

INSTALASI WASTE WATER TREATMENT PLANT (WWTP) UNTUK MENURUNKAN TOTAL SUSPENDED SOLID SESUAI BAKU MUTU PADA AIR SUMP YANG BERKADAR SILIKA TINGGI

¹⁾Wahyu Wibowo*, ¹⁾Mas Mualim, ¹⁾Aris Study Palimbunga, ¹⁾Muhammad Daroji

¹⁾PT Bara Anugrah Sejahtera, Member Of Titan Infra Energy

*E-mail: wahyuwibowo8@gmail.com

ABSTRAK

Proses pengelolaan air limbah di industry pertambangan sangatlah penting karena dapat mempengaruhi kelancaran proses penambangan. Air limbah yang tidak dapat dikeluarkan dari area bukaan tambang secara optimal dapat menghambat bahkan menghentikan aktivitas penambangan. Namun, jika air limbah tersebut dikeluarkan tanpa proses pengelolaan yang baik maka dapat berpotensi mencemari lingkungan sekitar dan juga melanggar aturan terkait nilai baku mutu air pada Pergub Sumsel No 8 Tahun 2012. Dampak dari pencemaran air adalah adanya sanksi administrasi hingga penyetopan produksi dari Pemerintah.

Air limbah yang ada di Tambang PT Bara Anugrah Sejahtera memiliki karakteristik unik yaitu mengandung kadar silika yang tinggi. Hal ini menyebabkan partikel Total Suspended Solid (TSS) sulit untuk diendapkan secara normal. Hal ini terlihat pada kondisi air di big sump yang tetap konsisten kadar TSS di atas 5000 mg/liter walaupun terendap dalam periode yang cukup panjang. Berbagai jenis chemical telah dicoba untuk menurunkan kadar TSS namun belum ada yang dapat menurunkan TSS hingga baku mutu secara efektif dan efisien.

PT Bara Anugrah Sejahtera melakukan inovasi dan berinvestasi dengan membangun fasilitas Waste Water Treatment Plant (WWTP) dalam mengelola air limbah agar dapat memenuhi baku mutu air secara efektif dan efisien. Mekanisme WWTP adalah memompa air limbah ke dalam labirin baffle untuk dicampurkan bersama chemical tertentu yang terdiri dari Koagulan dan Flokulan untuk mengikat antar partikel TSS menjadi bentuk gumpalan yang disebut Floc sehingga terpisah dari air secara stabil. Floc ini yang akan terendap pada saluran air terbuka sebelum settling pond yang kemudian akan dikuras menggunakan pompa lumpur ke mud pond terpisah agar siklus pengelolaan air tidak terhambat karena pendangkalan.

Instalasi WWTP yang dikombinasikan dengan chemical tertentu yang terdiri dari Koagulan dan Flokulan terbukti dapat mengelola air limbah tambang berkadar silika tinggi di atas 780 mg/liter untuk memenuhi baku mutu air pada TSS <300 mg/liter tanpa mempengaruhi tingkat keasaman pada air.

Kata Kunci : air limbah tambang, total suspended solid, kadar silika, waste water treatment plant, floc

ABSTRACT

The process of wastewater management in the mining industry is very important because it can affect the smooth running of the mining process. Wastewater that cannot be optimally discharged from the mine opening area can hamper or even stop mining activities. However, if the wastewater is discharged without a proper management process, it can potentially pollute the surrounding environment and also violate the rules regarding the value of water quality standards in the South Sumatra Governor Regulation No. 8 of 2012. The impact of water pollution is the existence of administrative sanctions to halt production from the Government.

