

IMPLEMENTASI GEOTUBE DALAM PENANGANAN LUMPUR PADA KOLAM PENGENDAP 11 PT X, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

Implementation of Geotube in Handling of Mud at Settling Pond 11 PT X, East Kalimantan Province

DHAFINA N. WIDIYATI*, ASEP ROHMAN** dan MESIAS CITRA DEWI**

Program Studi Teknologi Pertambangan, Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung
Jl. Jenderal Sudirman No. 623 Bandung

Korespondensi e-mail: dhafinawdyt@gmail.com

*Kontributor Utama **Kontributor Anggota

ABSTRAK

PT X menerapkan metode *geotube* untuk menangani air tambang dari *sump* yang mengandung *total suspended solids* (TSS) sebesar ± 6.500 mg/l. Konsentrasi tersebut jauh melebihi standar baku mutu lingkungan hidup (BMLH), yaitu 100 mg/l. Oleh karena itu, air tersebut harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat dilepaskan ke lingkungan. Metode *geotube* dipilih guna mengurangi penggunaan tawas yang selama ini berdampak pada menurunnya umur kolam pengendap. Dengan metode ini diharapkan kolam pengendap 11 dapat digunakan untuk jangka waktu yang lebih panjang. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan observasi yang berfokus pada pemanfaatan produk kimia dalam proses pemisahan lumpur sebelum masuk ke *tube*. Beberapa aspek yang menjadi perhatian dalam penelitian ini yaitu ketersediaan lahan, efektivitas penggunaan produk kimia, debit *slurry pump* dan volume lumpur yang diproses ke dalam *geotube*. Produk kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah flokulan *Kemira Superfloc A1300 HMW*. Dengan luas lahan 1 Ha mampu menampung sembilan unit *tube*, target pemompaan lumpur adalah sebesar 55.000 m³ dalam waktu 20 hari. Berdasarkan hasil pengamatan, metode *geotube* terbukti efektif, cepat, efisien serta lebih unggul dibandingkan metode konvensional seperti *pump and haul* walaupun durasi pembuatannya lebih lama yaitu selama 2 - 3 minggu dan membutuhkan biaya yang lebih tinggi. Metode *geotube* mampu menangani lumpur lebih banyak yaitu 55.000 m³/20 hari, sedangkan metode konvensional hanya mampu menangani lumpur 18.000 m³/20 hari. Selain itu, dampak lingkungan yang dihasilkan dari penerapan metode *geotube* relatif lebih rendah karena risiko kebocoran yang minim dibandingkan dengan metode konvensional yang sering terjadi kebocoran pada *mudco*. Padatan hasil dari metode *geotube* juga berpotensi untuk dimanfaatkan kembali.

Kata kunci: *geotube*, lumpur, kolam pengendap, *total suspended solid*.

ABSTRACT

PT X implements the *geotube* method to treat mine water from the *sump* containing *total suspended solids* (TSS) of approximately ± 6500 mg/l. This concentration significantly exceeds the environmental quality standard (EQS), which is set at 100 mg/l. Therefore, the water must undergo a treatment process before it can be safely discharged into the environment. The *geotube* method was selected to reduce the use of alum, which has previously contributed to the reduced service life of the settling pond. Through this method, Settling Pond 11 is expected to be utilized for a longer operational period. This study employed experimental and observational methods focusing on the use of chemical additives in the sludge separation process prior to entering the *geotube*. Several aspects considered in this study include land availability, the effectiveness of chemical products, *slurry pump* discharge, and the volume of sludge processed into the *geotube* system. The chemical used in this study was the flocculant *Kemira Superfloc A1300 HMW*. With a land area of 1 hectare, the site is

capable of accommodating nine geotube units, with a target sludge pumping capacity of 55,000 m³ within 20 days. Based on the observations, the geotube method has proven to be effective, rapid, and efficient, and demonstrates advantages compared to conventional methods such as pump and haul. However, the installation process requires a longer preparation time of approximately 2–3 weeks and involves higher initial costs. The geotube method is capable of handling a larger volume of sludge, reaching 55,000 m³ within 20 days, whereas the conventional method can only handle approximately 18,000 m³ within the same period. Furthermore, the environmental impact of the geotube method is relatively lower due to the minimal risk of leakage compared to the conventional method, where leakage frequently occurs in mudco. In addition, the solid material produced from the geotube process also has potential for further reuse.

Keywords: geotube, mud, settling pond, total suspended solids.

PENDAHULUAN

PT X merupakan perusahaan tambang batubara yang terletak di Kecamatan Tabang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Penambangan batubara pada PT X dilaksanakan dengan menerapkan metode tambang terbuka (*open pit*). Metode tambang terbuka adalah teknik penambangan pada permukaan untuk mengekstraksi batuan atau mineral (Muttaqim dkk., 2025). Bagian paling atas permukaan tanah (*top soil*) dalam tambang terbuka perlu digali hingga kedalaman tertentu untuk mendapatkan bahan galian yang diinginkan (Jailani dkk., 2018).

Dalam menjalankan metode tambang terbuka, air menjadi salah satu masalah besar yang dapat mengganggu aktivitas di *front* kerja, sehingga diperlukan penanganan dengan sistem penyaliran tambang yang baik. Sistem penyaliran tambang adalah suatu sistem di daerah penambangan untuk mencegah, mengeringkan, dan mengeluarkan air dalam jumlah berlebihan yang masuk ke area penambangan (Syarifuddin dkk., 2017; Dewi dkk., 2024). Selain sistem penyaliran tambang yang baik, kualitas air juga menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan.

