Labor Kandungan TSS dan Tonase TSS per hari

Keterangan	TSS (mg/l)	Tonase TSS/hari
<i>Inlet</i>	29.120	45,60 ton
Kolam 2	770	1,22 ton
Kolam 3	192	0,30 ton
Kolam 4	138	0,21 ton
Kolam 5	119	0,19 ton
Kolam 6	80,5	0,13 ton
<i>Outlet</i>	33	0,05 ton

4.1.4 Komposisi Alat Tersedia

Komposisi alat yang menunjang kegiatan penggerukan kolam di PT. KUATASSI untuk mencapai target dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Komposisi Alat Tersedia

No	Unit	Kapasitas Bucket	Jumlah
1	Excavator Hitachi Zaxis 210f	0,9 m <sup>3</sup>	1
2	Dumptruck Mitsubishi 220Ps	14m <sup>3</sup>	1

4.1.5 Waktu Edar

Waktu edar alat berat adalah kegiatan yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proses siklus pergerakan yang mana dimulai dari gerakan awal hingga akhir dan kembali semula ke posisi gerakan awal. Untuk data *cycletime* dari alat gali muat dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Waktu Edar Alat Muat dan Alat Angkut

No	Unit	Rata-rata Waktu Edar (detik)
1	Excavator hitachi Zaxis 210f (Pemindahan)	17,31
2	Excavator hitachi Zaxis 210f (Gali-muat)	16,94
3	Dumptruck mitsubishi 220Ps	528,81

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pemeliharaan *Settling Pond*

4.2.1.1 Siklus Waktu Penggerukan *Settling Pond*

Dari hasil analisa didapatkan bahwa *tailing* menuju kolam pengendapan sebesar 5,997 ton dalam waktu 2 jam. Jumlah tersebut tersalurkan menuju 6 kolam.

PT. KUATASSI merencanakan untuk melaksanakan penggerukan hanya pada kolam pertama, hal ini untuk mencegah permasalahan *over capacity* dan untuk efisiensi biaya, namun untuk mencegah terjadi *over capacity* juga pada kolam dua, maka penulis melakukan analisis pada kolam satu dan dua.

Dari hasil perhitunagn didapat siklus perawatan pada kolam satu adalah 16,71 hari dan pada kolam dua adalah 6,45 tahun

4.2.1.2 Lama Penggerukan *Settling Pond*

Proses penggerukan *settling pond* di PT. KUATASSI dilakukan dua tahap. Pertama, proses pemindahan material sedimen dari tengah kolam ke tepian kolam. Kedua, proses gali muat untuk memindahkan material sedimen yang telah dikeruk ke tempat *stockpile*. Waktu penggerukan optimum yang dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Lama Waktu Penggerukan *Settling Pond*

Kolam	Produksi excavator (Pemindahan) (m <sup>3</sup> /hari)	Produksi alat gali muat (m <sup>3</sup> /hari)	Kapasitas Kolam (m <sup>3</sup> )	Waktu Pemindahan (Hari)	Waktu gali muat (Hari)
1	1.351,06	403,12	331,23	0,25	0,82
2			1.248,71	0,92	3,10
Total				1,17	3,92

4.2.2 Efisiensi Kerja Alat

Dengan diketahuinya jam kerja tersedia dan waktu hambatan dari kerja alat berat maka dapat diukur

efisiensi kerja dari alat yang digunakan. Efisiensi kerja sangat berpengaruh terhadap tercapainya produktivitas dari *excavator* dan *dump truck* yang diamati. Berikut adalah waktu kerja hasil perhitungan efisiensi kerja dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Efisiensi Kerja Alat

No	Alat	Efisiensi Kerja
1	Excavator (Pemindahan)	93,21%
2	Excavator (Gali-muat)	41%
3	Dump Truck	93,3%

4.2.3 Perhitungan Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Produktivitas dari alat gali *excavator* hitachi zaxis 210f dan alat angkut *dump truck* mitsubishi fuso 220Ps yang dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Produktivitas Alat