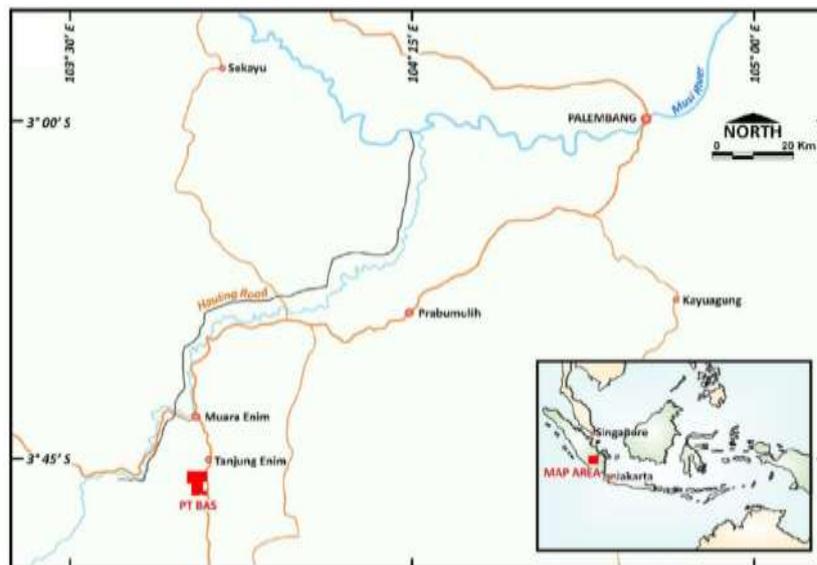
The wastewater in the PT Bara Anugrah Sejahtera Mine has a unique characteristic, which is that it contains high levels of silica. This causes Total Suspended Solid (TSS) particles to be difficult to precipitate normally. This can be seen in the water conditions in the big sump which remain consistent with TSS levels above 5000 mg/liter even though it has been deposited for a long period. Various types of chemicals have been tried to reduce TSS levels but none have been able to reduce TSS to quality standards effectively and efficiently.

PT Bara Anugrah Sejahtera has innovated and invested by building a Waste Water Treatment Plant (WWTP) facility in managing wastewater so that it can meet water quality standards effectively and efficiently. The WWTP mechanism is pumping wastewater into the baffling maze to be mixed with certain chemicals consisting of coagulants and flocculants to bind between TSS particles into a lump called Floc so that they are stably separated from the water. This floc will be deposited in an open water channel before the settling pond which will then be drained using a mud pump to a separate mud pond so that the water management cycle is not hampered by silting. The WWTP installation combined with certain chemicals consisting of coagulants and flocculants is proven to be able to manage high silica mine wastewater above 780 mg/liter to meet water quality standards at TSS <300 mg/liter without affecting the acidity level of the water.

Keywords: mine wastewater, total suspended solids, silica content, wastewater treatment plant, floc

A. PENDAHULUAN

PT Bara Anugrah Sejahtera merupakan perusahaan pemegang Izin Usaha Pertambangan (IUP) Operasi Produksi Batubara berdasarkan Keputusan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 543/KPTS/DESDM/2017 tanggal 23 Agustus 2017 dengan luas wilayah \pm 2.164 Ha dan kode wilayah 21.16003.3.2017.048 yang izin tersebut merupakan persetujuan penggabungan wilayah izin usaha pertambangan operasi produksi batubara PT Bara Anugrah Sejahtera berdasarkan Keputusan Bupati Muara Enim Nomor 1035/KPTS/TAMBEN/2014 pada tanggal 30 Desember 2014. PT Bara Anugrah Sejahtera merupakan anggota dari grup PT Titan Infra Energy yang melakukan kegiatan usaha operasi penambangan batubara di Tanjung Enim, Provinsi Sumatera Selatan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian PT Bara Anugrah Sejahtera

A.1. Latar Belakang Penelitian

Proses pengelolaan air limbah di industry pertambangan sangatlah penting karena dapat mempengaruhi kelancaran proses penambangan. Air limbah yang tidak dapat dikeluarkan dari area bukaan tambang secara optimal dapat menghambat bahkan menghentikan aktivitas penambangan. Namun, jika air limbah tersebut dikeluarkan tanpa proses pengelolaan yang baik maka dapat berpotensi mencemari lingkungan sekitar dan juga melanggar aturan terkait nilai baku mutu air pada Pergub Sumsel No 8 Tahun 2012. Dampak dari pencemaran air adalah adanya sanksi administrasi hingga penyetopan produksi dari Pemerintah.