Batuan atau material pada Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT X tidak memiliki potensi pembentukan air asam tambang (AAT) karena tidak mengandung mineral sulfida. Disamping itu, formasi endapan di PT X adalah Formasi Balikpapan. Formasi Balikpapan tersusun atas batupasir kuarsa, batulempung, batulanau, serpih, dengan sisipan batubara (Devy dan Hasyim, 2022). Hal ini menyebabkan air yang keluar dari area penambangan memiliki nilai *total suspended solid* (TSS) yang tinggi. TSS adalah jumlah total partikel padat yang tidak larut dan tertahan pada filter, tersuspensi dalam sampel air.

Partikel ini tidak larut dalam air dan mencakup sedimen, tanah liat, pasir halus, bahan organik (misalnya detritus dan mikroorganisme) yang tetap berada di kolom air. TSS biasanya diukur dengan metode gravimetri, yaitu penyaringan sampel air dan pengeringan residu padatan yang tertahan pada media penyaring, kemudian ditimbang dalam mg/l (Sinaga dkk., 2020).

Konsentrasi TSS pada PT X sebesar 6.500 mg/l, sedangkan baku mutu lingkungan hidup (BMLH) pada sektor pertambangan batubara menerapkan nilai maksimum 100 mg/l (Kementerian Lingkungan Hidup, 2021). Tingginya konsentrasi TSS tersebut menunjukkan bahwa diperlukan metode pengelolaan yang efektif sebelum air dilepaskan ke lingkungan.

Dengan konsentrasi yang tinggi, air tersebut tidak boleh langsung dibuang ke badan air dan perlu dikelola dahulu menggunakan aluminium sulfat atau tawas saat berada di kolam pengendap. Kolam pengendap digunakan untuk mengendapkan lumpur atau material lain sehingga air yang dialirkan ke sungai sudah jernih, selain itu kolam pengendap juga dapat berfungsi sebagai tempat pengontrol kualitas dari air yang akan dialirkan keluar kolam pengendap (Surahmad dkk., 2021). Kolam pengendap bekerja dengan mekanisme pengendapan gravitasional untuk mengurangi TSS (Skrzypczak dan Tandyrak, 2024). Kolam pengendap juga berfungsi untuk mengurangi TSS agar kualitas air dapat memenuhi baku mutu lingkungan (Rozi dkk., 2022).

Konsentrasi TSS yang tinggi meningkatkan kebutuhan/dosis tawas. Penggunaan tawas yang lebih banyak mempercepat terbentuknya endapan, sehingga sedimentasi di dasar kolam pengendap bertambah dan mempengaruhi umur

kolam pengendap. Secara umum, konsentrasi TSS yang tinggi mencerminkan tingginya tingkat sedimentasi di perairan (Jiyah dkk., 2017). Akumulasi endapan menyebabkan terjadinya pendangkalan kolam pengendap dan mengurangi kapasitas tampung kolam pengendap. Partikel koloid berupa TSS memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga cenderung tetap tersuspensi dalam air dan sulit mengendap hanya dengan proses pengendapan biasa (Muflihah dkk., 2020). Oleh sebab itu, diperlukan pemeliharaan pada kolam pengendap dengan cara mengendapkan atau memisahkan antara air dengan lumpur menggunakan metode *geotextile tube* (*geotube*).

Metode *geotube* merupakan salah satu metode penanggulangan lumpur dengan menggunakan tabung (*tube*) berbahan *geotextile* sebagai alat tampungannya. Lumpur sendiri didefinisikan sebagai zat sisa (residu) berupa material semi-padat yang berasal dari proses pengolahan limbah (Trpčevská dkk., 2025). *Geotube* berfungsi sebagai wadah untuk menampung campuran air dan lumpur dari area penambangan. Lumpur (*slurry*) dipompa ke dalam tabung, sementara airnya keluar melalui pori-pori *geotextile* dan padatan tertahan di dalamnya (Ardila dkk., 2020). Melalui proses filtrasi, air secara perlahan dilepaskan melalui dinding atau pori-pori *geotube*, sementara material padat yang terperangkap di dalamnya terkonsolidasi menjadi bahan yang lebih padat dan kering. Proses ini memungkinkan adanya filtrasi air dan pengendalian erosi yang baik (Sastradi dan Kurniawan, 2023).

PT X menggunakan metode tersebut dikarenakan keterbatasan wilayah atau area penimbunan lumpur dan mempertimbangkan dari segi waktu peni. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut terkait aspek operasional penggunaan metode *geotube*.

METODE

Penelitian ini dilakukan di PT X, yang berlokasi di Provinsi Kalimantan Timur, pada periode Januari hingga Maret 2025. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer meliputi debit aktual *slurry pump*, batimetri *settling pond* 11, produk kimia, dan pemantauan harian pada *tube* yang bertujuan untuk mendapatkan waktu endap lumpur aktual menggunakan metode *geotube* selama kurang lebih 20 hari sesuai dengan target pengelolaan lumpur sebanyak 55.000 m³. Data sekunder dari perusahaan berupa peta situasi tambang, luas area *geotube*, spesifikasi *slurry pump* dan *geotube*, serta uraian metode konvensional. Selanjutnya, dilakukan perbandingan dengan metode konvensional (*pump and haul mud*) serta evaluasi penerapan metode *geotube* di PT X.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi *Geotube*

Pada umumnya, spesifikasi dan dimensi *geotube* sangat beragam mulai dari jenis material, kapasitas air tercampur lumpur, dan kapasitas maksimal lumpur yang diendapkan setelah beberapa waktu. *Geotube* di kolam pengendap 11 PT X memiliki dua jenis spesifikasi dan dimensi seperti pada Tabel 1.

PT X menggunakan dua jenis *geotextile tube*, yaitu *geotube* GT 500D dan *hydrotube* HT 100H. Pemilihannya disesuaikan dengan ketersediaan stok serta luas lahan yang tersedia. Kedua jenis *tube* tersebut terbuat dari bahan *geotextile* yang serupa dengan ketahanan *tube* yang lama, namun memiliki perbedaan pada dimensi dan kapasitas penampungan lumpur yang telah mengeras.

