

**PENGUJIAN PROPERTIES LIMBAH TAILING KERING PADAT UNTUK
PEMANFAATAN MATERIAL STABILISASI TANGGUL**

Rakhmad Aji Prakosa

Maintenance & Engineering Bureau, PT. Antam Tbk – UBPE Pongkor

ABSTRAK

Hasil ekstraksi *ore* menjadi emas pada kegiatan pengolahan emas PT.Antam Tbk. - UBPE Pongkor, menghasilkan limbah hasil olahan berupa *tailing* yang dibuang ke TSF dalam bentuk slurry (20%solid) kemudian diendapkan di beberapa kompartemen tampungan sebelum masuk ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). *Tailing* yang mengendap kemudian dikeruk dengan alat berat menuju area penimbunan akhir dengan kondisi *Tailing 60% solid*. Semakin banyak *tailing* yang dihasilkan, maka semakin banyak juga upaya yang harus dilakukan untuk menyediakan tampungan *tailing*. Secara visual, *tailing* kering berbentuk seperti pasir, yang saat dalam kondisi padat memiliki daya dukung yang sangat baik untuk menahan beban di atasnya. Hal tersebut dibuktikan adanya *dump truck* dengan beban puluhan ton melintas diatas *tailing* kering padat sebagai pijakan tumpuannya tanpa mengalami failure. Dari kasus tersebut *tailing* kering dapat memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai material konstruksi tanggul, mengingat kemampuan daya dukungnya yang cukup baik saat dalam kondisi kering padat. Sehingga perlu dilakukan pengujian properties material *tailing* meliputi nilai kepadatan maksimumnya (γ_d), berat jenis (BJ), nilai sudut geser dalam (ϕ), dan nilai kohesi (c).

Pengujian properties material *tailing* dilakukan dengan mengambil sampel terganggu (*disturb*) pada *tailing* dalam kondisi kering ($\pm 75\%$ solid). Kemudian membuat *sample remoulded* dari *tailing* kering dan diperoleh nilai kepadatan tanah maksimumnya. Dari nilai kepadatan maksimum tersebut, dilakukan pengujian geser langsung untuk mengetahui nilai sudut geser dalam dan nilai kohesinya. Selain itu juga dilakukan uji piknometer untuk menghitung densitas *tailing*. Dari hasil parameter pengujian tersebut, kemudian dibandingkan dengan parameter timbunan tanah merah yang biasa digunakan sebagai material konstruksi tanggul dam dengan tujuan mensubstitusi material tanah merah dengan *tailing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan maksimum *tailing* mencapai angka 1.65 gr/cm^3 , dengan kadar air optimum 15.2%, kohesi 10kPa, sudut geser internal 41° dan koefisien permeabilitas $2.19 \times 10^{-4} \text{ cm/dt}$. Jika dibandingkan dengan properties material tanah merah yang biasa digunakan, memiliki kepadatan maksimum sebesar 1.68 gr/cm^3 , Kohesi 11.5kPa, Sudut geser internal 29° , dan koefisien permeabilitas sebesar $7.7 \times 10^{-6} \text{ cm/dt}$ yang berarti nilai properties material *tailing* dan tanah relatif tidak berbeda jauh sehingga dapat dilakukan rekayasa *engineering* untuk memanfaatkan material *tailing* sebagai material konstruksi atau sebagai material stabilitas tanggul yang ada di area TSF.

Kata Kunci : *Tailing*, pemanfaatan limbah, material konstruksi

ABSTRACT

Ore extraction into gold at the gold processing activities of PT.Antam Tbk. - UBPE Pongkor, produces processed waste in the form of tailings which is discharged into TSF in the form of slurry (20% solid) and then deposited in several storage compartments before entering the Wastewater Treatment Plant (IPAL). The deposited tailings are dredged with heavy equipment to the final landfill area with the condition of the tailings 60% solid. The more tailing produced, the more effort must be made to provide tailings storage. Visually, the dry tailings are shaped like sand, when it dense conditions has a very good capacity to distributing load. This case proof by the existence of dump trucks with tens of tons of load passing over the solid dry tailings as a foothold