Air limbah yang ada di Tambang PT Bara Anugrah Sejahtera memiliki karakteristik unik yaitu mengandung kadar silika yang tinggi. Hal ini menyebabkan partikel Total Suspended Solid (TSS) sulit untuk diendapkan secara normal. Hal ini terlihat pada kondisi air di big sump yang tetap konsisten kadar TSS di atas 5000 mg/liter walaupun terendap dalam periode yang cukup panjang. Berbagai jenis chemical telah dicoba untuk menurunkan kadar TSS namun belum ada yang dapat menurunkan TSS hingga baku mutu secara efektif dan efisien.

A.2. Rumusan Masalah

Masalah yang diangkat pada penelitian adalah metode penggunaan chemical yang ada tidak efektif digunakan untuk menurunkan kadar TSS yang ada pada *big sump*.

A.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mencari metode dan sistematika operasional yang tepat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan chemical untuk menurunkan kadar TSS yang ada pada *big sump*. Metode baru yang digunakan akan dibuatkan *Standard Operating Procedure* (SOP) untuk mengganti prosedur sebelumnya.

A.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Menemukan metode dan sistematika operasional pengolahan air limbah penambangan yang tepat untuk mengoptimalkan penggunaan chemical menurunkan kadar TSS yang ada pada big sump
2. Mengevaluasi kinerja chemical yang digunakan dalam pengolahan air limbah penambangan

B. TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 113 Tahun 2003, Air limbah usaha dan atau kegiatan pertambangan batubara adalah air yang berasal dari kegiatan penambangan batubara dan air buangan yang berasal dari kegiatan pengolahan/pencucian batubara. Air limbah ini harus dikelola dengan baik sesuai baku mutu yang ditetapkan. Baku mutu air limbah batubara adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemaran yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah batubara yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan.

Tabel 1 menunjukkan baku mutu air limbah yang ada pada Lampiran 1 Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 113 Tahun 2003.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH		6-9
Residu Tersuspensi	mg/l	400
Besi (Fe) Total	mg/l	7
Mangan (Mn) Total	mg/l	4

Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No 8 Tahun 2012 mengatur lebih ketat kadar maksimum parameter residu tersuspensi sebagai baku mutu air limbah yang dijadikan acuan operasional pengelolaan air limbah kegiatan penambangan. Hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 113 Tahun 2003 Pasal 4 Ayat 1 yang berbunyi Baku mutu air limbah bagi usaha dan atau kegiatan pertambangan batubara ditetapkan dengan Peraturan Daerah Provinsi dengan ketentuan sama atau lebih ketat dari ketentuan sebagaimana tersebut dalam lampiran Keputusan tersebut.

Tabel 2 menunjukkan baku mutu limbah cair untuk kegiatan penambangan batubara yang terdapat pada Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No 8 Tahun 2012

Tabel 2. Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH		6-9
Residu Tersuspensi	mg/l	300
Besi (Fe) Total	mg/l	7
Mangan (Mn) Total	mg/l	4

Terdapat empat parameter kualitas air yang memiliki standar baku mutu yang harus diperhatikan dalam pengelolaan air limbah aktivitas penambangan. Dari keempat parameter tersebut pada umumnya yang menjadi perhatian adalah pH dan residu tersuspensi. pH (Power of Hydrogen) adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Ia didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H⁺) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoretis. Skala pH bukanlah skala absolut. Ia bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional (wikipedia.org). pH air dapat diukur secara manual menggunakan kertas lakmus dan juga dapat menggunakan alat ukur digital yang lebih praktis. pH air yang kecil mengindikasikan air tersebut dalam kondisi asam atau sering disebut Air Asam Tambang. Berdasarkan (Nusa Idaman Said, 2014) Air asam tambang adalah air bersifat asam dan mengandung zat besi dan sulfat, yang terbentuk pada kondisi alami pada saat strata geologi yang mengandung pyrite terpapar ke atmosfer atau lingkungan yang bersifat oksidasi. Air asam tambang dapat terbentuk dari tambang batubara, baik pada pertambangan permukaan maupun pertambangan bawah tanah. Pengolahan air asam tambang dapat dilakukan dengan cara netralisasi, yaitu dengan menambahkan bahan kimia yang bersifat basa. Bahan kimia yang umum digunakan untuk netralisasi ini adalah kapur (CaCO₃), hydrated lime (Ca(OH)₂), soda-ash (Na₂CO₃), atau caustic soda (NaOH). Metode yang umum dalam pengelolaan air asam tambang adalah dengan sistem pengelolaan aktif. Sistem pengolahan aktif adalah pengolahan air asam tambang dengan menggunakan bahan kimia alkali untuk meningkatkan pH air, menetralkan keasaman dan pengendapan logam. Meskipun efektif, pengolahan aktif mahal bila biaya peralatan, bahan kimia, dan tenaga kerja dianggap sebagai pertimbangan (Skousen, 1990).