Tabel 1. Spesifikasi *geotube*

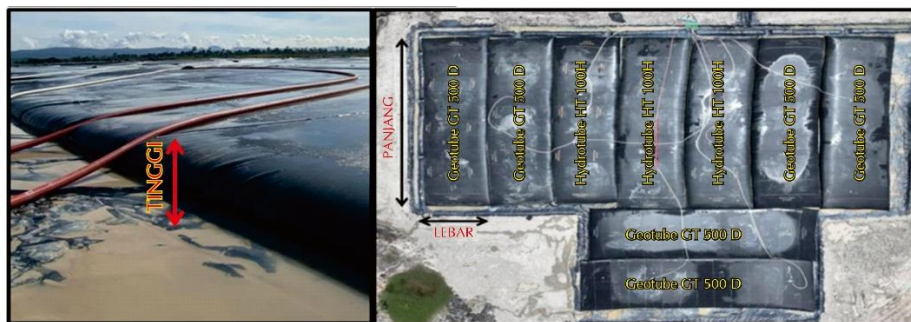
Keterangan	Dewatering tube – Geotube GT500D	Dewatering tube–HydroTube HT 100H
<i>Mechanical properties</i>		
<i>Tensile strength</i>	90 kN/m	90 kN/m
<i>Weight</i>	440 g/m ²	± 440 g/m ²
<i>Hydraulic properties</i>		
<i>Water permeability</i>	35 L/m ² /s	20-20 L/m ² /s
<i>Apparent opening size</i>	< 0,425 mm	< 0,5 mm
<i>Dimensions (P x L x T)</i>	61,4 m x 18,5 m x 2,6 m	61 m x 18,3 m x 2,3 m
<i>Slurry solid max volume</i>	~ 2.900 m ³	~ 2.500 m ³

Jenis *hydrotube* HT 100H memiliki *water permeability* dan pori-pori yang lebih kecil, sehingga penurunan lumpur menjadi lebih lambat dibandingkan dengan jenis *geotube* GT 500D. Penempatan masing-masing jenis *tube* disesuaikan dengan kondisi permukaan lahan dengan maksimal penumpukan mencapai 3-4 *tube*. *Geotube* GT 500D ditempatkan pada bagian tepi area kolam pengendap 11 karena memiliki kapasitas lumpur mengeras yang lebih besar, sehingga berfungsi sebagai penahan agar *tube* di tengah tidak terguling atau bergeser ke area lainnya. Sementara *hydrotube* HT 100H ditempatkan di bagian tengah area kolam pengendap 11 seperti pada

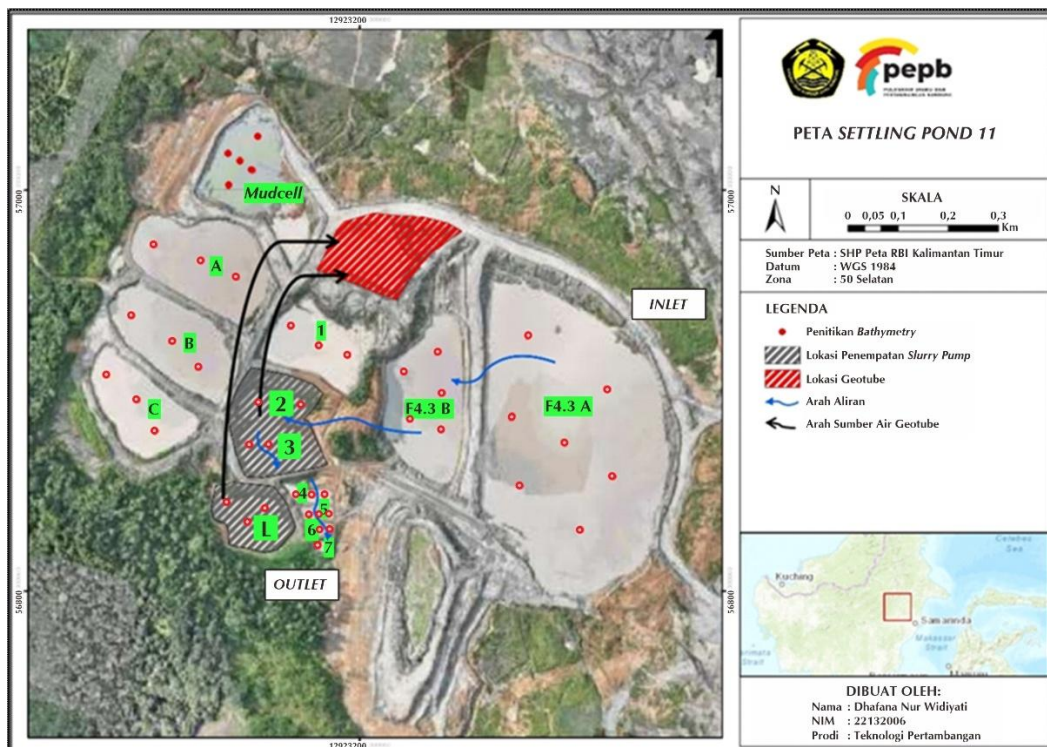
Gambar 1, agar penumpukannya tidak mudah jatuh atau terguling.

Volume Kolam Pengendap 11

Volume kolam pengendap 11 PT X diukur melalui survei batimetri oleh *dewatering engineer* dan menunjukkan kapasitas air berlumpur yang dapat ditampung kolam tersebut. Pemompaan dalam rangka pemeliharaan tahap pertama difokuskan pada kolam 2, 3, dan L. Pembagian kolam dan arah *inlet* sampai *outlet* kolam pengendap dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Geotube pada kolam pengendap 11



Gambar 2. Alur aliran air kolam pengendap 11

Air masuk ke kolam pengendap melalui kolam F4.3A, tempat dilakukan koagulasi dengan tawas untuk mengendapkan TSS dari air *sump*. Aliran bergerak berurutan ke kolam F4.3B, lalu kolam 2, 3, 4, 5, 6, dan akhirnya kolam 7. Pada kolam 7 terpasang pintu air *V-notch* yang dibuka apabila kualitas air telah memenuhi standar baku mutu, selanjutnya air akan mengalir ke sungai.