without failure. From these cases, dry tailings can be used as material for embankment construction, given their relatively good carrying capacity when in dense dry conditions. So that it is necessary to test the material properties of the tailings including its maximum density value (γ_d), specific gravity (BJ), deep shear angle value (ϕ), and cohesion value (c). Testing the material properties of tailings is done by taking disturbed samples of the tailings in dry conditions ($\pm 75\%$ solid). Then make a remoulded sample from dry tailings and get the maximum soil density value. From the maximum density value, then direct shear testing is performed to determine the value of the deep shear angle and its cohesion value. A pycnometer test was also conducted to calculate the tailing density. From the results of the test parameters, then compared with the parameters of the red soil heap which is commonly used as a dam construction material with the aim of substituting red soil material with tailings. The results showed that the maximum density of tailings reached 1.65 gr / cm^3 , with an optimum moisture content of 15.2% , cohesion of 10 kPa , internal shear angle of 41° and permeability coefficient of $2.19 \times 10^{-4} \text{ cm / s}$. When compared with the properties of the commonly used red soil material, it has a maximum density of 1.68 gr / cm^3 , Cohesion of 11.5 kPa , an internal shear angle of 29° , and a permeability coefficient of $7.7 \times 10^{-6} \text{ cm / second}$ which means the value of the material properties of the tailings and the soil is relatively not differ greatly so that engineering design can be carried out to utilize tailings as construction material or as a dike stability material in the TSF area.

Keywords : Tailing, Tailing Utilization, Construction Material

A. PENDAHULUAN

Proses penambangan bijih ore yang ditambang di tambang bawah tanah, diolah dan di ekstraksi untuk diambil emas dan peraknya (*bullion*). Hasil ekstraksi ore menjadi *bullion* pada kegiatan pengelolaan emas PT. Antam Tbk. – UBPE Pongkor, menghasilkan limbah hasil olahan berupa tailing yang dibuang ke TSF dalam bentuk *slurry* (20% solid) kemudian diendapkan di beberapa kompartemen tampungan sebelum masuk ke Instalasi Pengeolaan Air Limbah (IPAL). Tailing yang mengendap kemudian dikeruk dengan alat berat menuju area penimbunan akhir dengan kondisi tailing 60% solid.

A.1. Latar Belakang

Semakin banyak tailing yang dihasilkan, maka semakin banyak juga upaya yang harus dilakukan untuk menyediakan tampungan tailing, mengingat *tailing* merupakan limbah dengan kategori limbah bahan beracun dan berbahaya (LB3). Secara visual, *tailing* kering berbentuk seperti pasir, yang saat dalam kondisi padat memiliki daya dukung yang sangat baik untuk menahan beban di atasnya. Hal tersebut dibuktikan adanya dump truck dengan beban puluhan ton dapat melintas diatas tailing kering padat sebagai pijakan tumpuannya tanpa mengalami *failure* (gambar 1).



Gambar 1. *Dump truk* melakukan *dumping* lumpur di atas *tailing* kering.

A.2. Tujuan

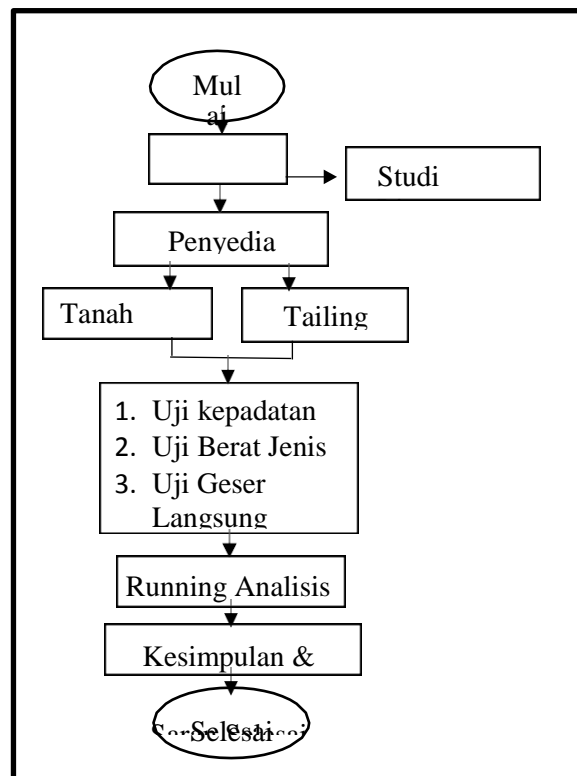
Untuk mengetahui perbandingan antara karakteristik material konstruksi tanggul dam yang biasa digunakan (tanah merah) dengan karakteristik properties tailing. Tujuannya adalah sebagai material substitusi tanah merah dengan tailing kering, mengingat ketersediaan material tanah merah dalam jumlah terbatas sedangkan limbah tailing di area TSF sangat banyak dan terus tersedia selama operasional tambang terus berjalan.