No	Nama Alat	Jumlah Alat (Unit)	Efisiensi Kerja (%)	Produksi Persiklus (m <sup>3</sup> )	Total produksi (m <sup>3</sup> /jam)
1	Excavator Zaxis 210f (Pemindahan)	1	93,21	0,99	168,88
2	Excavator Zaxis 210f (Gali-muat)	1	41	0,99	76,77
2	Dump truck Mitsubishi Fuso 220PS	1	93,33	8,91	50,39

4.2.4 Perhitungan Keserasian Kerja

**Tabel 9.** Keserasian Kerja

Parameter	Lambang	Satuan	Nilai
Jumlah alat muat	Nm		1
Jumlah alat angkut	Na		1
Banyak pengisian	n		9
Cycle time alat muat	Ctm	Detik	16,94
Cycle time alat angkut	Cta	Detik	528,81

Dari data pada Tabel 9. dapat dihitung *match factor* dari alat yang digunakan, maka:

$$\begin{aligned}
 MF &= \frac{(Na \times (Ctm \times n))}{Nm \times Cta} \\
 &= \frac{(1 \times (16,94 \times 9))}{1 \times 528,81} \\
 &= 0,28
 \end{aligned}$$

MF < 1, berarti faktor kerja gali-muat (*excavator*) lebih kecil dari 100% dan faktor kerja alat angkut (*dump truck*) 100% atau dengan kata lain kemampuan alat angkut (*dump truck*) lebih besar dari pada kemampuan gali-muat (*excavator*) sehingga akan terjadi waktu tunggu bagi alat muat.

4.2.5 Pembiayaan Kegiatan Penggerukan

Diketahui data biaya operasional dari kegiatan penggerukan dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Data Pembiayaan Operasional Penggerukan

No	Uraian	Biaya (Rp)	Keterangan
1	Biaya solar	12.500	Per-liter
2	Upah operator <i>excavator</i>	150.000	Per-hari
3	Upah operator <i>dump truck</i>	100.000	Per-hari

Berdasarkan analisis biaya yang digunakan, maka diketahui total biaya yang perlu dikeluarkan untuk kegiatan penggerukan pada *settling pond*, total biaya ini dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Total Biaya Penggerukan *Settling Pond*

Kolam	Total Hari	Total Biaya (Rp)
1	1,07	3.587.500
2	4,02	13.511.000
<b>Total</b>	<b>5,09</b>	<b>17.098.500</b>

Jadi, apabila perusahaan ingin melakukan penggerukan pada kolam satu maka total biayanya adalah Rp3.587.500,00. (tiga juta lima ratus delapan puluh tujuh ribu lima ratus rupiah) dan pada kolam 2 adalah Rp13.511.000,00. (tiga belas juta lima ratus sebelas ribu rupiah).

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis pemeliharaan *settling pond* pada pengolahan bijih besi di PT. KUATASSI, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Kandungan TSS pada kolam 1 (*inlet*) diperoleh 29.120 mg/l dengan persentase TSS 95%, kolam 2 diperoleh 770 mg/l dengan persentase TSS 2,53%, kolam 3 diperoleh 192 mg/l dengan persentase TSS 0,63%, kolam 4 diperoleh 138 mg/l dengan persentase TSS 0,45%, kolam 5 diperoleh 119 mg/l dengan persentase TSS 0,39%, kolam 6 diperoleh 80,5 mg/l dengan persentase TSS 0,26%, dan pada *outlet* diperoleh 33 mg/l.
- Volume kolam 1 adalah 331,23 m<sup>3</sup>, volume kolam 2 adalah 1.248,71 m<sup>3</sup>, volume kolam 3 adalah 800,98 m<sup>3</sup>, volume kolam 4 adalah 412,20 m<sup>3</sup>, volume kolam 5 adalah 6065,51 m<sup>3</sup>, volume kolam 6 adalah 7.941,03 m<sup>3</sup>.
- Tonase TSS yang terendapkan pada kolam 1 adalah 45,60 ton/hari, kolam 2 adalah 1,22 ton/hari, kolam 3 adalah 0,30 ton/hari, kolam 4 adalah 0,21 ton/hari, kolam 5 adalah 0,19 ton/hari, dan kolam 6 adalah 0,13 ton/hari.
- Siklus perawatan untuk kolam 1 yaitu 16,71 hari dan siklus perawatan untuk kolam 2 yaitu 6,45 tahun.
- Biaya penggerukan untuk kolam 1 adalah Rp3.587.500,00. (tiga juta lima ratus delapan puluh tujuh ribu lima ratus rupiah) dan kolam 2 adalah Rp13.511.000,00. (tiga belas juta lima ratus sebelas ribu rupiah).