Residu tersuspensi atau dikenal juga dengan *Total Suspended Solid* (TSS) adalah berat kering partikel tersuspensi yang tidak terlarut di dalam air yang dapat terperangkap dengan filter yang dianalisis menggunakan alat filtrasi (wikipedia.org). Sifat fisik parameter TSS pada kadar yang tinggi pada umumnya dapat menyebabkan air berwarna sangat keruh namun tidak bisa dijadikan acuan mutlak. Berdasarkan Ani Fatimah, Harmadi & Wildian (2014), Kekeruhan tidak selalu mempengaruhi nilai TSS, adakalanya nilai kekeruhan yang tinggi menghasilkan nilai TSS yang rendah, begitu juga sebaliknya karena kekeruhan hanya bersifat optis sedangkan TSS ditinjau dari sifat optis dan partikel yang terkandung dalam air. Berdasarkan Badan Standar Nasional Indonesia No 6989.3:2019 tentang air dan air limbah, untuk memperoleh nilai TSS secara teori dapat dihitung dengan metode gravimetri seperti Persamaan (1)

$$TSS \left(\frac{mg}{liter} \right) = \frac{(A-B) \times 1000}{V} \quad (1)$$

dengan V adalah volume sampel dengan satuan (mL), A adalah massa akhir kertas saring dengan satuan (mg), dan B adalah massa awal dari kertas saring dengan satuan (mg).

Upaya untuk menurunkan kadar TSS pada air adalah dengan proses Koagulasi dan Flokulasi. Koagulasi adalah suatu proses perubahan partikel koloid menjadi flok yang berukuran lebih besar dan penyerapan bahan organik terlarut pada flok tersebut sehingga pengotor yang ada dalam air dapat dipisahkan melalui proses penyaringan padat-cair (Haydar dan Aziz, 2009). Koagulasi dan flokulasi adalah proses penting dalam pengolahan air dengan koagulasi untuk mendestabilkan partikel melalui reaksi kimia antara koagulan dan koloid, dan flokulasi untuk mengangkut partikel yang tidak stabil yang akan menyebabkan tumbukan dengan flok (wikipedia.org).

Chemical yang digunakan untuk proses koagulasi disebut koagulan sedangkan chemical yang digunakan untuk proses flokulasi disebut flokulan. Jar test adalah suatu metode pengujian untuk mengetahui kemampuan suatu koagulan dan menentukan kondisi operasi (dosis) optimum pada proses penjernihan air dan air limbah. Besaran yang diukur dan dicatat dalam jar test ini meliputi pH air limbah, TSS dan kekeruhannya serta dosis penambahan koagulan untuk volume air limbah

tertentu, sehingga dapat diketahui jumlah kebutuhan koagulan dalam pengolahan air limbah yang sebenarnya. Metode jar test mensimulasikan proses koagulasi dan flokulasi untuk menghilangkan padatan tersuspensi (suspended solid) dan zat-zat organik yang dapat menyebabkan masalah kekeruhan, bau dan rasa (Husaini dkk 2018).

C. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan studi literatur dan studi kasus lapangan (Case And Field Study) untuk mencari metode dan sistematika operasional penggunaan chemical yang tepat. Metode Jar Test digunakan untuk menguji kinerja chemical yang digunakan.