A.3. Pendekatan Pemecahan Masalah

Tailing merupakan limbah hasil pengolahan tambang dengan kategori LB3 yang menjadi beban karena membutuhkan upaya yang cukup besar untuk menampungnya. Semakin banyak tailing yang dihasilkan, maka semakin besar juga upaya yang dibutuhkan. Untuk mengurangi upaya tersebut, penulis bermaksud akan melakukan pengujian properties tailing, dengan tujuan dapat melakukan substitusi material konstruksi tanggul dengan bahan limbah tailing. metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi studi literatur, studi lapangan, pengolahan data dan analisis.

B. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan sampel material terganggu (*disturb*) tanpa tambahan bahan material stabilisasi lainnya, melainkan hanya tailing kering yang diambil dalam kondisi 75% solid (kondisi kering lapangan) yang kemudian dibentuk (*remoulded*) dan dipadatkan dalam pengujian proctor untuk diketahui nilai kepadatan maksimumnya. Setelah diketahui nilai kepadatan maksimumnya, kemudian dilakukan pengujian nilai properties material dengan kepadatan maksimum pengujian proctor. Skema alur penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram alur penelitian

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mengacu pada alur pengujian gambar 2 tersebut, didapatkan nilai hasil properties pengujian material.

C.1. Hasil Pengujian Material

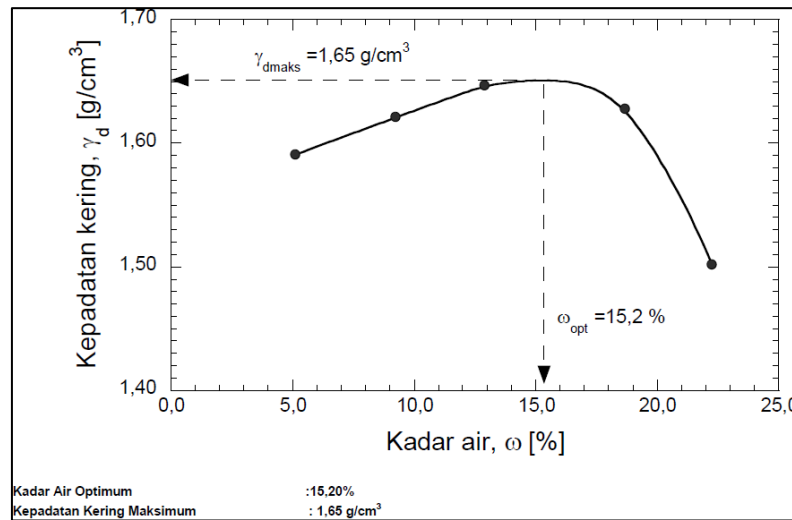
Pengujian material dimulai dari tahap pengambilan sampel material tailing kering kondisi tanah terganggu, kemudian dibentuk ulang (*remoulded*) dan dicari nilai kepadatan kering maksimum dengan uji proctor sebagai berikut ini.

Hasil pengujian kepadatan tailing kering, diperoleh kepadatan maksimum (γ_d maks) dengan kadar air optimum (W_{opt}) ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kepadatan maksimum terhadap kadar air optimum tailing

No.	Keterangan	No Sampel				
		1	2	3	4	5
1	Berat Volume Basah, g/cm ³	1.67	1.77	1.86	1.93	1.84
2	Kadar Air (%)	5.11	9.23	12.9	18.67	22.24
3	Berat Volume Kering, g/cm ³	1.59	1.63	1.65	1.63	1.51

Dari hasil pemadatan tanah 5 sampel uji tersebut, kepadatan maksimum (γ_d maks) yang diperoleh dari perhitungan berat volume basah (γ_b) dibagi terhadap 100% ditambah kadar air dalam persen, dan didapat nilai kepadatan maksimum terbesar (γ_d maks) yaitu pada sampel 3 dengan nilai 1.65 g/cm³. Kurva kepadatan maksimum dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kurva pemadatan tailing.

