



## Pengolahan AMD (*Acid Metalliferous Drainage*) pada Pembangunan TSF (*Tailing Storage Facility*) di PT Agincourt Resources Martabe Gold Mine, Desa Aek Pining, Kecamatan Batangtoru, Sumatera Utara

Rahajeng Diah Pramesthi\*, Badrus Zaman, S. Silviana

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

\*Corresponding author: rahajengdp@gmail.com

(Received: November 22, 2023; Accepted: December 13, 2023)

### Abstract

**AMD (*Acid Metalliferous Drainage*) Management in the Construction of TSF (*Tailing Storage Facility*) at PT Agincourt Resources Martabe Gold Mine, Aek Pining Village, Batangtoru District, North Sumatra.** Indonesia is a country that has abundant potential for mining materials in the form of gold, silver, coal, copper, bauxite, iron, nickel, tin, diamond, and etc. One of the major gold mining projects in Indonesia is the Martabe mine, which is located in the South Tapanuli area, North Sumatra. PT Agincourt Resources (PTAR) in the process of mine the ore, will disrupt potentially acid forming (PAF) overburden associated with sulfate mineralization and known to produce Acid Mining Water (AMD). PTAR uses the construction of the TSF Dam as a means of utilizing production waste rock material and a means of long-term rehabilitation using encapsulation method by selectively placing PAF and installing low permeability layers (LPL) or “sealing layers. From the research, it was found that the average pH of the surface water at the toe of TSF dam is 5.1-6.93. This data shows that the waste rock encapsulation in the TSF dam is able to withstand sulfide oxidation contained in PAF-High Risk & PAF waste rock, which has an average pH of <3.5-6 before being encapsulated with class 1 and 2 rocks. Oxygen data from WRSF instrumentation showed a decrease in oxygen to zero after placement using the encapsulation method.

**Keywords:** dam, tailing storage facility, AMD, Martabe, enkapsulasi, WRSF

### Abstrak

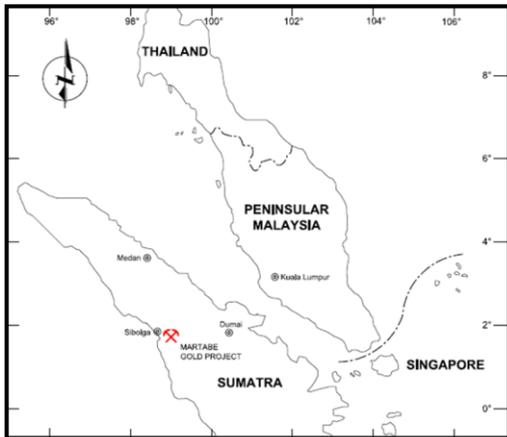
Negara Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi bahan tambang melimpah berupa emas, perak, batubara, tembaga, bauksit, besi, nikel, timah, intan, dan masih banyak lagi. Salah satu proyek tambang emas besar di Indonesia adalah tambang Martabe yang berlokasi di daerah Tapanuli Selatan, Sumatera Utara. PT Agincourt Resources (PTAR) dalam proses menambang akan mengganggu tanah penutup yang berpotensi membentuk asam/*potentially acid forming* (PAF) yang dikaitkan dengan mineralisasi sulfat yang diketahui menghasilkan Air Asam Tambang (AMD). PTAR menggunakan konstruksi Bendungan TSF sebagai sarana pemanfaatan material batuan sisa produksi dan sarana rehabilitasi jangka panjang dengan metode enkapsulasi, menempatkan PAF secara selektif dan pemasangan *low permeability layers* (LPL) atau “sealing layers”. Dari hasil penelitian didapatkan pH rata-rata air permukaan di kaki bendungan TSF, berada di 5,1-6,93. Data ini menunjukkan, enkapsulasi batuan sisa di bendungan TSF mampu menahan oksidasi sulfida yang terdapat pada batuan sisa PAF-*High Risk* & PAF yang memiliki pH rata-rata <3,5-6 dan sebelum dienkapsulasi dengan batuan kelas 1 dan 2. Instrumentasi WRSF menunjukkan terjadinya penurunan oksigen setelah menggunakan metode enkapsulasi.

