

# APLIKASI *GEOTEXTILE*

PADA  
*SETTLING POND*



NOMINSEN LALANG, dkk





# APLIKASI *GEOTEXTILE*

PADA  
*SETTLING POND*



NOMINSEN LALANG, dkk



### **Sanksi Pelanggaran Pasal 113**

#### **Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

NOMINSEN LALANG, dkk

# **APLIKASI *GEOTEXTILE***

# **APLIKASI GEOTEXTILE**

*PADA SETTLING POND*

**Penulis:**

Nominsen Lalang

Muhammad Iqwanto

M. Darwis

Astrid Nurfitriya Ramadhani

Aura RARP

**ISBN:**

xxxxx

**Editor:**

Wahdat Kurdi

**Desain Sampul dan Ilustrasi:**

Nida Kahirunnisa

Dyah Retno Utari

**Layout:**

Retno Puji Astuti

**Penerbit:**

PT ANTAM Tbk

**Redaksi:**

Gedung Aneka Tambang Tower A

Jl. Letjen T. B. Simatupang No. 1

Lingkar Selatan, Tanjung Barat

Jakarta, Indonesia, 12530

# KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan YME atas segala rahmat, petunjuk, dan karunia-Nya yang senantiasa mengiringi langkah penulis dalam menyelesaikan karya kecil ini. Buku ini disusun sebagai hasil dari analisis dan penelitian mengenai aplikasi geotekstil sebagai penyaring air pada *settling pond*, serta identifikasi masalah dan analisa dampak penggunaan geotekstil berdasarkan metodologi PDCA (*Plan, Do, Check, and Action*).

Penyaringan air pada *settling pond* merupakan salah satu aspek kritis dalam pengolahan limbah dan pelestarian lingkungan. Dalam buku ini, kami ingin mengungkapkan keunggulan dan manfaat penerapan geotekstil sebagai material penyaring yang efektif dan

efisien. Selain itu, kami juga melakukan analisis dan identifikasi masalah yang mungkin timbul selama penggunaan geotekstil berdasarkan pendekatan PDCA untuk memastikan penerapan yang optimal dan efektif.

Tahapan penggunaan geotekstil dan evaluasi dijabarkan secara detail untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang proses dan manfaatnya dalam pengolahan air pada *settling pond*. Perbandingan geotekstil dari aspek QCDSME (*Quality, Cost, Delivery, Safety, Morale, and Environment*) juga kami sampaikan untuk mengidentifikasi keunggulan dan potensi dampak penggunaannya pada berbagai aspek tersebut.

Tentunya, penetapan standar prosedur baru pemasangan geotekstil menjadi bagian penting dalam buku ini. Standar prosedur tersebut diharapkan dapat memudahkan dan mengoptimalkan penerapan geotekstil sebagai penyaring air pada *settling pond*

dengan tetap memperhatikan aspek kualitas, biaya, keselamatan, dan lingkungan.

Akhir kata, kami berharap buku ini dapat memberikan wawasan dan pemahaman yang lebih mendalam tentang keunggulan geotekstil sebagai penyaring air, serta memberikan panduan yang bermanfaat bagi para praktisi, ahli lingkungan, dan pihak-pihak terkait dalam upaya pelestarian lingkungan dan pengelolaan air yang berkelanjutan.

Terima kasih kami ucapkan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penulisan buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat menjadi sumbangsih positif dalam menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan.

Salam lestari,

**Tim Penulis**

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	7
DAFTAR ISI	10
DAFTAR GAMBAR	12
DAFTAR TABEL	12
BAB 1. GEOTEKSTIL PADA PENGOLAHAN LIMBAH	13
BAB 2. PENELUSURAN PELUANG DAN IDENTIFIKASI SOLUSI	31
BAB 3. PENENTUAN ALTERNATIF SOLUSI	49
BAB 4. PELAKSANAAN RENCANA KERJA DAN TARGET PERBAIKAN	53
BAB 5. OPSI PEMILIHAN BAHAN	61

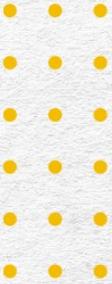
<b>BAB 6. KALKULASI ANGGARAN PEMBIAYAAN</b>	71
<b>BAB 7. TAHAPAN PENGGUNAAN GEOTEKSTIL DAN EVALUASI</b>	75
<b>BAB 8. ASPEK QCDSME DAN ANALISA DAMPAK</b>	87
<b>BAB 9. PENETAPAN STANDAR PROSEDUR BARU PEMASANGAN GEOTEKSTIL</b>	107
<b>BAB 10. PENUTUP</b>	115
<b>REFERENSI</b>	119

# DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b>	Aplikasi <i>Geotextile</i>	22
<b>Gambar 2.</b>	Siklus PDCA	37
<b>Gambar 3.</b>	Fase Penerapan Proses <i>Agile</i>	38
<b>Gambar 4.</b>	Penelusuran Peluang dan Identifikasi Solusi	40
<b>Gambar 5.</b>	Diagram <i>Fish-bone</i> Penelusuran Peluang	43
<b>Gambar 6.</b>	Analisa Dampak berdasarkan Kualitas, K3, dan Operasional	45
<b>Gambar 7.</b>	Sedimen Sesudah Pemasangan Geotekstil	85
<b>Gambar 8.</b>	Grafik Perbandingan TSS	85

# DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b>	Pola PDCA dalam Pengaplikasian Geotekstil	35
<b>Tabel 2.</b>	Perbandingan Hasil Kualitas Air	81
<b>Tabel 3.</b>	Perbandingan Aspek QCDSME	101





***GEOTEKSTIL***  
**PADA PENGOLAHAN**  
**LIMBAH**



# Settling Pond dan Pengelolaan Air Limbah

16

**S***ettling pond* adalah kolam yang berfungsi sebagai tempat pengendapan semua air yang berasal dari areal tambang, baik air permukaan, air tanah maupun air hujan, sehingga air tersebut dapat disalurkan ke perairan umum dalam kondisi yang jernih. Untuk memenuhi tujuan tersebut, pada umumnya *settling pond* didesain khusus untuk menampung limpahan air yang masuk, dan kemudian dilakukan *treatment* tertentu sebelum dialirkan ke perairan umum.

Salah satu aktivitas harian yang harus dilakukan secara periodik per jam atau per hari pada *settling pond* yakni melakukan pengukuran

konsentrasi pH, *total suspended solid* (TSS), dan debit air. Setelah hasil pengukuran diperoleh, hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan baku mutu air standar.

Ketika debit air meningkat dan sedimen yang dihasilkan cukup banyak, maka sering terjadi peningkatan nilai TSS di atas baku mutu. Selain itu, bila endapan lumpur pada *settling pond* tidak ditangani setiap hari dan tanpa adanya perlakuan tertentu untuk membersihkannya, *settling pond* akan mengalami gangguan fungsional. Jika terjadi, maka membutuhkan waktu berbulan-bulan untuk melakukan perawatan pada kompartemen-kompartemen yang bermasalah. Karena itu perawatan periodik mutlak harus dilakukan. Perawatan tersebut bertujuan mengeruk dan mengangkat material endapan lumpur maupun benda-benda lainnya yang hanyut ke dalam *settling pond*.

Meskipun *settling pond* telah dirawat dengan baik, namun TSS air yang keluar dari kolam kadangkala masih menunjukkan anomali. Penyebab terjadinya problem tersebut karena banyaknya residu padatan yang tertahan pada area *settling pond*. Untuk mengatasi persoalan ini, diperlukan langkah inovasi terkait *treatment* apa yang seharusnya dijalankan untuk mengurangi TSS air pada *settling pond*.

## Geotextile

Geotekstil adalah material lembaran yang dibuat dari bahan tekstil polymeric, bersifat lolos air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (*nonwoven*), rajutan atau anyaman (*woven*) yang digunakan dalam kontak dengan tanah/batu dan atau material geoteknik yang lain di dalam aplikasi teknik sipil (Fathurrozi, 2022).

Umumnya geotekstil diolah dari polimer *polypropylene*, namun ada pula yang berasal dari *polyester* atau *polyethylene*. Bahan polimer ini diolah menjadi bentuk fiber-fiber atau benang-benang yang kemudian dirajut atau dianyam menjadi lembaran kain. Material ini dinamakan geotekstil karena kain tekstil tersebut digunakan dengan cara diletakkan di dalam tanah atau dihubungkan dengan material geoteknik lainnya dalam proyek konstruksi.

Fathurrozi (2022) lebih lanjut menjelaskan bahwa geotekstil memiliki beberapa karakteristik penting, antara lain:

- **Ketahanan terhadap lingkungan:** Geotekstil didesain untuk bertahan dan berinteraksi dengan lingkungan tanah yang beragam, termasuk yang lembap, berair, atau bahkan di bawah permukaan air tanah;
- **Permeabilitas:** Geotekstil mampu membiarkan air atau fluida lainnya untuk melewati struktur dengan lancar. Ini membantu

dalam drainase dan pengaturan aliran air di konstruksi;

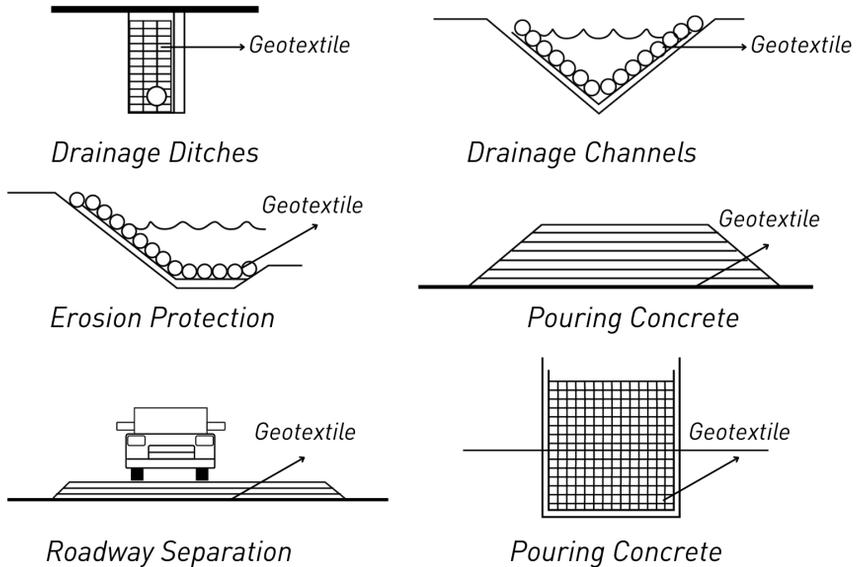
- **Daya tahan terhadap tekanan dan tarikan:** Geotekstil memiliki kekuatan yang memadai untuk menahan tekanan dan tarikan yang terjadi dalam berbagai aplikasi teknik sipil;
- **Pemisahan dan filtrasi:** Geotekstil juga digunakan sebagai lapisan pemisah untuk mencegah campuran material berbeda dan sebagai media penyaring untuk mengurangi kandungan partikel-padatan dalam air; dan
- **Stabilisasi tanah:** Geotekstil dapat berperan dalam memperkuat dan stabilisasi tanah agar lebih kokoh dan mampu menahan beban yang diterapkannya.