Data batimetri diambil menggunakan alat survei *remote control* (RC) batimetri untuk mengukur volume lumpur sebelum dan sesudah penerapan metode *geotube*. Data batimetri tiap kolam di kolam pengendap 11

dapat dilihat pada Tabel 2. Penempatan *slurry pump* di tiap kolam menurunkan $\pm 20\%$ dari total lumpur. Kolam L, 2, dan 3 mengalami perubahan volume akibat pengaliran lumpur ke dalam *geotube*.

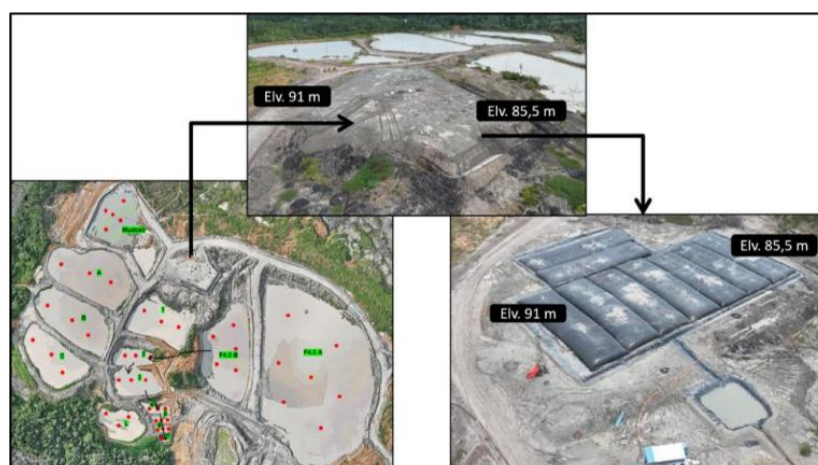
Luas Lahan

PT X merencanakan penggunaan metode *geotube* pada kolam pengendap 11 dengan menyiapkan lahan seluas 1 Ha pada elevasi antara 89,5 - 91 m yang ditutup dengan 15 rol *geomembran pad* berukuran 8×100 m. Pemasangan *tube* dan alur metode *geotube* dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.

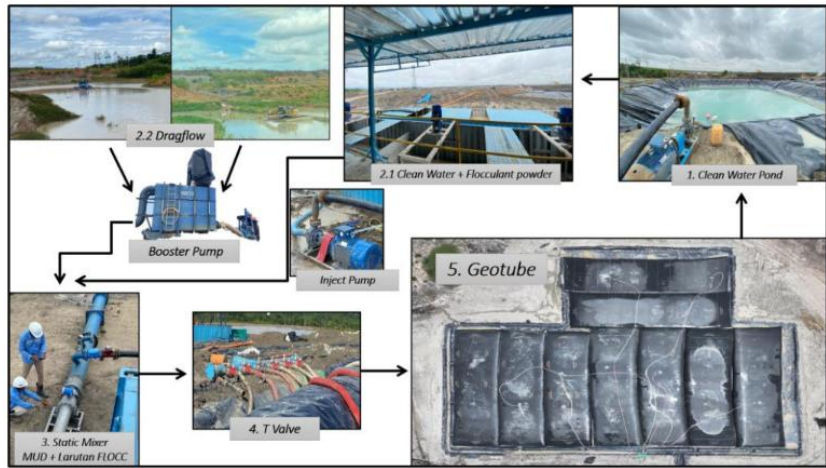
Tabel 2. Data batimetri sebelum dan sesudah *geotube*

Kolam Pengendap 11 (lumpur)									
No. kolam	Kapasitas kolam (m ³)	Elv. atas (m)	Tinggi (m)	Sebelum	Volume (m ³)	Elv. Atas (m)	Tinggi (m)	Sesudah	Volume (m ³)
				Tingkat keterisian kolam terhadap kapasitas maksimumnya (%)				Tingkat keterisian kolam terhadap kapasitas maksimumnya (%)	
L	58.069	69,04	13,5	96	49.176	64,80	9,3	35	20.437
F4.3A	2.798.137	59,69	19,7	25	691.874	61,36	21,4	27	820.032
F4.3B	355.643	69,60	10,6	53	190.126	69,90	10,8	50	199.146
1	237.815	76,59	12,8	51	102.045	75,64	11,8	43	102.045
2	66.191	68,96	9,6	60	40.022	67,16	7,8	40	27.860
3	82.346	64,46	10,2	68	46.647	69,86	12,8	56	48.540
4	3.458	66,26	1,5	15	517	65,88	1,1	6	215
5	5.378	66,68	2,6	67	3.629	66,68	2,6	67	3.629
6	2.456	64,80	0,8	5	116	64,80	0,8	5	116
7	1.157	63,79	0,7	16	187	63,79	0,7	16	187

Keterangan: kolom kuning adalah kolam yang dipasang *geotube*



Gambar 3. Skema penempatan *tube*



Gambar 4. Alur metode geotube

Slurry Pump

Kolam pengendap 11 menggunakan dua *slurry pump* untuk menghisap lumpur yaitu: *Dragflow* DRH 85/160 *Cable Dredge* dengan kedalaman isap 18 m di kolam 2 dan 3, serta *Dragflow Amphibious* dengan kedalaman isap 5 m di kolam L.