**Kata kunci:** bendungan, tailing storage facility, AMD, Martabe, enkapsulasi, WRSF

**How to Cite This Article:** Pramesthi, R. D., Zaman, B., Silviana, S. (2023). Pengolahan AMD (*Acid Metalliferous Drainage*) pada Pembangunan TSF (*Tailing Storage Facility*) di PT Agincourt Resources Martabe Gold Mine, Desa Aek Pining, Kecamatan Batangtoru, Sumatera Utara. *JPII*, 1(8), 356-361. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2023.23859>

## PENDAHULUAN

Salah satu proyek tambang emas besar dengan luas areal tambang adalah 1.303 KM persegi di Indonesia adalah tambang Martabe yang berlokasi di daerah Tapanuli Selatan, Sumatera Utara sesuai Gambar 1.



**Gambar 1.** Lokasi proyek tambang emas Martabe (Piesold, 2021)

Cadangan emas di area ini sudah ditemukan sejak 2008 dengan diawalinya konstruksi pertambangan emas Martabe. Rencana produksi tambang ini akan dilakukan sampai tahun 2033 sesuai dengan kontrak karya perusahaan dengan pemerintah Indonesia.

Lapisan atau batuan penutup merupakan batuan alamiah yang digali serta dipindahkan untuk mendapatkan bijih (*ore*) yang mengandung bahan mineral berharga. *Tailing* sendiri merupakan limbah batuan atau tanah halus sisa dari penggerusan (*mill*) dan pemisahan (*separation*) mineral yang berharga. Limbah pertambangan ini terdiri dari 50 persen fraksi pasir halus berdiameter kurang lebih 0,075-0,4 mm, serta 50 persennya terdiri dari fraksi lempung berdiameter 0,0075 mm (Departemen Pekerjaan Umum, 2004).

Pada konstruksi TSF di tambang emas Martabe, material yang digunakan adalah material tanah penutup alami dari PIT sehingga TSF merupakan bendungan tipe urugan. Bendungan urugan sendiri dapat dibedakan menjadi tiga jenis, di antaranya bendungan urugan serbasama, bendungan urugan berlapis-lapis, dan bendungan urugan batu dengan lapisan kedap air di muka (Sosrodarsono, 2016).

Menurut Peraturan Menteri PUPR RI Nomor 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan, bahwa bendungan

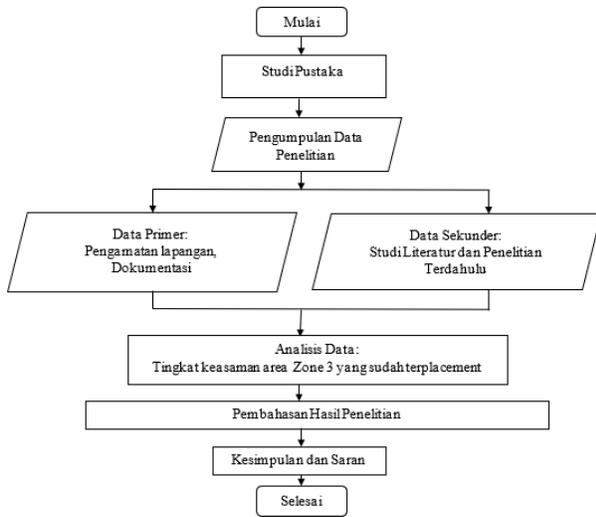
adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (*tailing*), atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk. Menurut Riadi (2018), bendungan sendiri dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis atau tipe, berdasarkan ukuran, tujuan, penggunaannya, jalan air, fungsi, maupun konstruksinya.

Tambang emas Martabe dalam proses menambang akan mengganggu tanah penutup yang berpotensi membentuk asam/*potentially acid forming* (PAF) yang dikaitkan dengan mineralisasi sulfat yang diketahui menghasilkan Air Asam Tambang (AMD) (Putro & Pawartiningtyas, 2019). Sehingga perlu diterapkan salah satu metode konstruksi khusus pada pembangunan TSF yang memanfaatkan batuan sisa tambang sesuai tatacara pengolahan AMD (Henim & Pearce, 2020).