Dengan karakteristik yang diuraikan di atas, tak heran jika geotekstil digunakan secara meluas. Penggunaan geotekstil dalam proyek-proyek teknik sipil meliputi berbagai aplikasi, seperti

konstruksi jalan, pembuatan dinding penahan tanah, pemeliharaan lereng, sistem drainase, pengendalian erosi, peningkatan pondasi tanah, dan banyak lagi. Kemampuannya untuk berinteraksi dengan tanah dan material geoteknik lainnya menjadikannya sebagai komponen penting dalam infrastruktur modern. Keunggulan dan fungsionalitas geotekstil telah membantu memperbaiki efisiensi dan keberlanjutan dari proyek-proyek teknik sipil di berbagai lokasi di seluruh dunia. Geotekstil juga biasa digunakan dalam proyek konstruksi di Indonesia, terutama dalam pembangunan jalan di atas tanah lunak seperti di daerah Sumatera dan Kalimantan yang memiliki banyak tanah gambut.

Fathurrozi (2022) menambahkan, terdapat dua faktor penting harus terlaksana oleh geotekstil secara simultan agar efektif dan efisien dalam penggunaannya. Pertama permeabilitas harus cukup besar, dalam hal ini perlu besaran tertentu ukuran lubang bukaan pada pori

## Gambar 1. Aplikasi Geotextile



-pori geotekstil. Fungsi dasar geotekstil sebagai filter harus memberikan keleluasaan air mengalir melewatinya. Fungsi itu harus tetap terlaksana dengan baik sampai akhir umur rencana konstruksi.

Kedua, kemampuan geotekstil dalam menahan butiran tanah, agar tanah tidak ikut serta dalam aliran. Faktor kedua tersebut harus membutuhkan susunan benang-benang yang rapat, sehingga bisa mencegah migrasi butiran tanah atau tidak bisa menembus pori-pori geotekstil. Kondisi ideal pada faktor kedua, bisa saja terjadi tidak seperti yang diharapkan karena pori-pori geotekstil ternyata dilewati oleh butiran-butiran tanah. Jika butiran-butiran bisa melewati geotekstil, maka harus dipastikan agar tidak mengakibatkan penyumbatan selama umur konstruksi. Butiran-butiran tersebut suatu ketika bisa menempel di pori-pori dan mengakibatkan adanya penyumbatan.

Dengan beberapa keunggulan tersebut, maka geotekstil dapat digunakan dalam sejumlah aplikasi berskala besar, seperti dalam pembuatan infrastruktur hingga pencegahan masalah yang bisa menimbulkan bencana alam. Penggunaan tersebut yakni pada jalan raya, bendungan, jalan kereta api, dan waduk hingga di area tanah (yang berpotensi) longsor juga pantai. Dengan demikian geotekstil merupakan bahan yang multiguna dan efektif yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan potensi kinerja tanah dan hingga pembuatan struktur di atasnya untuk kepentingan konstruksi tanah dan teknik sipil.

Di luar pemanfaatan di bidang konstruksi, geotekstil juga dimanfaatkan sebagai alat untuk penjernihan air atau untuk mengurangi kekeruhan akibat lumpur dan butiran-butiran tanah. Penggunaan geotekstil sebagai penyaring dapat meningkatkan kualitas air, sehingga bisa mengukur konsentrasi pH, TSS, dan debit

air sesuai dengan baku mutu air yang telah ditentukan. Penyaring geotekstil juga dapat digunakan sebagai pemisah/separasi dan mencegah kontaminasi tanah timbunan oleh butiran halus tanah lunak di bawahnya. Selain itu, geotekstil juga sebagai tulangan serta mencegah pencemaran air.

Roestaman (2019) menyebutkan berbagai manfaat penggunaan geotekstil sebagai penyaring dalam *settling pond*, di antaranya:

### **1. Menyaring material padat:**

Geotekstil berfungsi sebagai penyaring yang efektif untuk menahan partikel-padatan seperti lumpur, sedimen, dan partikel halus lainnya yang terdapat dalam air di *settling pond*. Dengan menahan material padat ini, geotekstil mampu mengurangi konsentrasi TSS (*Total Suspended Solids*) dalam air. Konsentrasi TSS yang rendah penting untuk mencapai

kualitas air yang baik sesuai dengan baku mutu air yang telah ditentukan.

## **2. Menstabilkan pH air:**

Dengan menyaring material padat dan partikel halus dari air, geotekstil juga dapat membantu menstabilkan pH air di *settling pond*. Partikel halus dan material padat yang terbawa oleh air dapat mempengaruhi tingkat keasaman (pH) air. Dengan mengurangi konsentrasi material tersebut, geotekstil membantu menjaga keseimbangan pH air dan memastikan bahwa pH air tetap sesuai dengan baku mutu air yang ditetapkan.

## **3. Mengukur debit air yang akurat:**

Dengan fungsi penyaringannya, geotekstil membantu mengurangi gangguan atau kontaminasi pada pengukuran

debit air di *settling pond*. Dengan demikian, data debit air yang diukur akan lebih akurat dan dapat digunakan untuk memonitor dan mengelola sumber daya air dengan lebih efisien.

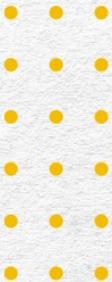
#### **4. Pemisah dan perlindungan tanah timbunan:**

Geotekstil yang diletakkan sebagai lapisan di antara tanah timbunan dan air dalam kolam penjernihan berfungsi sebagai pemisah atau separasi. Hal ini mencegah kontaminasi tanah timbunan oleh butiran halus tanah lunak di bawahnya. Dengan adanya pemisah ini, tanah timbunan tetap stabil dan terhindar dari erosi atau pergeseran, sehingga *settling pond* dapat berfungsi dengan lebih baik dalam mengendapkan partikel halus dari air.

## 5. Sebagai tulangan dan pencegah pencemaran air:

Geotekstil yang dipasang dengan baik juga dapat berfungsi sebagai tulangan atau pendukung struktur kolam penjernihan. Keberadaan geotekstil membantu menjaga bentuk dan stabilitas kolam, sehingga dapat beroperasi dengan baik dan aman. Dalam fungsinya sebagai tulangan, geotekstil menyediakan tahanan cabut (*pullout resistance*). Pada kondisi tersebut geotekstil dijepit di antara tanah pada kepadatan tertentu. Selanjutnya diberi perlakuan tertentu yakni dicabut perlahan-lahan hingga mencapai kegagalan. Tahanan cabut akan bergantung pada besarnya tegangan normal yang diaplikasikan. Selain itu, dengan menahan material padat dan partikel halus, geotekstil juga berperan dalam mencegah pencemaran air di lingkungan sekitar.

Dengan demikian, penggunaan geotekstil sebagai penyaring dalam *settling pond* memberikan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan kualitas air dan melindungi lingkungan.





**PENELUSURAN  
PELUANG DAN  
IDENTIFIKASI SOLUSI**



Ada tiga parameter utama pengelolaan air limbah di ANTAM UBP Nikel Maluku Utara, yaitu pH (tingkat keasaman), TSS (*Total Suspended Solids*), dan debit. Parameter-parameter ini diukur dan dipantau secara berkala untuk memastikan bahwa air limbah yang dihasilkan sesuai dengan batas toleransi yang telah ditetapkan. Pemantauan ini mengacu pada peraturan yang berlaku, termasuk Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 9 tahun 2006 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan Bijih Nikel. Dalam regulasi ini, parameter TSS untuk kegiatan pengolahan bijih nikel ditetapkan sebesar 100 mg/l.

Salah satu kegiatan lingkungan yang dilakukan ialah melakukan pengecekan swapantau harian pada *settling pond*, yang bertujuan untuk mengukur konsentrasi pH, TSS dan debit air agar sesuai dengan baku mutu air yang telah ditentukan. Pada saat debit air

meningkat dan sedimen yang dihasilkan banyak, maka sering terjadi peningkatan nilai TSS diatas baku mutu. Hal ini membutuhkan waktu berbulan-bulan untuk melakukan perawatan pada kompartemen-kompartemen, yang bertujuan mengeruk dan mengangkat material lumpur yang mengendap.

Untuk mengatasi hal ini, ANTAM UBP Nikel Maluku Utara membentuk Tim SS Geosolid. Tim inilah yang kemudian mengusulkan langkah-langkah perbaikan, di antaranya usulan menggunakan geotekstil pada *settling pond* untuk menurunkan nilai TSS di bawah 100 mg/l sesuai dengan baku mutu air. Tim yang beranggotakan M. Iqwanto Husein, Nomensen Lalang, dan Darwis tersebut bertugas melakukan identifikasi dan analisis, serta melaksanakan tugas dan tanggung jawab lainnya dalam penggunaan geotekstil pada *settling pond*.

Tim SS Geosolid menerapkan pola PDCA (*plan, do, check, and action*) dalam penerapan aplikasi geotekstil. Siklus PDCA adalah serangkaian langkah sistematis untuk mendapatkan pembelajaran dan pengetahuan yang berharga untuk peningkatan berkelanjutan dari suatu produk atau proses. Dengan penerapan siklus PDCA dalam pengaplikasian geotekstil tersebut, maka semua proses yang terlaksana di lapangan dapat terpantau sejak dari perencanaan hingga pelaksanaannya.