Produk Kimia

Baik pada metode konvensional dan metode *geotube* alumunium sulfat atau tawas masih ditambahkan pada *inlet* kolam pengendap untuk proses koagulasi. Perbedaan antara metode *geotube* dan metode konvensional terletak pada dosis dan titik pemberian alumunium sulfat atau tawas. Pada metode *geotube*, alumunium sulfat atau tawas hanya

diberikan pada *inlet*, sedangkan pada metode konvensional alumunium sulfat atau tawas diberikan pada 3-4 kompartemen terakhir kolam pengendap untuk mempercepat pengendapan TSS, sehingga air dapat dialirkan langsung ke sungai terdekat. Koagulan mampu menggumpalkan partikel kecil menjadi flok yang lebih mudah diendapkan, sehingga dapat menurunkan konsentrasi TSS secara efektif (Yunia *dkk.*, 2025). Selanjutnya flokulasi berlangsung ketika *flocculant powder* dicampur dengan air dari *clean water pond* membentuk *flocculant solution*, lalu lumpur dari kolam pengendap dan *flocculant solution* diaduk di *mixing chamber* sebelum dialirkan ke *tube*. Adapun jenis produk kimia yang digunakan pada kolam pengendap 11 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jenis produk kimia

Gambar	Produk Kimia	Merk	Tipe
	Alumunium sulfat (tawas) - koagulan	Aktif Indonesia Indah	
	Flocculant powder	Kemira Oyj	Superfloc A – 1300HMW

Penggunaan Produk Kimia

Penggunaan produk kimia dalam metode *geotube* memerlukan dosis yang bervariasi, tergantung pada karakteristik material lumpur. Pada *inlet* kolam pengendap 11, dilakukan pemberian tawas atau aluminium sulfat merek All dengan dosis 0,1 g/l. Setelah itu, proses flokulan dilakukan sebelum lumpur dimasukkan ke dalam *tube*. Proses flokulan ini menggunakan bahan kimia merek Kemira Oyj tipe *Superfloc A 1300HMW* dengan dosis yang sudah ditentukan oleh pihak vendor yaitu 0,015 g/100 ml sesuai dengan nilai *specific gravity* (SG) lumpur di kolam pengendap 11 yaitu 1. SG adalah rasio densitas suatu material (massa per unit volume) terhadap densitas air, yang menunjukkan densitas relatif material dibandingkan air sebagai acuan standar (Ayaz dkk., 2024). Nilai SG digunakan sebagai parameter penting dalam analisis sifat fisik material karena terkait langsung dengan perhitungan porositas, *void ratio* serta parameter densitas lain yang menentukan karakteristik mekanik dan fase tanah (Meng dkk., 2025). Hasil percobaan dengan berbagai dosis untuk menghasilkan flok dengan ukuran sesuai dapat dilihat pada Tabel 4.

Dalam proses flokulasi, semakin tinggi nilai SG dan TSS maka dosis larutan flokulan yang

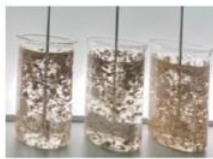
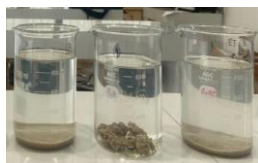
diperlukan semakin besar. Hal ini dikarenakan tekstur lumpur menjadi lebih kental dan memerlukan dosis flokulanyang tinggi agar lumpur dapat terikat lalu terendapkan.

Waktu Endap Lumpur

Proses pengeringan lumpur merupakan tahap penting dalam pengelolaan lumpur hasil pengolahan air limbah karena efektif mengurangi kadar air serta volume material, sehingga dapat menekan biaya penyimpanan, penanganan, dan transportasi serta mendukung pemanfaatan lanjutan (Chang dkk., 2023; Makkowska dkk., 2025; Quds dkk., 2022). Lumpur pada kolam pengendap 11 dialirkan dari pompa *booster* yang nantinya akan tercampur dengan flokulan di *static mixer* lalu dimasukkan ke dalam *tube*. Lumpur dalam *tube* akan mengendap dan seiring berjalannya waktu akan mengeras di dalam *tube*, sedangkan air yang terpisah dari lumpur akan naik ke atas dan keluar melalui pori-pori *tube*.

Pengamatan dilakukan pada *tube* 1 hingga *tube* 9 dengan kapasitas yang berbeda-beda. Data yang diperoleh mencakup waktu dari awal pemompaan hingga *tube* mengeras, tinggi *tube*, *flowrate slurry pump*, dan volume pemompaan lumpur (Tabel 5).

Tabel 4. Uji dosis flokulan

Uji sampel flokulan + lumpur kolam pengendap 11				
Uraian	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Dokumentasi uji 1, 2 dan 3
Merek dan tipe	Kemira Oyj - Superfloc A 1300HMW			
Dosis lumpur + flocc product (g/l)	0,04	0,08	0,12	
				
Jam start mix (09.17 WITA)				
Jam initial reaksi tawas (09.31 WITA)	Flok belum terlihat	Flok terbentuk dan mulai terpisah dengan air	Flok dan air sedikit terpisah, tetapi flok dalam ukuran kecil	
Hasil sehari setelahnya (09.20 WITA)				
	Flok pecah	Flok terpisah	Flok pecah, air kental	