Setelah diperoleh nilai kepadatan maksimum uji proktor, kemudian dilanjutkan dengan melakukan uji geser langsung yang dilakukan dengan acuan hasil uji pemadatan proktor (tabel 1) yaitu saat tailing mencapai nilai kepadatan kering maksimum sebesar 1.65 gr/cm³. Dari acuan nilai tersebut, kemudian dilakukan pengujian geser langsung dan dihasilkan nilai properties material tailing dengan nilai kohesi sebesar 10.384 kPa dan sudut gesek internal sebesar 38.97°. Selain itu, dengan kepadatan tersebut juga dijadikan acuan untuk uji permeabilitas material dan didapatkan nilai permeabilitas k_{20} sebesar 2.19×10^{-4} cm/dt. Selanjutnya dilakukan uji properties lainnya seperti uji kerapatan massa G_s dengan nilai sebesar 2.53.

Hasil nilai dari pengujian material tailing kering dalam kondisi padat maksimum 1.65gr/cm³ dapat dirangkum pada tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Resume pengujian properties tailing

No.	Keterangan	Notasi	Nilai	Satuan
1	Uji Kepadatan			
	Kepadatan kering maksimum	γ_{dmaks}	1.65	gr/cm ³
		γ_{dmaks}	16.19	kN/m ³
	Kadar air optimum	w	15.2	%
2	Uji Berat Jenis	Gs	2.53	
3	Uji Geser Langsung			
	Kohesi	C	10.384	kPa
	Sudut gesek internal	\emptyset	38.97	°
4	Uji Permeabilitas	k_{20}	2.19×10^{-4}	cm/dt

Dari resume pengujian properties tailing tersebut, kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian properties material tanah merah. Hasil pengujian properties tanah merah dan material konstruksi tanggul dirangkum pada tabel 3 sebagai berikut ini.

Tabel 3. Hasil properties material konstruksi tanggul

No.	Keterangan	γ_m kN/m ³	c kN/m ²	c' kN/m ²	\emptyset	\emptyset'	Permeabilitas (cm/det)
1	Tanah Clay (Tanah Merah)	16.5	28	36	16.5	13	2.1×10^{-7}
2	Filter/ Sand Layer	18.05	0	0	30	30	1.0×10^{-3}
3	Rockfill / Batu	20	0	0	45	45	1.0×10^{-1}
4	Tailing sedimen (basah)	16.5	0	0	13.5	0	2.19×10^{-4}

Pada perhitungan nilai tahanan geser material, nilai tegangan geser sesuai pada persamaan 1 berikut ini.

$$\tau = c + \sigma \tan \emptyset \tag{1}$$

Keterangan :

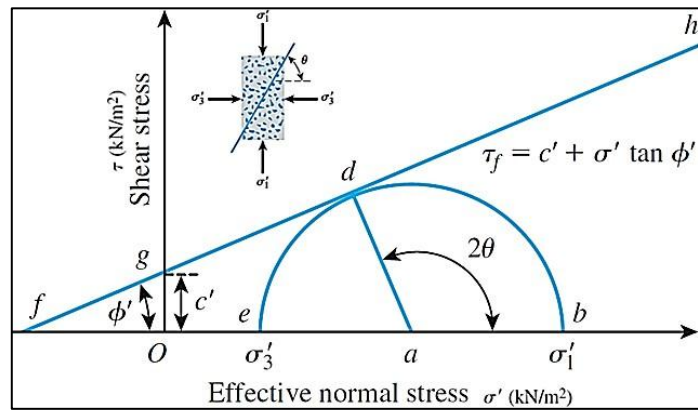
τ = nilai tahanan geser material

c = kohesi material

\emptyset = sudut gesek internal

Semakin besar nilai c dan \emptyset dari material, maka akan semakin besar juga tahanan geser material tersebut, yang berarti material tersebut memiliki tahanan geser yang cukup baik dalam menahan tegangan hingga mengalami *failure*. Apabila digambarkan pada grafik *mohr coulomb*, maka akan didapatkan grafik selubung kegagalan *mohr colomb* seperti Gambar 4 berikut.

Menunjukkan bahwa material tanah dengan tegangan awal σ_3 akan mengalami keruntuhan jika diberi tegangan hingga σ_1 dengan persamaan fungsi $\tau = c + \sigma \tan \emptyset$. Dengan adanya nilai sudut gesek internal dan kohesi yang besar, memungkinkan material untuk menerima tegangan lebih besar lagi hingga akhirnya mengalami runtuh.