PDCA adalah proses peningkatan kualitas dan peningkatan produktivitas empat langkah berulang yang biasanya digunakan untuk strategi bisnis yang lebih baik. Empat tahap yang berulang tersebut merupakan siklus yang tidak terputus untuk menghasilkan tujuan yang maksimal.

K.A. Chandrakanth (2016), ahli rekayasa kualitas perangkat lunak pada Software Quality Group dari Tektronix memberikan gambaran lain tentang PDCA yakni empat langkah iteratif peningkatan kualitas

**Tabel 1.** Pola PDCA dalam Pengaplikasian Geotekstil

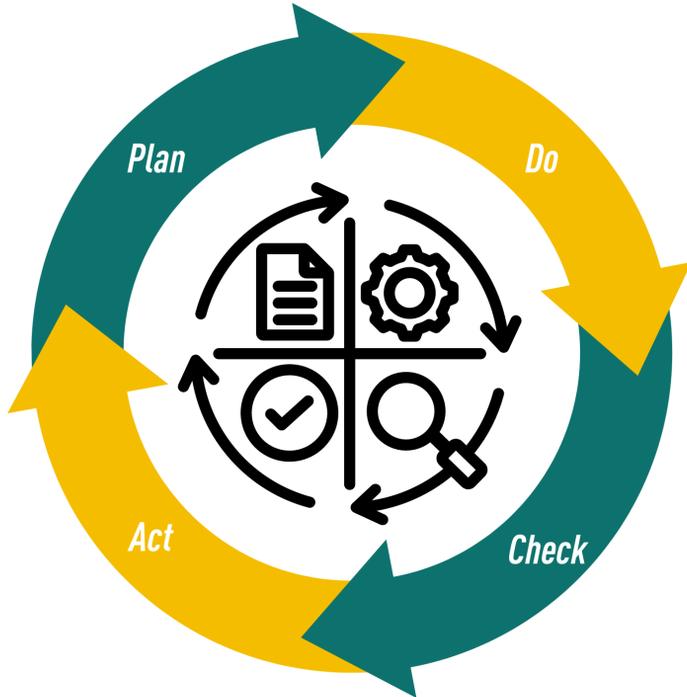
PDCA	KEGIATAN	p/a	TAHUN 2021				TAHUN 2022								Jumlah Pertemuan					
			DESEMBER				JANUARI				FEBRUARI				MARET		Plan	Actual		
			W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2				
PLAN	Menentukan Aktivitas	P																1	1	
		A																		
	Mengidentifikasi Penyebab	P																	1	1
		A																		
	Menentukan Solusi	P																	1	1
		A																		
Merencanakan Perbaikan	P																	1	1	
	A																			
DO	Melaksanakan Rencana Perbaikan	P																1	1	
		A																		
CHECK	Mengevaluasi Solusi	P																10	10	
		A																		
ACTION	Menerapkan Standarisasi	P																1	1	
		A																		
Total																16	16			

dan manajemen *agile process* (proses tangkas) yang biasanya digunakan untuk strategi bisnis yang lebih baik. Chandrakanth kemudian menambahkan bahwa PDCA adalah siklus berurutan yang dimulai dari yang kecil untuk menguji efek potensial pada proses, tetapi kemudian secara bertahap mengarah ke perubahan yang lebih besar dan lebih terarah.

Meskipun dasar dari proses *agile* ditujukan untuk pengembangan perangkat lunak, namun ia bisa direplikasi atau diterapkan ke hal lainnya sebagaimana penerapan metode PDCA tersebut. Keunggulan dari *agile* di dalam keseluruhan prosesnya yakni kepuasan pelanggan menjadi prioritas tertinggi dengan waktu pengembangan yang lebih cepat. Kepuasan pelanggan tersebut tentu saja bisa diartikan berbeda, yakni pihak manajemen puas terhadap kinerja Tim SS Geosolid yang memilih penggunaan geotekstil dengan penerapan pelaksanaannya berbasis pada PDCA.

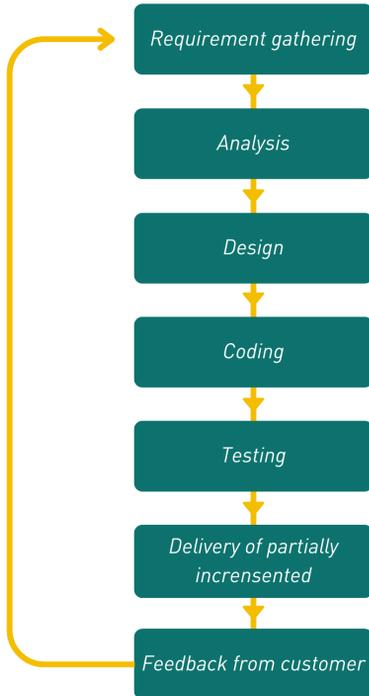
Dalam hal '*Plan*', dilaksanakan 4 (empat) kegiatan yakni menentukan

**Gambar 2.** Siklus PDCA



Sumber: K.A. Chandrakanth, *Tektronix Engineering Development India Private Limited*, 2016.

**Gambar 3.** Fase Penerapan Proses Agile



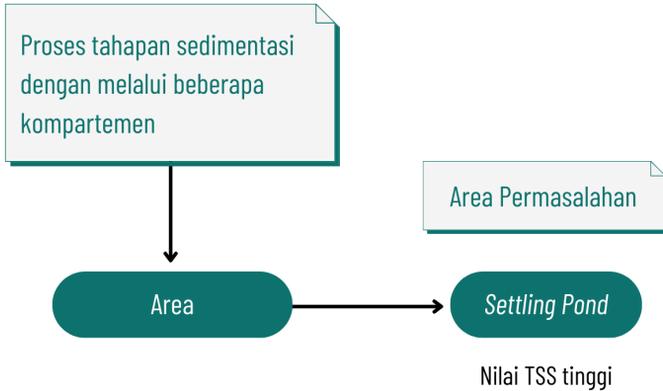
Sumber: Sheetal Sharma et al, 2012.

aktivitas, mengidentifikasi, penyebab masalah, menentukan solusi yang akan diterapkan, dan merencanakan perbaikan. Selanjutnya pada 'Do' diarahkan pada pelaksanaan rencana perbaikan yang sudah disusun dan diagendakan. Kemudian pada tahap 'Check' dilakukan evaluasi terhadap solusi yang dipilih setelah disortir dari beberapa alternatif lainnya. Di tahap akhir yakni pada 'Action' dilakukan upaya untuk menerapkan standarisasi pelaksanaan proyek yang dimaksud.

### Plan

Pada tahap perencanaan, ditelisik kasus yang terjadi dengan cara mengamati alur proses dan melakukan identifikasi. Di lapangan, realitas ditemukan adalah terjadinya proses sedimentasi lumpur pada beberapa kompartemen yang kemudian lumpur-lumpur tersebut berakhir alurnya pada *settling pond*. Dari hasil identifikasi lapangan diketahui bahwa nilai TSS di *inlet settling pond* masih

**Gambar 4.** Penelusuran Peluang dan Identifikasi Solusi



40

### Identifikasi Masalah

"Penggunaan *geotextile* pada *settling pond* untuk menurunkan nilai TSS dibawah 100 mg/l sesuai dengan baku mutu

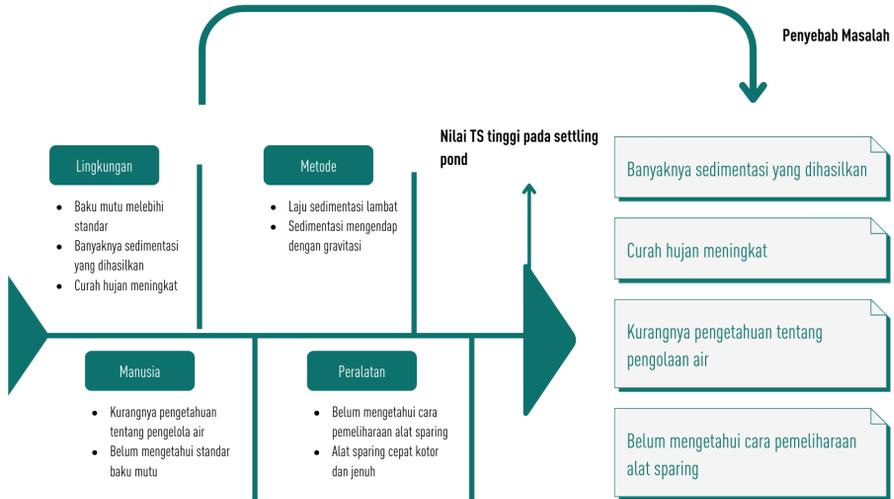
menunjukkan anomali yaitu 592,87 mg/l. Solusi yang akan digunakan dalam kasus tersebut yakni penggunaan geotekstil yang diharapkan mampu menurunkan nilai TSS dibawah 100 mg/l.

*Settling pond* telah didesain khusus untuk menampung limpahan air yang masuk melalui beberapa kompartemen dan melakukan pengelolaan sebelum air dialirkan ke perairan umum. Pengelolaan tersebut berupa penjernihan atau pembersihan dari limbah-limbah yang berbahaya pada lingkungan sekitar. Dua kondisi yang sering menjadi masalah utama yakni pada saat debit air meningkat dan sedimen yang dihasilkan cukup banyak, maka sering terjadi peningkatan nilai TSS di atas baku mutu. Masalah sedimentasi seringkali menjadi problem utama karena membutuhkan waktu berbulan-bulan untuk melakukan perawatan pada kompartemen-kompartemen. Bentuk perawatan yang dilakukan yaitu pengerukan dan pengangkatan material lumpur yang mengendap.

Terdapat 4 (empat) faktor yang dianalisa dan diidentifikasi sebagai penyebab dan akibat masalah yakni lingkungan, metode, manusia, dan peralatan. Faktor-faktor tersebut dianalisa pada pekan pertama Desember tahun 2022.

1. Faktor lingkungan antara lain baku mutu melebihi standar, kondisi ini dipicu oleh banyaknya sedimentasi yang dihasilkan dan juga curah hujan yang meningkat.
2. Faktor metode, terlihat laju sedimentasi melambat dan hal demikian bisa terjadi karena terjadinya pengendapan akibat gravitasi.
3. Faktor manusia juga masih menjadi bagian dari problem tersebut yang terjadi karena para personil lapangan belum mengetahui standar baku mutu hingga kurangnya pengetahuan tentang pengelolaan air.