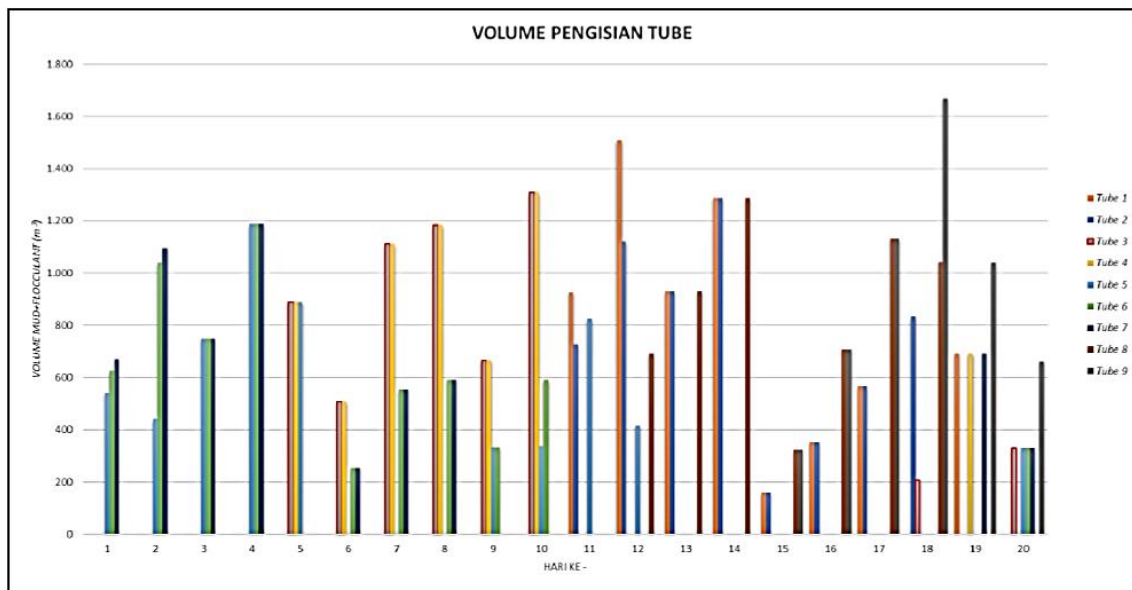
Tabel 5. Volume tube

No	Average specific gravity	Volume pemompaan lumpur (m ³)	Volume flokulan (m ³)	Volume lumpur dalam tube (lumpur + flokulan) (m ³)								
				Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4	Tube 5	Tube 6	Tube 7	Tube 8	Tube 9
1	1,04	1.840	168	-	-	-	-	542	628	670	-	-
2	1,05	2.577	369	-	-	-	-	442	1.039	1.096	-	-
3	1,07	2.248	191	-	-	-	-	749	749	749	-	-
4	1,05	3.567	262	-	-	-	-	1.189	1.189	1.189	-	-
5	1,08	2.667	247	-	-	889	889	889	-	-	-	-
6	1,12	1.526	214	-	-	509	509	-	254	254	-	-
7	1,11	3.333	385	-	-	1.111	1.111	-	556	556	-	-
8	1,11	3.549	305	-	-	1.183	1.183	-	592	592	-	-
9	1,12	1.997	180	-	-	666	666	333	333	-	-	-
10	1,12	3.547	346	-	-	1.309	1.309	337	591	-	-	-
11	1,10	2.478	183	926	726	-	-	826	-	-	-	-
12	1,13	3.734	373	1.507	1.120	-	-	415	-	-	691	-
13	1,15	2.789	244	930	930	-	-	-	-	-	930	-
14	1,12	3.866	363	1.289	1.289	-	-	-	-	-	1.289	-
15	1,14	971	106	162	162	-	-	-	-	-	324	324
16	1,11	2.122	233	354	354	-	-	-	-	-	707	707
17	1,12	3.399	341	567	567	-	-	-	-	-	1.133	1.133
18	1,09	3.751	386	-	-	208	-	-	-	-	1.042	1.667
19	1,12	3.118	328	693	693	-	693	-	-	693	-	1.039
20	1,10	1.984	282	-	-	331	-	331	331	331	-	661
Total		55.063	5.506	6.427	5.841	6.206	6.360	6.053	6.262	6,130	6.116	5.531

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa dari hasil pengamatan selama 20 hari menunjukkan nilai rata-rata SG berkisar antara 1,00 – 1,15 berdasarkan hasil pengukuran menggunakan alat neraca lumpur. Volume lumpur terpompa, volume larutan flokulan, dan debit aliran masuk ke geotube diukur menggunakan flowmeter yang terpasang pada setiap jalur

pipa. Volume lumpur terisi dihitung sebagai volume total campuran antara lumpur dengan flocculant solution yang sudah dibuat.

Gambar 5 memperlihatkan volume pengisian tube yang dilakukan terhadap 3 tube setiap siklus. Dalam waktu 20 hari, total lumpur yang berhasil dikelola mencapai $\pm 55.000 \text{ m}^3$.



Gambar 5. Volume pengisian tiap tube

Gambar 6 menunjukkan susunan pengisian *tube*, dimulai dari nomor 5, 6, dan 7. Berdasarkan pertimbangan elevasi yang tidak rata, *tube* nomor 5 menjadi penahan agar *tube* lainnya tidak terguling atau tergeser.

Contoh sampel yang diukur untuk mengetahui konsentrasi TSS yang dipompa dari *slurry pump* dapat dilihat pada Gambar 7, selanjutnya nilai *initial* dan nilai konsentrasi final TSS sebelum dan sesudah masuk ke *tube* dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 6. Lokasi pengamatan *geotube*



Gambar 7. Kualitas air sebelum dan sesudah masuk *tube*

Tabel 6. Konsentrasi TSS

Sampel	Konsentrasi TSS (mg/l)	
Sebelum masuk <i>tube</i>	≥ 99.900	
Setelah dari <i>tube</i>	± 11	

Pemeliharaan *Geotube*

Dalam implementasi metode *geotube*, kegiatan pemeliharaan rutin diperlukan untuk menjaga kinerja dan efektivitas unit filtrasi. Pemeliharaan dilakukan dengan cara penyikatan seluruh sisi permukaan *geotube* (Gambar 8). Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya penyumbatan pori-pori akibat flok lumpur yang menggumpal dalam jumlah berlebih. Kegiatan ini dilakukan secara berkala sebanyak 3-4 kali dalam sehari, dengan interval waktu setiap tiga jam. Pemeliharaan yang konsisten memungkinkan air bersih hasil pemisahan dengan flok lumpur keluar lebih cepat, sehingga proses resirkulasi dapat berlangsung lebih efisien dan berkelanjutan.