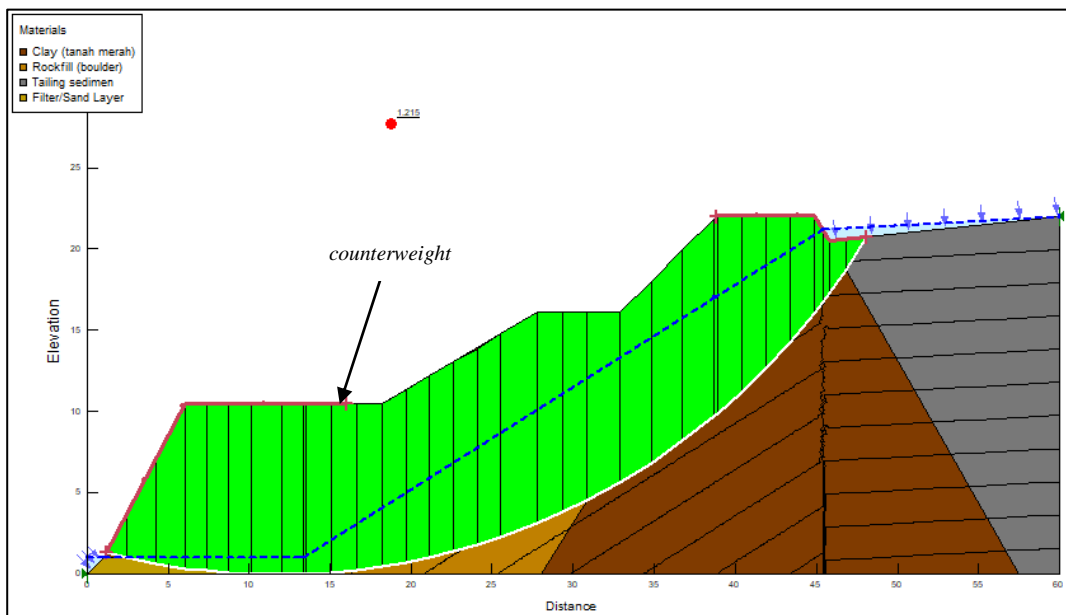
Gambar 4. Selubung kegagalan *mohr coulomb*

Selain memiliki nilai c dan ϕ , material *tailing* juga memiliki berat jenis material yang cukup tinggi yaitu sebesar 1.65 gr/cm³, hanya selisih sedikit dibandingkan material tanah merah dengan berat jenis sebesar 1.69 gr/cm³. Semakin berat material, maka akan semakin stabil dalam menahan gaya horizontal.

C.2. Simulasi *Running Geoslope*

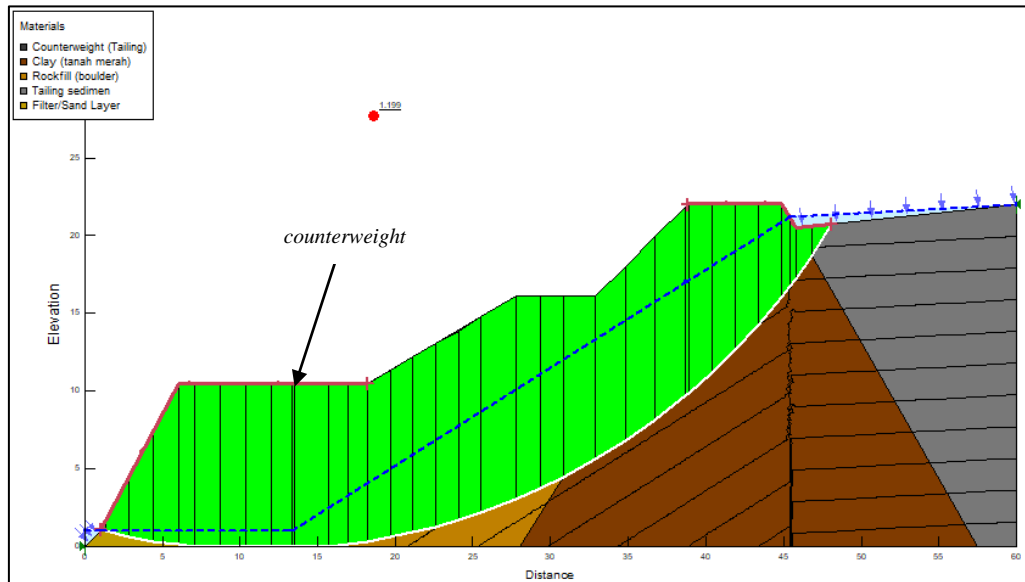
Adanya nilai c , ϕ dan berat jenis material *tailing*, dapat digunakan sebagai bahan input material untuk simulasi stabilitas tanggul dengan bantuan program *geostudio slope/w*. Sebagai studi kasus, penulis melakukan kajian simulasi di lokasi tanggul dam lahan A.