**Gambar 5.** Diagram *Fish-bone* Penelusuran Peluang



4. Faktor peralatan, akan menjadi kendala apabila peralatan yang ada tidak dilakukan pemeliharaan rutin secara memadai.

Keempat faktor tersebut menjadi hal-hal signifikan yang berpengaruh pada tingginya nilai TSS pada settling pond yang kemudian teridentifikasi yakni banyaknya sedimentasi yang dihasilkan, peningkatan curah hujan meningkat, kurangnya pengetahuan tentang pengelolaan air dan belum mengetahui cara pemeliharaan alat sparing.

Berdasarkan pada analisa dampak yakni kualitas, K3 dan operasional maka berturut-turut dapat disimpulkan 3 (tiga) penyebab utama yakni: banyaknya sedimen yang melekat pada alat sparing sehingga mengakibatkan hasil pembacaan TSS di atas baku mutu; tingginya curah hujan sehingga mengakibatkan banyaknya sedimen yang terbawa oleh air menuju *settling pond*; dan aktivitas operasional penambangan akan terhenti, hingga pencemaran air laut tidak terjadi lagi.

**Gambar 6.** Analisa Dampak berdasarkan Kualitas, K3, dan Operasional

**QUALITY**

Banyaknya sedimentasi yang melekat pada alat sparing sehingga, mengakibatkan hasil pembacaan alat sparing untuk TSS diatas baku mutu.

**K3L**

Curah hujan meningkat sehingga mengakibatkan banyaknya sedimen yang terbawa oleh air menuju *settling pond*.

**OPERASI**

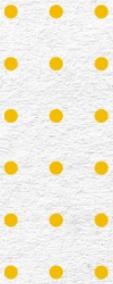
Kegiatan operasional penambangan akan terhenti, hingga pencemaran air laut tidak terjadi lagi.

Ketika curah hujan meningkat, itu berarti bahwa di suatu wilayah atau periode waktu tertentu, jumlah hujan meningkat dibandingkan sebelumnya. Ini bisa berarti peningkatan intensitas hujan atau durasi hujan yang lebih lama. Peningkatan curah hujan dapat memiliki efek yang signifikan terhadap lingkungan dan masyarakat yang berada di daerah tersebut.

Curah hujan yang meningkat dapat menyebabkan erosi tanah, tanah longsor, banjir, dan gangguan infrastruktur. Dalam konteks *settling pond*, terdapat penambahan *volume* sedimentasi yang berpotensi merusak alat sparing. Dalam jangka panjang, peningkatan curah hujan juga dapat memengaruhi praktik pertanian, akses ke air bersih, dan ekosistem setempat.

Dalam konteks perubahan iklim global, beberapa penelitian menunjukkan bahwa curah hujan meningkat di beberapa wilayah sementara curah hujan menurun di wilayah lain. Dengan demikian,

faktor curah hujan yang ikut berpengaruh pada penambahan sedimentasi tidak menjadi penyebab rutin karena tidak selalu meningkat atau bisa juga menurun dalam periode tertentu. Perubahan curah hujan tidak seragam di seluruh tempat dan dampaknya dapat bervariasi tergantung pada lokasi geografis dan faktor lingkungan lainnya.





# **PENENTUAN ALTERNATIF SOLUSI**

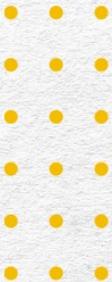


50

Terdapat 3 (tiga) alternatif solusi yang digunakan, yakni: 1) memperbesar ukuran *settling pond*; 2) menggunakan bahan kimia khusus; dan 3) menggunakan material penyaring sedimentasi. Pilihan pertama membutuhkan biaya besar dan waktu pengerjaan hingga 7 (tujuh) hari. Resiko dan kendala yang akan dihadapi yakni membutuhkan alat seperti *excavator* dan *dump truck*. Alternatif ini kemudian dicoret daftar pilihan dan rencana itu tidak disarankan untuk dikerjakan.

Pilihan kedua mengarah pada penggunaan bahan kimia khusus. Dibandingkan dengan pilihan pertama, maka pilihan kedua lebih unggul dalam hal durasi waktu karena membutuhkan hanya 1 (satu) untuk pengaplikasiannya. Resiko dan kendala yang dihadapi yakni harus menyediakan anggaran pengadaan bahan kimia khusus, sehingga cara ini tidak disarankan untuk dijalankan.

Alternatif ketiga mengarah pada penggunaan material penyaring sedimentasi yang pengaplikasiannya jauh lebih cepat, yakni hanya membutuhkan waktu 5 (lima) jam. Dua alternatif sebelumnya tidak menggunakan tambahan personil untuk melaksanakannya, sedangkan untuk penyaring sedimentasi membutuhkan tenaga tambahan untuk pemasangannya. Walaupun jumlah personil yang dilibatkan harus bertambah, tetapi opsi tersebut dinilai lebih layak untuk dijalankan.





**PELAKSANAAN  
RENCANA KERJA  
DAN TARGET PERBAIKAN**



Pada pekan ketiga Desember 2022, dilakukan tindakan operasional untuk mengatasi masalah kualitas air di *settling pond* site Pakal ANTAM UBP Nikel Maluku Utara. Saat itu nilai TSS berada di atas baku mutu yang telah ditentukan.

Penyusunan perencanaan untuk penurunan persentase TSS abnormal dilakukan dengan menggunakan metode 5W+1H, yang dikenal dengan Metode Kipling. Penamaan metode tersebut untuk menghormati Joseph Rudyard Kipling (1865–1936), pengarang dan penyair Inggris yang pertama kali menemukan cara efektif ini.

Tidak hanya peruntukan di dunia sastra dan jurnalistik, metode 5W+1H juga merupakan alat yang fleksibel dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan khusus pada beragam proyek, termasuk dalam pengelolaan air limbah. Dengan sedikit memodifikasi metode ini, kita dapat memastikan bahwa rencana yang dibuat telah komprehensif, terorganisir dengan baik, dan efektif.

Berikut adalah uraian perencanaan dan pelaksanaan kerja teknis menurut aspek 5W 1H:

- **Why (Mengapa):**

Penyebab dari nilai TSS yang di atas baku mutu di *settling pond* adalah adanya material sedimentasi seperti lumpur, sedimen, dan partikel halus lainnya yang terbawa oleh air ke dalam kolam. Hal ini menyebabkan konsentrasi TSS di air menjadi tinggi, sehingga perlu dilakukan tindakan untuk mengurangi material sedimentasi tersebut.

- **What (Apa):**

Tindakan yang diambil adalah dengan menggunakan material penyaring berbasis geotekstil. Geotekstil memiliki kemampuan untuk menyaring material sedimentasi, seperti lumpur dan

partikel halus lainnya, sehingga dapat membantu mengurangi konsentrasi TSS dalam air di *settling pond*.

- **Where (Di mana):**

Lokasi pelaksanaan tindakan operasional ini berada di *settling pond site* Pakal PT ANTAM Tbk UBPN Maluku Utara.

- **When (Kapan):**

*Pelaksanaan* pekerjaan teknis dilakukan pada pekan ke-3 (ketiga) Desember 2021.

- **Who (Siapa):**

Personil yang terlibat dalam pelaksanaan tindakan ini adalah Nominsen Lalang dan M. Darwis.

- **How (Bagaimana):**

Ada 5 (lima) aktivitas yang dilakukan dalam pelaksanaan pekerjaan teknis ini, yaitu:

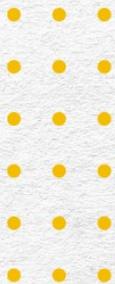
1. Mengukur luasan *settling pond*: Langkah pertama adalah mengukur luasan dari *settling pond* yang akan dipasang geotekstil agar dapat mengetahui jumlah dan ukuran geotekstil yang diperlukan.
2. Memotong *filter* penyaring sesuai ukuran: Setelah ukuran geotekstil ditentukan, langkah selanjutnya adalah memotong material sesuai ukuran yang telah diukur.
3. Memasang *filter* penyaring: Setelah geotekstil dipotong sesuai ukuran, kemudian dipasang pada area *settling pond* dengan cara yang rapi dan menutupi seluruh permukaan dasar kolam.

4. Mengimplementasikan pemasangan *filter* penyaring: Setelah geotekstil terpasang, aktivitas ini berfokus pada mengimplementasikan sistem penyaringan dengan memastikan material penyaring tersebut dapat berfungsi dengan baik untuk menahan material sedimentasi.
5. Mengevaluasi hasil TSS pada alat *sparing system*: Setelah pemasangan geotekstil, dilakukan evaluasi hasil kualitas air, terutama terkait konsentrasi TSS, pada alat *sparing system* untuk memastikan bahwa geotekstil efektif dalam mengurangi nilai TSS di bawah baku mutu yang ditentukan.

Dengan melibatkan personel terlatih dan menerapkan geotekstil sebagai penyaring, tindakan operasional ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas air di *settling pond site* Pakal ANTAM UBP Nikel Maluku Utara dan mengurangi dampak negatif pada lingkungan sekitar.

Target perbaikan ditujukan pada 2 (dua) hal yakni:

1. Memasang *filter* penyaring dari bahan yang sesuai dan dapat bertahan lama; dan
2. *Filter* penyaring mampu memberikan hasil analisa TSS dibawah baku mutu yang telah ditentukan.





# **OPSI PEMILIHAN BAHAN**



62

Terdapat 3 (tiga) alternatif bahan untuk dijadikan sebagai opsi penyaring yakni: *wiremesh stainless steel*, kain, dan geotekstil. Keuntungan masing-masing secara berturut-turut yakni: mudah dibentuk dan gampang didapat; mudah dibentuk bahan ringan; dan partikel penyaring kecil, mudah dibentuk, dan ringan. Sedangkan kerugian dari setiap penyaring itu yakni *wiremesh stainless steel* mudah berkarat; partikel penyaring pada kain kurang maksimal; dan geotekstil rentan mengalami degradasi dan mudah rusak terhadap senjata tajam.