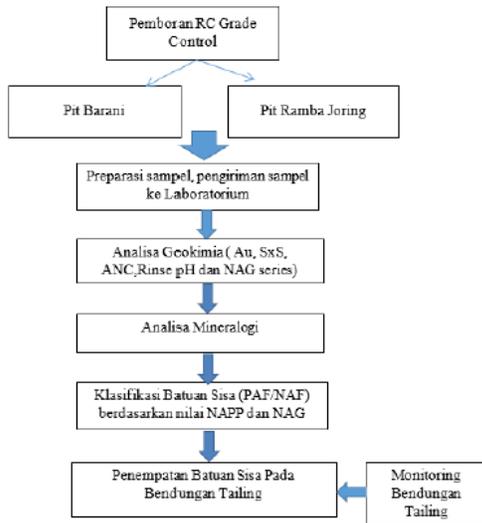
## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, penulis menggunakan beberapa metode diantaranya sebagai berikut:

- a. Studi literatur  
Mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan materi spesifikasi konstruksi bendungan TSF milik PT Agincourt Resources, proses penempatan material zona 3 sesuai dengan pengolahan AMD di area TSF melalui buku-buku, jurnal dan sumber-sumber lainnya.
- b. Pengambilan Data  
Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan metode pengamatan langsung di lapangan, yaitu melihat secara langsung metode kerja penempatan material sesuai desain TSF dengan mengikuti ketentuan posisi material berdasarkan kelas keasamannya serta menggunakan bantuan *smartphone* untuk dokumentasi.
- c. Pengolahan dan Analisis Data  
Pengolahan data dengan melakukan pengesanan secara langsung di lapangan yang dilakukan oleh tim geoteknikal PTAR maupun salah satu pihak yang ditunjuk.



Gambar 2. Diagram alir penelitian



Gambar 3. Bagan alir penentuan kelas material batuan sisa (Siregar et al., 2021).

Alur penelitian ini sesuai pada Gambar 2. Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa material batuan sisa dari *pit*. Adapun tahapan atau cara mengklasifikasi batuan sisa mengikuti Gambar 3. Kemudian batuan sisa akan diklasifikasi dan disusun ke dalam sistem kelas yang berbeda dengan memperhitungkan karakteristik deposit sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi batuan sisa berdasarkan tingkat keasamannya

Waste Class / Kelas Batuan Sisa	Description / Deskripsi	Model Coding			
		NAPP kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> t / NAPP kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> t	Calcium (wt%) / Kalsium (wt%)	Other Parameters / Parameter Lain	Sub code for scheduling purposes / Sub kode untuk tujuan penjadwalan
1	NAF	<0		LITH # SPBMVAN <sup>1</sup>	Hard/soft / Keras/lunak
2	PAF/ Low Risk (PAF/LR) / PAF/ Risiko Rendah (PAF/LR)	0-5			Hard/soft / Keras/lunak
3	PAF	5-90			None / Tidak Ada
4	PAF/ High Risk (PAF/HR) / PAF/ Risiko Tinggi (PAF/HR)	>90			None / Tidak Ada
5	PAF/LAG	<90	>0.4	LITH = CPBM <sup>2</sup>	None / Tidak Ada

Sumber: G. Resources (2015)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pekerjaan konstruksi TSF (*Tailing Storage Facility*) di PT Agincourt Resources Martabe Gold Mine dilakukan dengan beberapa tahap untuk memenuhi spesifikasi bendungan (Piesold, 2017), tahapan tersebut terdiri dari:

1. Pengupasan lantai zona 3  
Sebelum melakukan penempatan material pada area zona 3, *dozer* akan melakukan pengupasan area lantai dari material basah hingga mendapatkan permukaan yang kering atapun melakukan perlakuan secara tipis pada permukaan yang kering.



Gambar 4. Pengupasan pada area lantai zona 3

2. Penempatan material batuan sisa dari *pit* pada lantai zona 3  
Saat proses *dumping* ADT akan diarahkan oleh *spotter* agar proses penempatan material aman dan sesuai desain penempatan material TSF.