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode komparatif yaitu menguji beberapa chemical dengan skala laboratorium untuk melihat kecocokan penggunaan chemical terhadap sampel yang digunakan. Chemical yang dipilih kemudian diuji kembali pada rentang waktu yang berbeda untuk melihat konsistensinya dalam penggunaan langsung di lapangan.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Pengujian Chemical

Hasil pengambilan data pengujian produk beberapa chemical didapatkan hasil yang tidak jauh berbeda untuk parameter TSS dan pH. Hal ini menunjukkan bahwa pada skala laboratorium, tidak ada perbedaan kualitas antara masing-masing chemical. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian beberapa produk chemical komersial yang berbeda

Tabel 3. Hasil Pengujian 3 Produk Chemical Komersial

Produk	Silika (mg/l)	TSS (mg/l)			pH		
		Awal	Akhir	Baku Mutu	Awal	Akhir	Baku Mutu
Produk A	781	5,213	126	300	8.2	7.2	6-9
Produk B	781	5,540	21	300	7.3	7.8	6-9
Produk C	781	5,367	20	300	7.6	6.4	6-9

Langkah berikutnya adalah menguji kestabilan pembentukan flok pada tiap sampel yang telah diberikan chemical dengan cara mengoncangkan wadah sampel yang diuji sampai air dan TSS yang sudah terpisah menyatu kembali kemudian didiamkan sampai terpisah antara air dan flox kemudian digoncangkan kembali. Hal ini dilakukan untuk membuat simulasi kondisi air yang keluar dari tempat pengolahan air dimana air akan mendapatkan goncangan sepanjang aliran menuju titik penataan yang berpotensi memecah flok yang sudah terbentuk dan menggagalkan proses pengolahan air untuk menurunkan kadar TSS sesuai baku mutu. Pada Gambar 2 dapat dilihat bentuk TSS yang sudah terpisah terhadap air dan disaring menggunakan kertas saring membentuk gumpalan yang mudah untuk di handling di tempat pembuangan lumpur.



Gambar 2. Hasil Percobaan Produk Chemical Yang Dipilih

Chemical yang sudah dipilih kemudian dilakukan uji coba kembali untuk melihat konsistensi dosis yang digunakan terhadap hasil yang di dapat. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian chemical yang dipilih dengan diuji pada beberapa periode terpisah untuk melihat konsistensi penggunaan chemical tersebut. Hasil pengujian bisa dikatakan stabil dengan hasil akhir TSS masih di bawah baku mutu dan tidak mempengaruhi pH secara signifikan.

Tabel 4. Hasil Pengujian Chemical Dipilih (Koagulan dan Flokulan)

Periode	TSS (mg/l)		pH		Turbidity	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	5,220	151	8.2	7.1	5,120	121
2	5,310	144	8.4	7.2	5,221	137
3	5,110	82	8.1	7.2	4,998	72

D.2 Instalasi Waste Water Treatment Plant

Langkah berikutnya setelah pemilihan chemical yang tepat untuk digunakan adalah membuat design instalasi Waste Water Treatment Plant yang dapat mengakomodir proses koagulasi dan flokulasi chemical sehingga di dapat hasil pengolahan air sesuai baku mutu lingkungan. Gambar 3 menunjukkan design lokasi beberapa tandon air yang akan digunakan untuk mencampurkan koagulan dan flokulan menggunakan air baku sesuai dosis yang telah di tetapkan sebelumnya, terdapat pula design kolam Baffle yang dibuat zig zag bertujuan untuk mengoptimalkan pencampuran koagulan dan flokulan dengan air limbah yang dipompa dari tambang ke kolam Baffle.



Gambar 3. Design Waste Water Treatment Plant



Gambar 4. Photo Udara Sistem WWTP

Gambar 4 menunjukkan photo udara sistem WWTP dari hulu ke hilir, dimulai dari outlet pemompaan air limbah tambang kemudian masuk ke kolam baffle lalu menuju saluran terbuka sebelum ke KPL dan titik penataan. Tambahan fasilitas WWTP berupa kolam lumpur untuk menampung output dari pemompaan lumpur yang dilakukan agar tidak terjadi pendangkalan pada kolam baffle dan saluran terbuka. Siklus tersebut dibuat agar proses pengelolaan air limbah penambangan dapat dilakukan berkelanjutan tanpa perlu menunggu pengendapan proses sebelumnya. Gambar 5 merupakan hasil pengujian air limbah pada beberapa titik di area baffle dari outlet pemompaan sampai outlet baffle.