Berikut adalah uraian terperinci mengenai keunggulan dan kelemahan dari tiga material yang dijadikan sebagai opsi penyaring di *settling pond*:

# 1. **Wiremesh Stainless Steel:**

## Keunggulan dan Kelebihan:

- Kuat dan tahan lama: *Wiremesh stainless steel* memiliki sifat yang kuat dan tahan lama, sehingga mampu menahan tekanan air dan bahan padat dalam jangka waktu yang lama.
- Tidak mudah korosi: Material *stainless steel* tahan terhadap korosi dan oksidasi, sehingga tidak akan terpengaruh oleh kondisi lingkungan yang lembap atau berair.
- Dapat dibersihkan: Mudah dibersihkan dari lumpur dan partikel-padatan yang menumpuk, sehingga pemeliharannya relatif sederhana.

### Kelemahan:

- Biaya relatif tinggi: Salah satu kelemahan utama *wiremesh stainless steel* adalah biayanya yang relatif tinggi dibandingkan dengan material lain seperti geotekstil atau kain.
- Berat dan susah dipindahkan: Karena sifatnya yang kuat dan tahan lama, *wiremesh stainless steel* cenderung berat dan sulit dipindahkan, sehingga pemasangannya memerlukan peralatan khusus. Tentu saja hal tersebut juga berpengaruh pada tinggi biaya pengadaan, pemasangan, dan pemeliharaan.

# 1. Kain:

## Keunggulan dan Kelebihan:

- Biaya lebih rendah: Kain cenderung memiliki biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan *wiremesh stainless steel* atau geotekstil, sehingga menjadi pilihan yang ekonomis.
- Mudah diakses: Kain bisa diperoleh dengan mudah di pasaran, sehingga menjadi pilihan praktis untuk aplikasi sederhana dan skala kecil.
- Fleksibilitas: Kain memiliki fleksibilitas yang baik, sehingga bisa dengan mudah diadaptasi pada berbagai bentuk kolam penjernihan.

### Kelemahan:

- Daya tahan terbatas: Kain umumnya memiliki daya tahan yang terbatas terhadap tekanan air dan kondisi lingkungan yang keras, sehingga perlu diganti secara berkala.
- Rentan terhadap kerusakan: Kain mudah mengalami robek atau rusak akibat gesekan atau benturan dengan material lain, sehingga memerlukan perawatan ekstra agar tetap berfungsi dengan baik.

# 1. Geotekstil:

## Keunggulan dan Kelebihan:

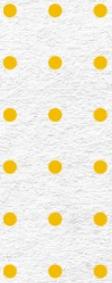
- Efektif dan efisien menyaring: Geotekstil memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menyaring partikel-padatan, lumpur, dan bahan padat lainnya dari air, sehingga dapat mengurangi konsentrasi TSS dengan efisien.
- Tahan lama: Geotekstil memiliki daya tahan yang baik terhadap lingkungan yang lembap dan tekanan air, sehingga mampu bertahan dalam jangka waktu yang lama.
- Berat ringan dan mudah dibawa: Geotekstil memiliki berat yang ringan, sehingga mudah dibawa dan dipindahkan tanpa peralatan khusus.

### Kelemahan:

- Biaya sedikit lebih tinggi dari kain: Meskipun biayanya relatif lebih murah daripada *wiremesh stainless steel*, geotekstil cenderung memiliki biaya yang sedikit lebih tinggi daripada kain.
- Perawatan teratur diperlukan: Meskipun daya tahannya cukup baik, geotekstil tetap memerlukan perawatan teratur untuk memastikan kualitasnya dan mencegah kerusakan akibat pengendapan bahan padat yang berlebihan.

Setelah dilakukan pertimbangan dari keuntungan dan kerugian, geotekstil menjadi pilihan utama. Selanjutnya dilakukan 4 (empat) tahapan pada bahan yang terpilih, serta dua tahapan untuk mengatasi kelemahan pada geotekstil. Untuk mengatasi masalah kerentanan terhadap degradasi, dilakukan kontrol harian.

Sedangkan untuk mengatasi problem mudah rusak terhadap senjata tajam, dihindari penggunaan benda-benda tajam/senjata tajam yang berpotensi mengoyak atau menyobek alat saring tersebut.



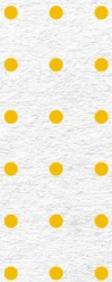


# **KALKULASI ANGGARAN PEMBIAYAAN**



Luasan *settling pond* yang dijadikan sebagai area penyaringan yakni 16 m<sup>2</sup>, dengan rincian biaya per meter sebesar Rp6.000 atau total Rp192 ribu. Persiapan lokasi ini dilakukan pada pekan kedua Desember 2021. Pengukuran diameter *settling pond* membutuhkan anggaran Rp100 ribu. Untuk menerapkan geotekstil, dibutuhkan persiapan anggaran sesuai aktivitas yang dilakukan. Pertama-tama kita perlu melakukan persiapan lokasi dengan mengukur luasan *settling pond* yang dijadikan sebagai area penyaringan. Pengukuran diameter *settling pond* membutuhkan anggaran untuk pembelian meteran. Selanjutnya adalah pemotongan bahan geotekstil yang membutuhkan anggaran untuk alat potong. Pengukuran lokasi dan pemotongan bahan dilakukan pada pekan kesatu dan kedua. Dua aktivitas lainnya yakni pemasangan geotekstil dan pengukuran hasil TSS sama sekali tidak membutuhkan anggaran untuk pelaksanaannya. Pemasangan geotekstil dilaksanakan di pekan ketiga, sedangkan pengukuran

hasil TSS berlangsung beberapa bulan, sebagai contoh kami melakukannya pada pekan keempat Desember 2021 hingga pekan pertama Maret 2022.





# **TAHAPAN PENGGUNAAN GEOTEKSTIL DAN EVALUASI**



76

Terdapat 5 (lima) tahap hingga akhirnya geotekstil bisa dimanfaatkan secara maksimal yakni: 1. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan; 2. Mengukur diameter *settling pond*; 3. Menyedot air pada *settling pond*; 4. Menggantung dan memasang geotekstil; dan 5. Monitoring dan evaluasi (*monev*) hasil pengukuran setelah pemasangan geotekstil. Penggunaan geotekstil menghasilkan dampak penurunan pH, di mana setelahnya rerata nilai pH mencapai 8,13, sedangkan sebelum penggunaan geotekstil rerata sebesar 7,94. Selanjutnya nilai TSS rata-rata 14,25 mg/l, sedangkan sebelumnya pada 592,87. Dengan demikian air yang dikeluarkan dari *settling pond* aman digunakan untuk keperluan tertentu, seperti digunakan untuk penyiraman rumput dan tanaman.

Parameter pH adalah salah satu ukuran yang mengindikasikan tingkat keasaman atau kebasaan dalam air atau larutan. Skala pH

berkisar dari 0 hingga 14, pada angka pertengahan yakni nilai pH 7 dianggap netral. Parameter pH di bawah 7 menunjukkan keasaman, dan sebaliknya pH di atas 7 menunjukkan kebasaan.

Sebelum menggunakan geotekstil sebagai penyaring, rata-rata pH pada *settling pond* sebesar 7,94, di mana angka tersebut menunjukkan bahwa nilai pH masih berada di dalam rentang baku mutu yang ditetapkan, yaitu 6 hingga 9. Ini menunjukkan bahwa pH air sebelum menggunakan geotekstil masih berada dalam kisaran yang dianggap aman dan sesuai untuk kebanyakan keperluan, misal untuk penyiraman tanaman.

Setelah menggunakan geotekstil sebagai penyaring, rata-rata pH meningkat menjadi 8,13. Angka pH ini masih berada dalam rentang baku mutu 6 hingga 9. Peningkatan nilai pH terjadi karena geotekstil dapat menahan partikel-partikel asam atau partikel-partikel yang dapat menurunkan pH air. Dengan adanya penyaringan oleh

geotekstil, maka partikel-partikel asam tersebut dapat ditahan, sehingga pH air yang masuk ke *settling pond* sedikit lebih basa.

Perubahan pH yang terjadi setelah penggunaan geotekstil dapat memiliki dampak pada kualitas air dan ekosistem di sekitarnya. Peningkatan pH seperti yang terjadi dalam uji coba tersebut ini biasanya tidak signifikan dan masih berada dalam kisaran baku mutu yang aman. Namun, perubahan pH yang lebih besar atau di luar kisaran baku mutu yang ditetapkan dapat mempengaruhi organisme hidup di lingkungan tersebut.

Penting dilaksanakan untuk secara teratur memantau dan mengukur parameter pH dalam air, terutama di wilayah lingkungan yang sensitif, untuk memastikan bahwa lingkungan tetap sehat dan berkelanjutan.

Selain itu, parameter-parameter lainnya juga harus dipantau untuk memastikan efektivitas penyaringan geotekstil dan keamanan

lingkungan yang optimal, di antaranya adalah TSS. Parameter ini menunjukkan ukuran jumlah total partikel padat yang tersuspensi dalam air. Cakupan TSS berupa partikel-partikel yang berbentuk lumpur, tanah, sedimen, dan partikel organik lainnya yang dapat mengambang dalam air dan tidak larut. TSS sering diukur dalam miligram per liter (mg/l) dan menjadi indikator penting dalam mengevaluasi kualitas air dan keberlanjutannya.

Sebelum menggunakan geotekstil sebagai penyaring dalam *settling pond* nilai rata-rata TSS sebesar 592,87 mg/l. Nilai tinggi TSS tersebut jauh melampaui baku mutu yang ditetapkan, yaitu <100 mg/l. Hal ini menandakan bahwa air yang masuk ke *settling pond* memiliki tingkat partikel padat yang tinggi, sehingga dipastikan dapat menyebabkan air kolam menjadi keruh dan tentu saja menjadi penyebab kualitas air menurun.

Setelah menggunakan geotekstil sebagai penyaring dalam *settling pond*, didapatkan hasil yang diharapkan yakni rata-rata TSS menurun menjadi 14,25 mg/l. Penurunan signifikan pada nilai TSS terjadi setelah penerapan geotekstil sebagai penyaring. Penggunaan geotekstil membantu menahan partikel-partikel padat yang tersuspensi, seperti lumpur dan sedimen, sehingga memungkinkan air yang mengalir ke dalam *settling pond* memiliki konsentrasi TSS yang lebih rendah.