Gambar 5. *Dumping* pada area TSF sesuai batas area dan kelas material

- Penghamparan material batuan sisa pada lantai zona 3  
 Tahapan selanjutnya setelah material ditempatkan pada batas area sesuai kelas material, Dozer Komatsu D155A akan mendorong material sesuai ketebalan lantai per lapisan *placement* yaitu 1 m sampai ke batas area *dumping* kemudian dilakukan *placement* kembali sesuai metode yang sama.



**Gambar 6.** Dozer menghampar material batuan sisa pada lantai zona 3

- Pemadatan material batuan sisa pada lantai zona 3  
 Material yang sudah dihampar harus dilakukan pemadatan dengan unit *compactor* Bomag BW211D-40 baik yang memiliki tapak halus maupun tapak kaki kambing, sebanyak 4 *passing* atau sebanyak 4 kali melintas secara bolak-balik, hal ini dilakukan untuk mendapatkan kepadatan (*density*).



**Gambar 7.** *Compactor* tapak halus memadatkan lantai zona 3

- Pemotongan lereng terluar dari badan TSF  
 Area terluar dari badan bendungan terdiri dari material kelas 1,2 sebelum ditutupi oleh material lapisan tanah terluar (*top soil*) yang berfungsi sebagai area penghijauan ketika bendungan TSF selesai pengoperasiannya. Kemudian ekskavator akan memposisikan *track unit* sejajar dengan arah lereng yang dipotong. Operator harus memilih material terluar sebagai lapisan pengunci merupakan material dengan gradasi halus dan berdiameter kurang dari 500 mm. Setelah dilakukan pemotongan, unit ekskavator akan

melintasi lereng yang memiliki kemiringan 1:2,8 agar pori-pori terluar dari lapisan tertutup sehingga air tidak akan penetrasi kedalam badan bendungan.



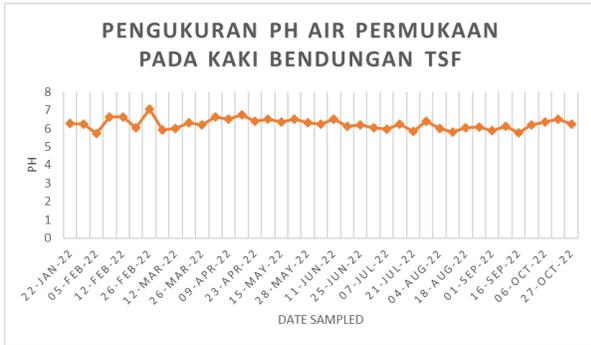
**Gambar 8.** Pemotongan dan pemadatan lereng terluar badan TSF menggunakan ekskavator

Setelah pengerjaan lereng selesai maka dilakukan pengecekan secara berkala keasaman material yang sudah di-*placement*, sebagai validasi bahwa pekerjaan sudah dilakukan sesuai dengan desain pengkapsulan AMD TSF (*sealing layer*). Pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa pekerjaan oleh pelaksana di lapangan pada area terluar badan TSF sudah sesuai desain karena hanya ditemukan material kelas 1 & 2 (NAF & PAF LR).