Gambar 5. Hasil Pengujian Kualitas Air Pada Beberapa Titik WWTP

E. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Pemilihan chemical untuk proses pengolahan air limbah penambangan di PT Bara Anugrah Sejahtera tidak hanya melihat faktor keberhasilan chemical menurunkan TSS saja karena semua chemical mampu menurunkan kadar TSS sampai ke baku mutu lingkungan, namun yang perlu diperhatikan adalah bahwa chemical yang dipilih mampu menjaga kondisi floc yang terbentuk tetap stabil dan tidak pecah kembali selama proses transportasi menuju titik penataan.
2. pH air sebelum dan sesudah pencampuran chemical tetap berada pada rentang baku mutu air limbah sehingga tidak memerlukan proses khusus untuk menetralkan keasaman air limbah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa chemical yang dipilih tidak mempengaruhi pH air limbah.
3. Instalasi WWTP mampu mengkondisikan situasi pencampuran yang optimal antara koagulan dan flokulan dengan air limbah hasil pemompaan dari tambang pada media baffle zig-zag. Air yang keluar dari baffle pun bisa diatur agar mengalir stabil selama berada di saluran terbuka menuju titik penataan dan hasilnya tetap sesuai baku mutu yang diharapkan.
4. Instalasi WWTP ini memungkinkan proses pengelolaan air limbah penambangan dapat dilakukan secara berkelanjutan tanpa perlu menunggu waktu pengendapan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah. Pada kesempatan ini, kami sampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada panitia TPT Perhapi yang telah menyeleksi dan menerima makalah kami untuk diterbitkan dalam Prosiding. Kami juga menyampaikan terima kasih kepada Management serta rekan di PT Bara Anugrah Sejahtera member Of Titan Infra Energy yang telah mendukung penuh terbitnya tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ani F., Harmadi & Wildian. (2014). Perancangan Alat Ukur TSS (Total Suspended Solid) Air Menggunakan Sensor Serat Optik Secara Real Time, *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, Volume 6 No 5, 68-73
- Haydar, S. and Aziz, J. A. (2009) "Coagulation–flocculation studies of tannery wastewater using combination of alum with cationic and anionic polymers," *Journal of Hazardous Materials*, 168(2–3), pp. 1035–1040.
- Husaini, Stefanus S. Cahyono, Suganal, Kukuh N. Hidayat. (2018) : Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan Dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode Jar Test, *Jurnal Teonologi Mineral Dan Batubara* Volume 14 No 1, 31-45
- Keputusan Kepala Badan Standarisasi Nasional No 341/KEP/BSN/7/2019. (2019) : Penetapan Standar Nasional Indonesia 6989.3:2019 Air Dan Air Limbah – Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid/TSS) Secara Gravimetri Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 06-6989.3:2004 Air dan Limbah Air – Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid/TSS) Secara Gravimetri
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 113 Tahun 2003. (2003) : Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Penambangan Batubara, Hal 2-3.
- Nusa Idaman Said. (2014) : Teknologi Pengelolaan Air Asam Tambang Batubara "Alternatif Pemilihan Teknologi", *Jurnal Air Indonesia*, Volume 7 No 2, 119-138.
- Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No 8 Tahun 2012. (2012) : Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah Sakit, Domestik, Dan Pertambangan Batubara, Hal 13-14.
- Skousen, J.G., and P.F. Ziemkiewicz. 1996. *Acid mine drainage control and treatment*. 2nd Edition. National Research Center for Coal and Energy, West Virginia University, Morgantown, WV. 356 pp.
- Flokulasi, data diperoleh melalui situs internet : <https://id.wikipedia.org/wiki/Flokulasi#:~:text=Koagulasi%20dan%20flokulasi%20adalah%20proses,akan%20menyebabkan%20tumbukan%20dengan%20flok.> Diunduh pada tanggal 30 Oktober 2020
- pH air, data diperoleh melalui situs internet : <https://id.wikipedia.org/wiki/PH#:~:text=Air%20murni%20bersifat%20netral%2C%20dengandikatakan%20bersifat%20basa%20atau%20alkali.> Diunduh pada tanggal 30 Oktober 2020.
- Total Suspended Solid, data diperoleh melalui situs internet : https://en.wikipedia.org/wiki/Total_suspended_solids. Diunduh pada tanggal 30 Oktober 2020.