Penurunan drastis pada nilai TSS setelah penggunaan geotekstil menunjukkan bahwa geotekstil telah berhasil efektif sebagai penyaring dalam *settling pond*. Dengan mengurangi jumlah TSS dalam air, diharapkan kualitas air di kolam penjernihan dan yang akan dialirkan ke lingkungan sekitarnya bisa meningkat, dan air menjadi lebih bersih, jernih, dan terlihat transparan hingga ke dasar kolam. Hal ini juga berdampak positif pada keberlanjutan

lingkungan, karena mengurangi potensi pencemaran dan memungkinkan air yang keluar dari *settling pond* menjadi lebih aman untuk dibuang atau digunakan kembali.

Penting untuk terus memantau dan mengukur parameter TSS secara berkala untuk memastikan efektivitas penyaringan geotekstil dan memonitor dan mengevaluasi (*monev*) kualitas air secara keseluruhan. Jika TSS tetap berada di atas baku mutu yang ditetapkan meskipun menggunakan geotekstil, maka tentu saja perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut dan sebaiknya perlu dipertimbangkan solusi tambahan untuk meningkatkan kualitas air yang dihasilkan dari *settling pond*.

**Tabel 2.** Perbandingan Hasil Kualitas Air

Parameter	Buku Mutu	Hasil Rata-Rata Sebelum	Hasil Rata-Rata Sesudah
pH	6-9	7,94	8,13
TSS	<100 mg/l	592,87	14,25

Selain nilai TSS tersebut, sedimen juga berhasil terisolir di dalam area yang sudah dipasang geotekstil. Sebelumnya butiran-butiran atau endapan-endapan lumpur tidak terkontrol. Kemudian setelah terfilterisasi oleh geotekstil, butiran-butiran tersebut dapat tersekat dan tidak seluruhnya masuk ke dalam *settling pond*. Fungsi *geotextile woven* maupun *nonwoven* tidak hanya untuk perkuatan, melainkan menjadi filter/penyaring agar partikel-partikel tanah tidak terbawa oleh aliran air, separator/pemisah sebagai pencegah tercampurnya lapisan material yang satu dengan material lainnya, serta stabilisator untuk perkuatan pada tanah timbunan.

Sebelum geotekstil digunakan sebagai penyaring lumpur, sedimentasi, dan butiran-butiran tanah pada *settling pond*, air yang mengandung lumpur, sedimen, dan partikel-partikel tanah akan langsung mengalir ke dalam kolam penjernihan tersebut. Tanpa penggunaan geotekstil, partikel-partikel halus seperti lumpur dan

tanah dapat mencemari air di kolam, mengakibatkan air kolam menjadi keruh dan tidak dapat digunakan dengan baik.

Secara teknis, pemasangan geotekstil dilakukan sebagai lapisan pemisah pada area *inlet* atau area masuk air ke *settling pond*. Di sini geotekstil berfungsi sebagai penyaring untuk mencegah partikel-partikel halus seperti lumpur dan tanah masuk ke kolam penjernihan. Geotekstil dapat menahan partikel-partikel halus, sehingga memungkinkan air bersih mengalir ke dalam kolam.

Setelah penggunaan geotekstil, air yang mengandung lumpur dan partikel-partikel halus akan melewati kain penyaringan tersebut dan masuk ke kolam dengan tampilan air yang lebih jernih dari sebelumnya. Di kolam tersebut, air akan mengendap, dan partikel-partikel halus yang terperangkap dalam geotekstil akan membentuk endapan di atas geotekstil. Air yang keluar dari geotekstil akan lebih

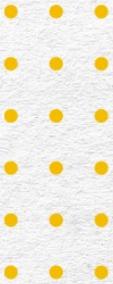
bersih dan lebih sedikit mengandung partikel-partikel halus yang dapat menyebabkan keruhnya air.

Dengan penggunaan geotekstil sebelum air masuk ke kolam penjernihan, proses pemurnian air di *settling pond* dapat berjalan lebih efisien. Geotekstil membantu mencegah partikel-partikel halus yang terlarut dalam air, sehingga mengurangi waktu dan usaha yang diperlukan untuk membersihkan kolam penjernihan secara berkala. Hal ini juga membantu meningkatkan kualitas air yang dihasilkan dari *settling pond*, sehingga air tersebut dapat digunakan kembali atau dibuang ke lingkungan dengan lebih aman dan lebih bersih.

**Gambar 7.** Sedimen Sesudah Pemasangan Geotekstil



Sesudah





# **ASPEK QCDSME DAN ANALISA DAMPAK**



## **Quality**

**D**alam konteks *Quality*, hasil TSS rata-rata 592,87 mg/l sebelum menggunakan geotekstil dapat dikategorikan sebagai masalah kualitas air yang signifikan. Nilai TSS yang melebihi baku mutu air <100 mg/l menandakan bahwa air yang masuk ke *settling pond* dipastikan mengandung tingkat partikel padat yang tinggi. Keberadaan TSS yang tinggi dapat menyebabkan air kolam menjadi keruh, mengurangi transparansi air atau tampilan kejernihan air, dan menurunkan kualitas air secara keseluruhan. Kondisi buruk tersebut akan mempengaruhi keefektifan kolam penjernihan dalam membersihkan air dan dapat mengurangi manfaat air yang dihasilkan dari proses ini.

Namun, setelah menggunakan geotekstil sebagai penyaring dalam *settling pond*, hasil TSS rata-rata menurun menjadi 14,25 mg/l. TSS yang berada di bawah baku mutu menandakan bahwa geotekstil

telah efektif dalam menahan partikel-partikel padat yang tersuspensi dalam air. Hal ini berdampak positif pada aspek *Quality*, karena meningkatkan kualitas air yang dihasilkan dari *settling pond* sesuai dengan standar yang ditentukan.

Dampak terhadap lingkungan dari penggunaan geotekstil sebagai penyaring dalam *settling pond* adalah manfaat yang ditimbulkannya akan setara dengan kualitas air yang lebih baik tersebut. Dengan mengurangi konsentrasi TSS dalam air, kualitas air di kolam penjernihan meningkat. Air yang dihasilkan menjadi lebih jernih dan bersih, sehingga dapat digunakan kembali atau dibuang ke lingkungan sekitarnya dengan lebih aman.

Selanjutnya terjadi pengurangan risiko pencemaran, caranya dengan menahan partikel-partikel padat seperti lumpur dan sedimen. Geotekstil membantu mengurangi risiko tersebut, sehingga air yang dibuang ke lingkungan terdekat seperti saluran

air yang menuju laut atau sungai memiliki tingkat TSS yang lebih rendah. Upaya ini diharapkan mampu mengurangi dampak negatif pada ekosistem dan organisme hidup di lingkungan sekitarnya. Penggunaan geotekstil membantu mendukung upaya keberlanjutan lingkungan, karena mengurangi dampak negatif dari limbah industri atau proses lainnya yang terkait dengan air buangan tersebut.

Potensi kebocoran atau kerusakan geotekstil dapat terjadi, sehingga partikel-partikel yang seharusnya ditahan di *settling pond*, kemudian lolos ke dalam lingkungan, menyebabkan pencemaran air dan potensi bahaya bagi organisme hidup. Peningkatan pH yang berlebihan dapat terjadi, meskipun nilai TSS menurun setelah penggunaan geotekstil. Perubahan nilai pH yang signifikan juga dapat terjadi akibat penggunaan material tertentu dalam geotekstil. Kondisi demikian, dipastikan dapat mengganggu ekosistem dan organisme hidup di area pelepasan air tersebut.

Perlu dan mendesak untuk dilakukan manajemen limbah geotekstil. Penggunaan geotekstil juga menciptakan limbah sendiri yang harus dikelola dengan baik. Jika limbah ini tidak dikelola dengan benar dan tepat, maka dapat menyebabkan dampak negatif pada lingkungan. Penting untuk mengawasi dan mengelola penggunaan geotekstil dengan hati-hati untuk meminimalkan risiko bahaya dan memaksimalkan manfaatnya bagi lingkungan. Walaupun penggunaan geotekstil sebagai penyaring dapat menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan kualitas air di *settling pond*, tetapi manajemen yang tepat dan pemantauan terus-menerus setiap hari sangat diperlukan untuk memastikan lingkungan tetap terlindungi dan berkelanjutan.

## **Cost**

Penggunaan geotekstil sebagai penyaring dalam *settling pond* dapat mengurangi biaya operasional. Sebelum menggunakan geotekstil, biaya pemeliharaan *settling pond* mencakup biaya untuk penyewaan *excavator* sebesar Rp31 juta dan *dump truck* sebesar Rp30 juta, sehingga total anggaran yang diperlukan mencapai Rp61 juta. Biaya ini terkait dengan penggunaan alat berat untuk membersihkan *settling pond* dari lumpur, sedimen, dan partikel-partikel lainnya yang mengendap di dasar kolam.

Namun, setelah penggunaan geotekstil, biaya pemeliharaan *settling pond* menjadi lebih rendah, murah, dan hemat. Biaya yang harus dikeluarkan antara lain gunting Rp50 ribu, meteran Rp100 ribu, dan pembelian geotekstil Rp192 ribu. Total biaya anggaran setelah menggunakan geotekstil sebagai penyaring hanya Rp342 ribu.

Perbedaan biaya yang signifikan antara sebelum dan setelah penggunaan geotekstil menunjukkan bahwa geotekstil memberikan solusi yang lebih ekonomis dalam pemeliharaan *settling pond*. Biaya penggunaan geotekstil jauh lebih rendah dibandingkan dengan biaya menggunakan alat berat seperti *excavator* dan *dump truck*. Selain itu, geotekstil juga memiliki masa pakai yang cukup lama, sehingga biaya pemeliharaan lebih rendah dalam jangka waktu yang lebih panjang. Daya tahan atau durasi penggunaan geotekstil yang lama, tentu saja dapat meminimalkan biaya penggantian atau pembelian ulang secara teratur.

Dengan cara menahan partikel-partikel padat seperti lumpur dan sedimen, geotekstil membantu mengurangi jumlah material yang perlu diangkut dan dibuang dengan menggunakan *excavator* dan *dump truck*. Dengan demikian, penggunaan geotekstil membantu mengoptimalkan penggunaan alat berat dan mengurangi konsumsi bahan bakar serta biaya perawatan alat tersebut.