Gambar 8. Proses pemeliharaan *geotube*

Perbandingan Metode

Perbandingan antara metode konvensional dan metode *geotube* pada periode yang sama selama dua bulan, dengan mempertimbangkan beberapa aspek terdapat pada Tabel 7. Tabel 8 menunjukkan perbandingan penerapan metode konvensional dengan metode *geotube* pada volume produksi yang sama, yaitu 55.000 m³, serta ringkasan total biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh hasil evaluasi lebih lanjut.

Berdasarkan perbandingan kedua metode tersebut, biaya yang dikeluarkan pada metode konvensional lebih rendah daripada metode *geotube*. Tetapi jika ditinjau dari aspek lain sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7, metode *geotube* lebih unggul karena lebih efisien dari segi waktu dan memberikan produktivitas yang lebih baik.

Tabel 7. Perbandingan konvensional dan *geotube*

Aspek	Konvensional (<i>load and haul mud</i>)	<i>Geotube</i>
Efektivitas <i>Dewatering</i> (Periode yang sama ± 2 bulan)	$\pm 60 - 70 \%$ (tanpa proses pengeringan)	$\pm 85 - 90\%$ (melalui proses pengeringan lumpur)
Lama instalasi	± 1 minggu	$\pm 2 - 3$ minggu
Jumlah produk kimia	Tawas (0,1 mg/l) pada <i>inlet</i> dan 3-4 kompartemen terakhir	Tawas (0,1 mg/l) pada <i>inlet</i> dan <i>Flocculant Powder</i> / polyacrylamide (0,015 g/100 l)
Jumlah hari	20 Hari = 18.000 m ³ lumpur	20 Hari = 55.000 m ³ lumpur
Pemanfaatan setelah penggunaan	Terbatas	Potensial digunakan kembali

Tabel 8. Perbandingan biaya

Uraian	Konvensional	<i>Geotube</i>
Jumlah alat	3 DT CMT	9 <i>Tube</i>
Kapasitas per unit (m ³)	15	2.500 - 3.000
Waktu per <i>shift</i>	10	7
Ritase per <i>shift</i>	2	2
Produksi (m ³ /hari)	900	2.535
Target produksi (m ³)	55.000	55.000
Biaya sesuai target (Rupiah)	1.893.480.000	3.165.533.754
Total waktu (hari)	62	50

Evaluasi Penggunaan *Geotube*

Penggunaan metode *geotube* dalam penanganan lumpur di area pertambangan merupakan alternatif teknologi *dewatering* karena kemampuannya dalam mengurangi kadar air lumpur secara signifikan dengan proses yang relatif sederhana. Evaluasi terhadap efektivitas metode ini dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa aspek, antara lain:

- Efektivitas proses *dewatering*
Metode *geotube* menunjukkan efektivitas yang cukup tinggi, yaitu sekitar 85-90%, dalam memisahkan air dan lumpur. Proses ini dilakukan melalui penambahan produk kimia flokulan ke dalam lumpur untuk membentuk flok, kemudian lumpur dialirkan ke dalam *tube*. Air dalam kondisi bersih (TSS < 100 mg/l) keluar melalui pori-pori *tube*, sedangkan padatan tertahan di dalamnya. Sebaliknya, metode konvensional menunjukkan efektivitas *dewatering* yang lebih rendah karena air yang masih tercampur dalam lumpur tidak melalui proses pengeringan atau pemisahan, melainkan langsung diangkat dan ditimbun di *mudcol* tempat penimbunan lumpur.

- Kesesuaian terhadap kondisi area tambang.
Kondisi fisik area tambang yang umumnya memiliki lahan terbuka dan luas sangat mendukung penerapan metode *geotube*. Selain itu, keterbatasan infrastruktur dan akses terhadap sumber daya energi menjadikan teknologi pasif seperti *geotube* lebih ideal untuk diterapkan. Proses ini tidak memerlukan peralatan mekanik berat setelah instalasi dan dapat dilakukan dengan memanfaatkan tenaga kerja lokal.
- Dampak terhadap lingkungan
Metode *geotube* dinilai lebih ramah lingkungan dibandingkan metode konvensional seperti *pump and haul*. Proses *dewatering* yang tertutup meminimalkan risiko tumpahan lumpur cair dan pencemaran pada air sekitar. Selain itu, padatan hasil *dewatering* dapat dengan mudah dikelola atau dimanfaatkan kembali, misalnya untuk penimbunan lahan pascatambang, selama tidak mengandung kontaminan berbahaya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Metode *geotube* sebagai inovasi baru yang diterapkan di PT X terbukti lebih efektif dalam