**Tabel 2.** Hasil validasi material AMD lereng TSF

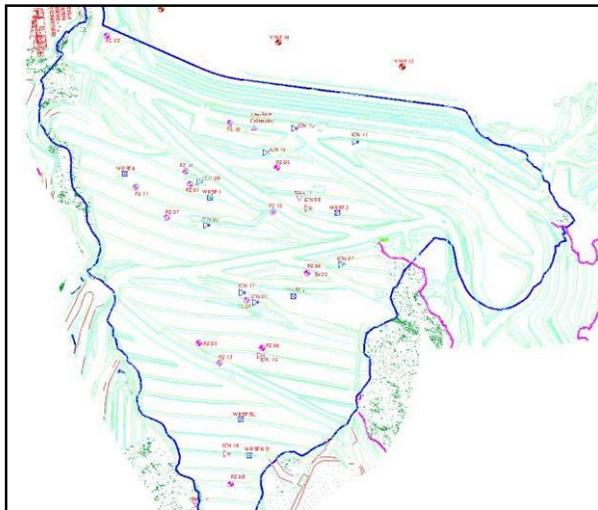
AMD JOIN SAMPLING - TSF VALIDATION												
Month	Date	Sample ID	Northing	Easting	Elevation	Job No.	Dispatch No.	MPA	ANC	ANC NAPP (MPA, CLASS by CLASS by (125*30.63) Calculation Combine	ANC Paste pH RAN	
Jun-22	2022-06-19	R5454500	0507964	0566491	0566794	306AR2303921	MR220620	11.64	0.61	0.20	11.64 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454501	0507979	0566487	0566793	306AR2303921	MR220620	1.53	0.61	1.50	3.03 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454502	0507989	0566485	0566793	306AR2303921	MR220620	18.68	0.61	3.70	22.38 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454503	0508003	0566477	0566793	306AR2303921	MR220620	48.09	0.61	3.70	49.79 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454504	0508031	0566473	0566793	299AR2303921	MR220620	0.92	0.61	1.20	2.12 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454505	0508228	0566794	0566794	377AR2303921	MR220620	0.61	0.61	-	0.61 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454506	0508234	0566787	0566793	375AR2303921	MR220620	4.58	1.75	2.90	7.01 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454507	0508347	0566781	0566793	372AR2303921	MR220620	40.43	1.71	4.20	44.63 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454508	0508257	0566779	0566793	372AR2303921	MR220620	43.49	4.85	1.60	45.89 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454509	0508368	0566772	0566793	370AR2303921	MR220620	4.29	0.61	2.00	6.29 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454510	0508015	0566795	0566795	358AR2303921	MR220620 14.81	1.22	2.10	56.93 NA	PAF LR	
Jun-22	2022-06-19	R5454511	0508025	0566795	0566795	358AR2303921	MR220620	22.36	0.61	1.20	23.56 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454512	0508031	0566794	0566794	358AR2303921	MR220620	21.85	0.61	0.60	22.55 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454513	0508039	0566794	0566794	358AR2303921	MR220620	47.48	0.61	4.20	51.68 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454514	0508063	0566796	0566796	360AR2303921	MR220620	30.83	0.61	6.00	36.43 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454515	0508065	0566795	0566795	361AR2303921	MR220620	30.85	0.61	-	30.85 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454516	0508078	0566798	0566798	360AR2303921	MR220620	2.45	0.61	4.70	7.15 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454517	0508117	0566793	0566793	360AR2303921	MR220620	3.68	0.61	1.70	5.38 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454518	0508130	0566795	0566795	358AR2303921	MR220620	2.34	0.61	3.80	5.54 NA	PAF LR
Jun-22	2022-06-19	R5454519	0508139	0566781	0566781	358AR2303921	MR220620	17.25	0.61	3.50	20.65 NA	PAF LR

Sebagai konfirmasi kinerja bendungan TSF setelah dialiri air hujan yang cukup tinggi, dilakukan pengukuran pH air permukaan pada kaki bendungan TSF secara rutin. Hasil pengukuran pada Gambar 9 menunjukkan jika pH rata-rata air permukaan di kaki bendungan TSF berada di 5,1-6,93. Data ini menunjukkan enkapsulasi batuan sisa di bendungan TSF mampu menahan oksidasi sulfida yang terdapat pada batuan sisa PAF-High Risk yang memiliki pH rata-rata <3,5 dan batuan sisa PAF yang sebagian besar pHnya diantara 3,5-6 sebelum dienkapsulasi dengan batuan kelas 1 dan 2.