Penghematan biaya ini dapat membantu meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan *settling pond*, sehingga perusahaan atau lembaga dapat mengalokasikan sumber daya keuangan mereka untuk kegiatan lain yang lebih mendesak atau strategis.

## **Delivery**

Dalam hal pengiriman (*delivery*), pemanfaatan geotekstil sebagai elemen penyaring dalam *settling pond* membawa dampak positif yang besar dalam mengurangi kebutuhan waktu perawatan. Sebelum menggunakan geotekstil, waktu pemeliharaan *settling pond* selama 7 hari, dapat mencapai 56 jam waktu kerja. Durasi pemeliharaan yang cukup lama ini terkait dengan proses membersihkan *settling pond* dari lumpur, sedimen, dan partikel-partikel lainnya yang mengendap di dasar kolam menggunakan alat berat seperti *excavator* dan *dump truck*.

Namun, setelah penggunaan geotekstil, waktu pemeliharaan *settling pond* menjadi lebih cepat, hanya memerlukan waktu 5 jam saja. Penggunaan geotekstil sebagai penyaring membantu menahan partikel-partikel padat seperti lumpur dan sedimen sebelum air masuk ke kolam, sehingga meminimalkan akumulasi material di dasar kolam. Inilah yang membuat proses pemeliharaan dan pembersihan *settling pond* menjadi lebih efisien dan lebih cepat.

## **Safety**

Dari aspek *Safety*, penggunaan geotekstil sebagai penyaring dalam *settling pond* memberikan manfaat yang signifikan dalam mengurangi potensi *fatigue* (kelelahan) bagi para pekerja atau karyawan. Sebelum menggunakan geotekstil, proses pemeliharaan

*settling pond* kemungkinan melibatkan penggunaan alat berat seperti *excavator* dan *dump truck* untuk membersihkan lumpur, sedimen, dan partikel lainnya. Proses ini memerlukan tenaga kerja yang intensif dan membutuhkan waktu yang lama, terutama jika *volume* dan konsentrasi material padat dalam air cukup tinggi.

Penggunaan alat berat dan waktu pemeliharaan yang berkepanjangan dapat menyebabkan kelelahan pada para pekerja. Aktivitas fisik yang terus-menerus dan berat dapat menyebabkan penurunan tingkat energi, performa kerja yang menurun, dan peningkatan risiko kecelakaan atau cedera pada para pekerja. Kecelakaan yang bisa terjadi karena berkurangnya kemampuan fokus akibat kelelahan yang akut.

Namun, setelah menggunakan geotekstil, potensi kelelahan bagi para pekerja dapat dikurangi. Geotekstil membantu menahan partikel-padatan sebelum masuk ke kolam penjernihan, sehingga

meminimalkan jumlah material yang harus diangkut dan dibuang oleh alat berat. Dengan demikian, proses pemeliharaan menjadi lebih efisien dan memerlukan waktu yang lebih singkat, sehingga beban kerja para pekerja berkurang.

## **Morale**

Dari aspek *Morale*, penggunaan geotekstil sebagai penyaring dalam *settling pond* memberikan dampak positif dalam meningkatkan semangat dan motivasi para tenaga kerja. Sebelum menggunakan geotekstil, proses pemeliharaan *settling pond* mungkin menghadapi beberapa kendala, seperti keterlambatan pekerjaan, pekerjaan yang tidak sesuai target, atau melewati tenggat waktu yang telah ditetapkan. Kondisi buruk ini dapat menyebabkan demotivasi pada personil tenaga kerja, mengurangi semangat mereka dalam menjalankan tugas dan menghambat produktivitas.

Namun, setelah menggunakan geotekstil, situasi dan kondisi mental personil bisa berubah menjadi lebih positif. Penggunaan geotekstil membantu mengoptimalkan proses pemeliharaan dan mempercepat waktu kerja, karena geotekstil mengurangi jumlah material yang harus diangkut dan dibuang oleh alat berat. Waktu pemeliharaan yang lebih singkat membantu mencapai target kerja dengan lebih efisien, sehingga para tenaga kerja merasa lebih terpacu untuk mencapai hasil yang diinginkan.

Selain itu, penggunaan geotekstil juga membawa manfaat tambahan bagi para tenaga kerja. Penggunaan teknologi baru, seperti geotekstil, dapat meningkatkan pengetahuan dan kreativitas mereka dalam menemukan solusi yang lebih efisien dan inovatif dalam menjalankan tugas pemeliharaan *settling pond*. Para tenaga kerja menjadi lebih terlibat dalam proses perbaikan dan peningkatan, sehingga dapat meningkatkan rasa memiliki dan semangat untuk menciptakan perubahan yang positif.

Dengan demikian, penggunaan geotekstil dapat memberikan dampak positif pada aspek *Morale*. Para tenaga kerja merasa lebih termotivasi dan semangat untuk menjalankan tugas mereka dengan lebih baik. Motivasi ini juga berdampak positif pada aspek lain dalam QCDSME, seperti *Quality*, *Cost*, dan *Delivery*. Dengan semangat yang tinggi, para tenaga kerja akan lebih berdedikasi untuk mencapai kualitas yang lebih baik, mengurangi biaya operasional, dan mencapai target waktu kerja dengan lebih efisien.

## **Environment**

Dari aspek *Environment*, penggunaan geotekstil sebagai penyaring dalam *settling pond* memberikan dampak positif yang signifikan pada kualitas air. Sebelum menggunakan geotekstil, hasil air di *settling pond* mungkin berupa air keruh dengan konsentrasi partikel padatan yang tinggi. Air keruh dapat disebabkan oleh adanya

lumpur, sedimen, dan partikel-partikel lain yang mengambang di dalam air, mengurangi transparansi air dan membuatnya tampak keruh.

Namun, setelah menggunakan geotekstil, hasil air berubah menjadi jernih dan transparan. Geotekstil membantu menahan partikel padatan sebelum air masuk ke kolam penjernihan, sehingga partikel-partikel tersebut tidak mencemari air di dalam kolam. Dengan demikian, geotekstil berkontribusi pada peningkatan kualitas air dan mengurangi kekeruhan, sehingga air di *settling pond* menjadi lebih jernih dan transparan.

Air yang jernih dan transparan mencerminkan lingkungan yang sehat dan bersih. Lingkungan yang lebih bersih dan aman dari partikel padatan berdampak positif pada organisme hidup yang tinggal di dalam atau mengonsumsi air tersebut.

**Tabel 3.** Perbandingan Aspek QCDSME

Aspek	Sebelum	Sesudah
Quality	Hasil TSS rata-rata 592,87 mg/l atau diatas baku mutu air.	Hasil TSS rata-rata 14,25 mg/l atau dibawah baku mutu air.
Cost	Biaya pemeliharaan <i>settling pond</i> ; <ul style="list-style-type: none"><li>• Exc = Rp31 juta</li><li>• DT = Rp30 juta</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gunting = Rp50 ribu</li><li>• Meteran = Rp100 ribu</li><li>• <i>Geotextile</i> = Rp192 ribu</li></ul> Total biaya = Rp342 ribu.
Delivery	Waktu pemeliharaan <i>settling pond</i> 7 hari (56 jam).	Waktu pemeliharaan <i>settling pond</i> lebih cepat (5 jam).
Safety	Berpotensi <i>fatigue</i> (kelelahan).	Mengurangi <i>fatigue</i> (kelelahan).
Morale	Demotivasi pada personel, dikarenakan pekerjaan tidak sesuai target.	Menemukan semangat baru serta menambah pegetahuan dan kreativitas personal.
Environment	Hasil air keruh.	Hasil air jernih.

Kualitas air yang lebih baik juga berkontribusi pada keseimbangan ekosistem, serta mengurangi potensi dampak negatif pada kehidupan akuatik dan lingkungan sekitar.

Penggunaan geotekstil sebagai penyaring dalam *settling pond* memiliki dampak positif dan negatif yang perlu dipertimbangkan. Berikut adalah penjelasan lebih rinci mengenai dampak-dampak tersebut:

### **Dampak Positif:**

1. Pengurangan sedimen (TSS): geotekstil berfungsi sebagai penyaring yang efektif untuk menahan partikel-padatan seperti lumpur dan sedimen sebelum air masuk ke kolam penjernihan. Hal ini mengakibatkan pengurangan nilai TSS dalam air, sehingga air yang dihasilkan menjadi lebih bersih dan jernih. Pengurangan nilai TSS ini berdampak positif pada kualitas air,

memenuhi baku mutu yang ditetapkan, dan menjaga lingkungan menjadi lebih sehat.

2. Pengetahuan dan kompetensi personel: pemasangan geotekstil sebagai penyaring membutuhkan pemahaman dan keterampilan khusus dari para tenaga kerja. Dalam proses ini, personel mendapatkan tambahan ilmu dan pengalaman tentang pemasangan geotekstil, sehingga meningkatkan kompetensi mereka dalam menghadapi tantangan teknis yang lebih beragam di masa depan.
3. Penanganan lumpur sedimen: dengan adanya geotekstil yang berfungsi sebagai penyaring, personel tidak perlu khawatir tentang akumulasi lumpur sedimen di kolam penjernihan. Geotekstil membantu menahan lumpur dan sedimen sebelum masuk ke kolam, sehingga meminimalkan pembentukan lumpur di dasar kolam dan mengurangi kerja pemeliharaan untuk membersihkannya.

## **Dampak Negatif:**

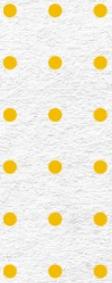
Beban pekerjaan pada aktivitas tertentu menjadi bertambah: Penggunaan geotekstil sebagai penyaring memerlukan pemasangan dan pemeliharaan secara berkala. Penggantian geotekstil yang sudah usang juga merupakan tindakan yang memerlukan waktu dan tenaga kerja tambahan. Hal ini dapat menyebabkan beban kerja personel bertambah, terutama jika area penyaringan luas atau kondisi lingkungan sulit.

## **Solusi untuk Mengatasi Dampak Negatif:**

1. Pengawasan dan kontrol harian: untuk mengurangi dampak negatif akibat beban kerja tambahan, perlu dilakukan pengawasan dan kontrol harian secara rutin dan berkesinambungan. Personel harus melakukan aktivitas swapantau harian untuk memastikan kondisi geotekstil tetap

berfungsi dengan baik dan tidak terjadi kerusakan atau kebocoran. Dengan memantau kondisi geotekstil secara teratur, dapat diidentifikasi potensi masalah sejak dini dan segera diatasi sebelum menjadi masalah yang lebih besar.