Dalam kasus ini, penulis mencoba membandingkan hasil simulasi stabilitas lereng dengan material konstruksi tanah merah terhadap material konstruksi *tailing*. Dari hasil simulasi tersebut (gambar 5), didapatkan nilai faktor keamanan lereng sebesar 1.215 (dengan koefisien beban gempa horizontal 0.3).



Gambar 5. Simulasi tanggul dam Lahan A dengan material tanah merah pada *counterweight*.

Sedangkan untuk simulasi tanggul dam Lahan A dengan material *tailing* kering sebagai material pengganti tanah merah pada *counterweight*. Dari hasil simulasi tersebut (Gambar 6), didapatkan nilai faktor keamanan lereng sebesar 1.199 (termasuk koefisien beban gempa horizontal 0.3).



Gambar 6. Simulasi tanggul dam Lahan A dengan *tailing* kering pada *counterweight*.

D. PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian tersebut, terlihat *tailing* dengan kepadatan maksimum (γ_d maks) memiliki kekuatan properties material yang cukup besar yang dibuktikan dengan tingginya nilai c dan ϕ . Nilai ϕ pada *tailing* bahkan lebih besar daripada nilai ϕ pada material tanah merah.

Dari perbandingan kedua simulasi tersebut, nampak bahwa penggunaan material *tailing* sebagai stabilisasi tanggul dam (digunakan pada bagian *counterweight*) memiliki stabilitas lereng yang sama baiknya dengan ditunjukkan bahwa nilai *Factor Safety* hanya berselisih 0.016 lebih kecil daripada material dengan tanah merah. Selain itu, ketersediaan *tailing* yang sangat banyak tentu akan memudahkan dan mengurangi upaya dalam penyediaan kapasitas tampung limbah *tailing* dibanding harus mencari material konstruksi tanah merah.

Akan tetapi perlu ditinjau dari sisi lain yaitu tingginya nilai permeabilitas *tailing* sebesar 2.19×10^{-4} dibandingkan material tanah merah sebesar 2.1×10^{-7} , yang berarti material tanah merah lebih kedap air sehingga dapat menjaga kondisi konstruksi tanggul dalam keadaan kering saat terjadi hujan, maupun menahan rembesan air, sehingga perlu rekayasa engineering lainnya untuk meningkatkan nilai kedap air pada material *tailing*.

E. KESIMPULAN

Dari uraian latar belakang, hasil pengujian hingga pembahasan tersebut, didapatkan suatu kesimpulan bahwa:

- Tailing* memiliki parameter c dan ϕ yang cukup besar sehingga memiliki stabilitas cukup baik dalam kondisi padat.
- Hasil simulasi stabilitas tanggul antara material tanah merah dengan material *tailing* saat digunakan sebagai konstruksi *counterweight* sama baiknya dengan selisih *safety factor*

sebesar 0.016.

- c. Ketersediaan *tailing* yang cukup banyak menjadikan ketersediaan dan perolehan material lebih baik dan lebih mudah daripada material konstruksi tanah merah, sehingga diperoleh efisiensi lebih baik.
- d. *Tailing* memiliki kelemahan nilai permeabilitas yang cukup tinggi, sehingga memerlukan rekayasa *engineering* yang baik untuk digunakan sebagai material konstruksi tanggul dam agar tanggul dam tahan terhadap air hujan maupun rembesan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Cindarto. (2018). *Laporan Tri Wulan Pemantauan Bendungan TSF*. Bandung: PT CND.
- Das, B. M. (2011). *Principles of Foundation Engineering*. Washington: Global Engineering.
- Das, B. M. (2014). *Advanced Soil Mechanics*. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300: CRC Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2017). *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta: UGM Press.