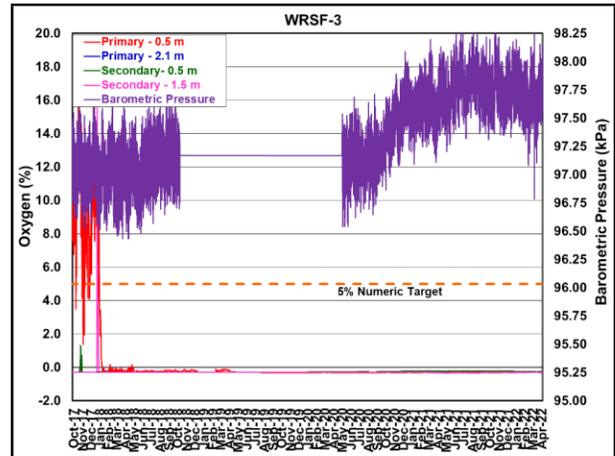
**Gambar 9.** Grafik pengukuran pH air permukaan pada kaki bendungan TSF

Selain pengukuran pH air pada kaki bendungan diperlukan juga alat pemantauan kinerja atau *performance* bendungan TSF dengan penempatan sensor pengukuran oksigen *ingress* (WRSF) di beberapa tempat di area final badan bendungan TSF seperti pada Gambar 10.



**Gambar 10** Peta lokasi instrumentasi pada bendungan TSF

Data yang dikumpulkan dari stasiun pemantauan, menunjukkan bahwa lapisan penyegelannya bekerja sesuai dengan konsep atau model desain yang diinginkan. Data oksigen dalam lapisan penyegelannya menunjukkan terjadinya penurunan oksigen hingga nol setelah penempatan material menggunakan metode enkapsulasi. Konsentrasi oksigen dalam lapisan timbunan dengan metode enkapsulasi dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Hasil kadar oksigen pada lapisan timbunan TSF, instrumentasi WRSF 3

**KESIMPULAN**

Pada penelitian ini, didapatkan hasil bahwa pengolahan AMD menggunakan metode enkapsulasi pada proyek tambang emas Martabe telah terbukti mampu menghambat kontak mineral sulfida terkandung pada batuan sisa (*waste*) terhadap air dan udara sehingga mencegah terbentuknya air asam tambang. Metode ini juga memberi dampak positif terhadap lingkungan dan telah memberikan manfaat besar bagi pengenalan mineralisasi batuan untuk masing-masing deposit dari *pit* melalui studi serta menambah kemampuan bendungan TSF untuk menampung endapan sisa produksi dari pabrik pengolahan yang berlebih (*tailing*).

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih ditujukan kepada PT Macmahon Mining Services selaku perusahaan tempat penulis berkarya, serta PT Agincourt Resources pemilik proyek tambang emas Martabe.

**DAFTAR PUSTAKA**

Departemen Pekerjaan Umum. (2004). Pedoman bendungan limbah tambang. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

G resources. (2015). AMD Management Technical Manual. Indonesia: G resources

Henim L, Pearce S. (2020) Sistem pengolahan air asam tambang dari material waste dan aplikasi model enkapsulasi pada bendungan TSF di tambang emas martabe. 771-783.

Knight Piesold. (2021). Tailings Storage Facility RL360 Embankment. Australia: Knight Piesold.

Knight Piesold. (2019). Tailings Storage Facility Technical Specification. Australia: Knight Piesold.

Knight Piesold. (2017) *Tailings Storage Facility Zone 3 Earthworks Construction Methodology*. Australia: Knight Piesold.

- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2015) *Peraturan Menteri 27/PRT/M/2015 Tentang Bendungan*. Jakarta: Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia
- Putro B, Parwatiningtyas D. (2019) *Identifikasi potensi pembentukan air asam tambang batubara (paf/naf) dengan menggunakan metode uji napp (net acid producing potential)*. 4 (1), 81-85.
- Riadi, M. (2018). Pengertian, fungsi, manfaat dan jenis-jenis bendungan. Diakses dari <https://www.kajianpustaka.com/2018/12/pengertian-fungsi-manfaat-dan-jenis-bendungan.html>.
- Siregar L, Nasution Z, Fatimah. (2021). *Pengelolaan air asam tambang dari batuan sisa di pit barani dan ramba joring serta aplikasi model enkapsulasi pada bendungan tailing di tambang emas martabe*. 6 (3), 1970 – 1980.
- Sosrodarsono S. (2016). *Bendungan type urugan*. Jakarta: Balai Pustaka.