2. Pelatihan dan sumber daya: memberikan pelatihan dan sumber daya yang memadai kepada personel terkait pemasangan dan pemeliharaan geotekstil dapat membantu meningkatkan keterampilan mereka dalam menjalankan tugas tersebut. Penggunaan peralatan dan teknik yang tepat dapat membantu mengoptimalkan efisiensi kerja dan mengurangi beban pekerjaan.





**PENETAPAN STANDAR  
PROSEDUR BARU  
PEMASANGAN  
GEOTEKSTIL**



**P**enetapan standar prosedur baru pemasangan geotekstil, yang telah dituangkan dalam dokumen IK 09.280.035.R1, memiliki langkah-langkah atau tahapan utama dengan rincian sebagai berikut:

### **1. Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan:**

Sebelum memulai proses pemasangan geotekstil, pastikan semua alat dan bahan yang diperlukan sudah tersedia dan siap digunakan. Beberapa alat dan bahan yang biasanya dibutuhkan antara lain:

- a. Geotekstil dengan ukuran dan spesifikasi yang sesuai.
- b. Alat ukur seperti penggaris, meteran, atau alat pengukur diameter.
- c. Alat pemotong seperti gunting atau alat pemotong khusus untuk geotekstil.

- d. Pompa atau alat penyedot untuk mengosongkan *settling pond* dari air.

## **2. Mengukur diameter *settling pond*:**

Langkah pertama adalah mengukur diameter dari *settling pond* yang akan dipasang geotekstil. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui ukuran geotekstil yang perlu dipotong dan disesuaikan agar sesuai dengan ukuran kolam penjernihan.

## **3. Menyedot air pada *settling pond*:**

Setelah diameter *settling pond* terukur, air pada kolam penjernihan perlu disedot atau dikuras terlebih dahulu sebelum geotekstil dipasang. Hal ini dilakukan untuk memastikan permukaan dasar kolam dalam kondisi kering saat pemasangan geotekstil agar proses pemasangan berjalan lebih efisien.

### **1. Menggunting geotekstil sesuai ukuran:**

Setelah ukuran geotekstil disesuaikan dengan diameter *settling pond*, langkah selanjutnya adalah memotong geotekstil sesuai ukuran yang telah diukur. Pastikan pemotongan dilakukan dengan tepat dan rapi agar geotekstil dapat pas di atas dasar kolam dengan sempurna.

### **1. Memasang geotekstil pada *settling pond*:**

Setelah geotekstil dipotong sesuai ukuran, saatnya memasangnya pada *settling pond*. Pastikan geotekstil tertata dengan rapi dan menutupi seluruh permukaan dasar kolam dengan baik. Pastikan juga tidak ada celah atau bagian yang terlepas sehingga geotekstil berfungsi sebagai penyaring dengan efektif.

## 1. Monitoring hasil setelah pemasangan geotekstil:

Setelah pemasangan geotekstil selesai, lakukan monitoring dan evaluasi terhadap hasilnya. Perhatikan apakah geotekstil berfungsi dengan baik dalam menahan sedimen dan partikel-padatan yang masuk ke kolam. Lakukan pengawasan secara berkala untuk memastikan geotekstil tetap berada pada posisinya dan tidak mengalami kerusakan.

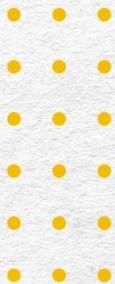
Selain tahapan utama di atas, dokumen standar prosedur pemasangan geotekstil juga bisa mencakup informasi tambahan seperti:

1. Penyusunan perencanaan dan desain pemasangan geotekstil berdasarkan karakteristik *settling pond*.
2. Prosedur khusus untuk kondisi tertentu, misalnya pemasangan geotekstil pada lahan berkontur atau ketika ada tambahan alat bantu yang diperlukan.

3. Panduan perawatan dan pemeliharaan geotekstil setelah pemasangan untuk memastikan kinerjanya tetap optimal dalam jangka waktu yang panjang.

Dengan mengikuti standar prosedur pemasangan geotekstil yang jelas dan rinci, proses pemasangan dapat berjalan dengan lancar dan efisien. Hal ini akan mendukung fungsi geotekstil sebagai penyaring yang efektif dalam meningkatkan kualitas air di *settling pond* dan membantu melindungi lingkungan secara keseluruhan.





**10**





**PENUTUP**



Geotekstil dapat diterapkan sebagai solusi inovatif dalam pengelolaan dan pemeliharaan *settling pond*. Geotekstil, sebuah material yang menggabungkan kekuatan teknologi dan alam, telah terbukti menjadi penyelesaian yang efektif dalam menghadapi tantangan perawatan lingkungan industri.

Melalui penggunaan geotekstil, pemisahan dan penyaringan sedimen dalam cairan menjadi lebih optimal. Dengan mampu memungkinkan aliran tegak lurus arah bidang lembarannya, geotekstil telah membuktikan diri sebagai filter yang dapat menjaga kualitas air dengan hasil yang luar biasa. Dampak positifnya terlihat jelas, dengan penurunan signifikan dalam jumlah *Total Suspended Solids* (TSS) dari rata-rata 592,87 menjadi rata-rata 14,25 mg/l, yang sesuai dengan standar baku mutu air yang telah ditentukan.

Keberhasilan ini juga berdampak pada aspek ekonomi. Upaya penerapan geotekstil tidak hanya mampu menghasilkan efisiensi waktu pemeliharaan yang mencengangkan, melompat dari 56 jam menjadi 5 jam, tetapi juga mampu menghemat biaya sebesar Rp60.922.000.

ANTAM UBP Nikel Maluku Utara telah membuktikan kesiapan mereka dalam menghadapi setiap hambatan. Bersamaan dengan pengaplikasian geotekstil dilakukan pula pengawasan harian yang ketat dan pelatihan personel, untuk memastikan fungsi dari geotekstil terutama meningkatkan mutu air di *settling pond* dapat berjalan dengan optimal.

Kesuksesan dalam penerapan geotekstil ini juga telah membawa dampak jauh lebih luas daripada yang terlihat secara kasat mata. Pengetahuan dan kompetensi personel telah meningkat, sementara

penanganan lumpur sedimen menjadi lebih terkelola. Semua ini berkontribusi pada perlindungan lingkungan yang lebih baik.

Melalui buku ini, kita telah menjalani perjalanan melintasi perpaduan antara teknologi, inovasi, dan kepedulian terhadap lingkungan. Dengan mengikuti standar prosedur yang telah ditetapkan, penerapan geotekstil tidak hanya berhasil meningkatkan kualitas air di *settling pond*, tetapi juga telah menjadi contoh inspiratif bagi industri lainnya, dan memicu lebih banyak upaya untuk menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan berkelanjutan.

# REFERENSI

Chandrakanth, K. (2016). Plan Do Check Act (PDCA): Improving Quality Through Agile Accountability. Tektronix Engineering Development India Private Limited. New Delhi, India: agilealliance.org.

Deshpande, P. M. (2017, Januari). Application of Plan-Do-Check-Act Cycle for Quality and Productivity Improvement - A Review. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET), Volume 5(Issue 1).

Fathurrozi. (2011, Nopember). Pemahaman Sifat- Sifat Geotekstil dalam Rekayasa Geoteknik pada Bangunan Sipil. Jurnal Intekna: Informasi Teknik dan Niaga (Nomor 2), 146 - 156 hlm.

Highsmith, J. (2001). agilemanifesto. Dipetik Juli 20, 2023, dari <http://agilemanifesto.org/>.

Irawan, D. A. (2018, Februari). Kajian Teknis Geometri Settling Pond pada Pit 8 Penambangan Batubara PT. Megaprima Persada Job Site Pongkor Kecamatan Loakulu Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. JGP (Jurnal Geologi Pertambangan), Volume 1 (Nomor 22).

Roestaman, T. M. (2019). Analisis Stabilitas Timbunan dengan Geotextile Woven. Jurnal Konstruksi, Volume 17 (No. 1), 8–17 hlm.

Sheetal Sharma, D. S. (2012, Mei). Agile Processes and Methodologies: A Conceptual Study. International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE), Volume 4 (Issue 05).

Stare, A. (2014). Agile Project Management in Product Development Projects. Procedia - Social and Behavioral Sciences 119 (hal. 95-304 hlm). 27th IPMA World Congress. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.034>

Yang, T. G. (2017). Exploring the Role of Project Management in the Development of the Academic Agile Software Discourse: A Bibliometric Analysis. Project Management Journal, Volume 48(No. 1), 3-18 hlm.





Dalam pengolahan limbah dan pelestarian lingkungan, penyaringan air pada *settling pond* menjadi aspek kritis yang memerlukan solusi efektif. Namun, seringkali nilai TSS melebihi batas yang telah ditentukan, menciptakan tantangan bagi para praktisi dan ahli lingkungan. Masalah sedimentasi yang memerlukan perawatan berbulan-bulan dengan biaya tinggi menjadi hambatan besar dalam menjaga keberlanjutan industri. Sebuah inovasi revolusioner dilakukan oleh ANTAM UBP Nikel Maluku Utara, dengan mengaplikasikan *geotekstil* pada *settling pond*. Buku ini mengungkapkan secara mendalam keunggulan dan manfaat *geotekstil* sebagai material penyaring yang efektif dan efisien. Penelitian menyeluruh mengenai penerapan *geotekstil* diujicoba dengan pendekatan PDCA, memastikan penerapan yang optimal dan efektif dalam pengolahan limbah. Buku ini merupakan inisiatif baik ANTAM UBP Nikel Maluku Utara sebagai upaya membagi pengetahuan dan kebermanfaatannya. Buku ini dihadirkan sebagai panduan bagi para praktisi, ahli lingkungan, dan pihak-pihak terkait yang berusaha menjaga lingkungan dan mengelola air dengan cara yang berkelanjutan.



**Redaksi:**

Gedung Aneka Tambang Tower A  
Jl. Letjen T. B. Simatupang No. 1,  
Lingkar Selatan, Tanjung Barat,  
Jakarta, Indonesia, 12530