### 5.2 Saran

Setelah dilakukan pengamatan di lapangan, pengolahan data dan analisis mengenai perubahan kualitas batubara yang dilakukan, maka penulis memberi saran yaitu:

- Penggerukan sebaiknya dilakukan pada kolam 1 untuk meningkatkan efisiensi biaya dan waktu.
- Alat *dump truck* pada kegiatan penggerukan diharapkan dapat ditambah menjadi menjadi tiga buah, sehingga dapat mengurangi waktu tunggu untuk *excavator* dan mempercepat proses penggerukan.

### Daftar Pustaka:

- Arindry, A. P. P., & Herlambang, Y. Evaluasi Kapasitas Kolam Pengendapan Unit Pencucian Bauksit Pada Washing Plant Cabing Km 23 Pt. Dinamika Sejahtera Mandiri Site Teraju. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 7(1).
- Hartono. 2013. Modul Kuliah Sistem Penyaliran Tambang. Yogyakarta: Program Studi Teknik Pertambangan.
- Nur, M. M., Solihin, S., & Moralista, E. (2020). Pemantauan pH dan Total Padatan Tersuspensi pada Air Limbah Kegiatan Penambangan dan Pengolahan Bijih Besi di PT Adidaya Tangguh, Desa Tolong, Kecamatan Lede Kabupaten Pulau Taliabu, Provinsi Maluku Utara.
- Maharani, E., & Octova, A. (2019). Optimalisasi Pengumpanan Crusher dan Analisis Regresi Multivariat Terhadap Waktu Kerja Untuk Meminimalisir Losstime Agar Tercapai Target Produksi 300.000 Ton pada Penambangan Batu Granit Di PT. Trimegah Perkasa Utama. *Bina Tambang*, 4(4), 90-102.
- Putra, M. I. H. (2018). Analisis Pemilihan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Dan Timbunan Proyek Pembangunan Fakultas Hukum Uii (Heavy Equipment Choice Analysis on Cut and Fill Work Of Uii Law Construction).
- Partanto Prodjosumarto. 1996. Pemindehan Tanah Mekanis. Bandung. Institut Teknologi Bandung
- Prabowo, H. (2011). Makalah Bijih Besi. Universitas Negeri Padang.
- Prabowo, H. (2018). Penyelidikan Kelayakan Kimia Dan Penyebaran Cadangan Pasir Besi Daerah Tiku Kabupaten Agam Untuk Bahan Baku Semen Pada Pt. Semen Padang. Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA (E-ISSN: 2549-7464), 19(1), 39-42.
- Prabowo, H., Amran, A., & Arbain, A. (2019, August). Decreasing level of heavy metals Fe and Mn use the wetland method at coal open mining PT Bukit Asam South Sumatra Province. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 314, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.

- [10]. 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.
- [11]. Prabowo, H., & Saldi, T. (2020, July). The Feasibility Test of Physical and Chemical Peoperties Of Muaro Binguang Pasaman Barat Iron Sand For Semen Padang. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1594, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.
- [12]. Prabowo, H. (2021). Laporan Kajian Teknis Kolam Pengendapan Hasil Pengolahan Bijih Besi PT. Kuatassi, Kab. Solok, Sumatera Barat.
- [13]. Sujarweni, V. Wiratna. 2014. *Metode Penelitian: Lengkap, Praktis, dan Mudah Dipahami*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- [14]. Tarigan, M. S. (2010). Kandungan total zat padat tersuspensi (total suspended solid) di perairan Raha, Sulawesi Tenggara. *Makara Journal of Science*.