mengatasi tingginya konsentrasi TSS dibandingkan metode konvensional (*pump and haul mud*). Evaluasi menunjukkan bahwa metode ini memiliki efektivitas *dewatering* yang tinggi, proses instalasi yang relatif sederhana, hasil pengelolaan lumpur yang lebih baik, tidak memerlukan peralatan berat, serta memberikan dampak lingkungan yang lebih rendah. Selain itu, pemeliharaan *geotube* tergolong mudah karena cukup dilakukan melalui penyikatan pada setiap sisi tube sebanyak 3-4 kali sehari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung serta PT X yang menjadi lokasi penelitian pada jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardila, M.A.A., de Souza, S.T., da Silva, J.L., Valentin, C.A. dan Di.Bernardo Dantas, A. (2020) "Geotextile tube dewatering performance assessment: An experimental study of sludge dewatering generated at a water treatment plant," *Sustainability (Switzerland)*, 12(19). Tersedia pada: <https://doi.org/10.3390/su12198129>.
- Ayaz, H., Xu, J., Aslam, M.U. dan Ahmad, S. (2024) "Evaluation of Petrographic and Geomechanical Properties of Inzari Formation Rocks for Their Suitability as Building Materials in the Nizampur Basin, Pakistan," *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(20). Tersedia pada: <https://doi.org/10.3390/app14209395>.
- Chang, H., Zhao, Y., Xu, A., Damgaard, A. dan Christensen, T.H. (2023) "Mini-review of inventory data for the dewatering and drying of sewage sludge," *Waste Management and Research*, 41(6), hal. 1081–1088. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1177/0734242X221139170>.
- Devy, S.D. dan Hasyim, I. (2022) "Kajian Hidrologi dan Hidrogeologi Daerah Penambangan, Studi Kasus Lipatan Sinklin di Sungai Mahakam, Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur," *SPECTA Journal of Technology*, 6(3), hal. 250–262.
- Dewi, M.C., Waylani, A., Suparno dan Les Sihombing, A.P. (2024) "Evaluation of Settling Pond For Handling Coalmine Wastewater at Jetty of Kertapati, PT Bukit Asam Tbk, Palembang, South Sumatera," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1437(1). Tersedia pada: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1437/1/012027>.
- Jailani, A., Triantoro, A. dan Romla, N. (2018) "Perencanaan Tambang Pada Lokasi Pit East dan Pit West di PT Wings Sejati Jobsite PT Bangun Nusantara Jaya Makmur." *Jurnal Geosapta*, hal. 9.
- Jiyah, Sudarsono, B. dan Sukmono, A. (2017) "Struktur Distribusi Total Suspended Solid (TSS) di Perairan Pantai Kabupaten Demak Menggunakan Citra Landsat," *Jurnal Geodesi Undip*, 6, hal. 41–47.
- Kementerian Lingkungan Hidup (2021) "Tata cara Penerbitan Persetujuan Teknis Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian pencemaran Lingkungan," *Kementerian Lingkungan Hidup*, hal. 38.
- Makkowska, M., Kujawiak, S., Janczak, D. dan Czekala, W. (2025) "Analysis of Sewage Sludge Drying Parameters Using Different Additives," *Sustainability (Switzerland)*, 17(14), hal. 1–14. Tersedia pada: <https://doi.org/10.3390/su17146500>.
- Meng, X., Duan, H., Liu, M., Li, G., Yang, Z., Shi, W. dan Ling, X. (2025) "A Semi-Empirical Method for Predicting Soil Void Ratio from CPTu Data via Soil Density Correlation," *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(16), hal. 1–20. Tersedia pada: <https://doi.org/10.3390/app15169167>.
- Muflihah, M., Supardi, K.I. dan Sumarni, W. (2020) "Concept Understanding Analysis of Colloid Materials After Application of Joyful Learning Problem Based Learning," *Journal of Innovative Science Education*, 9(3), hal. 306–313. Tersedia pada: <https://doi.org/10.15294/jise.v9i1.36713>.
- Muttaqim, H., Anshari, E., Saputra, I. dan Tugo, L.J. (2025) "Rancangan Desain Pit Limit Penambangan Bijih Nikel Laterit Pada Blok B PT Bintang Sinar Perkasa," *Jurnal Riset Teknologi Pertambangan (J-Ristam)*, 5(1), hal. 54–60.
- Quds, Muchammad, S. dan Slamet, A. (2022) "Evaluasi Proses Pengeringan Lumpur pada Unit Sludge Drying Bed dengan Media Filter Cloth di IPAL Komunal Telaga Abadi Kabupaten Gresik," *Jurnal Teknik ITS*, 11(2), hal. 7–12. Tersedia pada:

<https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i2.88712>.

- Rozi, M.F., Rosadi, P.E. dan Nusanto, G. (2022) "Kajian Teknis Sistem Penyaliran Pada Tambang Terbuka Di Tambang Batubara Pt Kalimantan Prima Persada Jobsite Rantau, Kalimantan Selatan," *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 7(2), hal. 38. Tersedia pada: <https://doi.org/10.31315/jtp.v7i2.9119>.
- Sastradi, H. dan Kurniawan, A. (2023) "Perkuatan Daya Dukung Tanah dengan Geotextile pada Jalan Tambang," 3, hal. 10871–10879.
- Sinaga, B.B., Suteja, Y. dan Dharma, I.G.B.S. (2020) "Fluktuasi Total Padatan Tersuspensi (Total Suspended Solid) dan Kekeruhan di Selat Lombok," *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(2), hal. 238. Tersedia pada: <https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i02.p11>.
- Skrzypczak, A. dan Tandyrak, R. (2024) "Biotic aspects of suspended solid reduction in sedimentation ponds," *Environmental Science and Pollution Research*, 31(56), hal. 65066–65077. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35475-0>.
- Surahmad, R.C., Adnyano, A.A.I.A. dan Purnomo, H. (2021) "Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Pada Kolam Pengendapan (Settling Pond) di Pit Durian PT J Resources Bolaang Mongondow Site Bakan, Sulawesi Utara," *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVI Tahun 2021 (ReTII)*, 2021(November), hal. 226–237. Tersedia pada: <http://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII>.
- Syarifuddin, S., Widodo, S. dan Nurwaskito, A. (2017) "Kajian Sistem Penyaliran Pada Tambang Terbuka Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan," *Jurnal Geomine*, 5(2), hal. 84–89. Tersedia pada: <https://doi.org/10.33536/jg.v5i2.132>.
- Trpčevská, J., Maruškinová, G., Laubertová, M., Kundráková, K. dan Oráč, D. (2025) "Industrial Sludge Valorization in Soil Application," *Metals*, 15(1), hal. 1–12. Tersedia pada: <https://doi.org/10.3390/met15010055>.
- Yunia, Y.P., Suharti, P.H. dan Prayitno, P. (2025) "Studi Pengaruh Koagulasi-Flokulasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Jurusan Teknik Kimia Dalam Penurunan Kekeruhan Dan Tss," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 11(2), hal. 370–379. Tersedia pada: <https://doi.org/10.33795/distilat.v11i2.6718>.