

Evaluasi pengolahan air pada settling pond: studi kasus PT Hasnur Riung Sinergi

Evaluation of water treatment in settling pond: case study of PT Hasnur Riung Sinergi

Sheila Ulfah Hendinie¹, Nurhakim², Yuniar Siska Novianti^{3*}

¹⁻³Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

JL. A. Yani KM 35,5 Banjarbaru 70714. Telp 0812-5475-6338

e-mail: ¹Sheilahendinies@gmail.com, ²nurhakim@ulm.ac.id, ^{3*}yuniar@ulm.ac.id

ABSTRAK

Proses pengolahan air limbah dari kegiatan penambangan dilakukan dengan proses mengendapkan padatan tersuspensi dan menetralkan pH air limbah. Proses pengolahan air limbah tersebut dilakukan agar air yang dialirkan sesuai dengan baku mutu dari KepMenLH No.113 Tahun 2003. Proses pengolahan air tersebut dilakukan pada settling pond atau kolam pengendapan yang pembuatan unit sedimentasi atau bak pengendap (settling pond) telah diatur dalam SNI 6774:2008 tentang Tata cara perencanaan paket instalasi pengolahan air dengan beberapa kriteria umum. Pada penelitian ini, proses pengujian kualitas air dilakukan dalam skala laboratorium dimana air diambil dari settling pond, waktu pengendapan material menggunakan perhitungan detention time, untuk mengetahui jenis aliran digunakan persamaan Bilangan Reynold dan Bilangan Froude. Hasil penelitian dan pengolahan data menunjukkan pada inlet zone settling pond nilai pH 5,2, nilai Total Suspended Solid (TSS) 910 dan pada outlet zone settling pond nilai pH 6,4, nilai Total Suspended Solid (TSS) 11, dan total waktu yang diperlukan untuk mengendapkan material selama 12 jam 16 menit. Sedangkan hasil bilangan Reynold sebesar 336,18 dan hasil dari bilangan Froude sebesar 0,0324. Hal ini mengindikasikan bahwa unit sedimentasi (kolam pengendapan) telah memenuhi standar umum sesuai dengan SNI 6774:2008.

Kata-kata kunci: bilangan froude, bilangan reynold, pH, TSS

ABSTRACT

The wastewater treatment process from mining activities is carried out by sedimenting suspended solids and neutralizing the pH of the wastewater. The wastewater treatment process is conducted to ensure that the discharged water complies with the quality standards set by Minister of Environment and Forestry Regulation No. 113 of 2003. This wastewater treatment process is conducted in settling ponds, where the construction of sedimentation units or settling basins (settling ponds) is regulated by the Indonesian National Standard (SNI) 6774:2008, which outlines the procedures for designing water treatment facility packages with several general criteria. In this study, water quality testing is performed at a laboratory scale using water sampled from the settling pond. The settling time of materials is calculated using detention time to determine the type of flow, employing the Reynolds Number and Froude Number equations. The research and data processing results indicate that in the inlet zone of the settling pond, the pH value is 5.2, and the Total Suspended Solids (TSS) value is 910. In the outlet zone of the settling pond, the pH value is 6.4, and the Total Suspended Solids (TSS) value is 11. The total time required for material sedimentation is 12 hours and 16 minutes. Meanwhile, the Reynolds Number result is 336.18, and the Froude Number result is 0.0324. This indicates that the sedimentation unit (settling pond) meets the general standards in accordance with SNI 6774:2008.

Keywords: froude number, pH, reynolds number, TSS

PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan batubara dengan metode tambang terbuka maupun metode tambang bawah tanah tidak terlepas dengan permasalahan air yang dapat menyebabkan menurunnya kualitas air yang ada di wilayah sekitar lingkungan kegiatan penambangan yang dampaknya dapat mengakibatkan terjadinya pendangkalan serta penurunan kemampuan pengaliran yang pada akhirnya dapat mengubah keseimbangan lingkungan.

[1] Proses pengolahan air limbah dari kegiatan penambangan dengan menggunakan treatment dengan menggunakan tawas dan kapur untuk mengendapkan padatan tersuspensi dan menetralkan pH air limbah serta menurunkan kandungan logam yang dilakukan pada settling pond atau kolam pengendapan. Pengelolaan kualitas air tambang bertujuan agar air tambang yang akan dialirkan ke lingkungan tidak saja harus memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku tetapi juga pemenuhan baku mutu tersebut dapat berkelanjutan sampai pada masa pascatambang. Oleh karena itu sistem pengelolaan air

tambang harus dikaji dan dirancang dengan seksama sejak perencanaan tambang awal dengan berorientasi pada kondisi pascatambang yang berkelanjutan dan secara periodik ditelaah keandalannya.

Air limbah atau air buangan dari kegiatan penambangan tersebut tidak dapat dibuang langsung ke lingkungan sehingga sebagai salah satu perusahaan tambang di daerah Kalimantan Selatan yang melakukan eksplorasi tambang batubara, membuat sistem pengolahan air limbah tersebut dengan menggunakan treatment pada settling pond.

Sistem penyaliran pada tambang terbuka umumnya menggunakan kolam (sump) sebagai penampungan air yang masuk ke dalam tambang [2]. Wujud akumulasi pergerakan air membuat endapan lumpur di dasar sump tidak dapat dihindarkan. Perbedaan berat jenis fluida akibat besarnya sedimen yang terlarut dalam air menimbulkan permasalahan berkelanjutan terhadap peralatan yang digunakan [3]. Besarnya intensitas curah hujan dan luasnya daerah tangkapan hujan menjadi

penyumbang terbesar terhadap tingginya angka padatan tersuspensi pada wilayah pertambangan [4] [5]. Debit air limpasan yang diperoleh dari perhitungan intensitas curah hujan dan luas daerah tangkapan hujan menjadi sumber utama dalam mengetahui volume air yang akan masuk ke dalam sump [6]. Oleh karena itu perencanaan dimensi dalam pembuatan sump harus diperhitungkan dengan seksama agar kondisi kesetimbangan air dapat terjaga dengan baik [7].

[8] Pada tambang terbuka yang masih aktif padatan tersuspensi total atau TSS di dalam air tambang terutama disebabkan oleh proses erosi oleh air limpasan hujan yang merupakan sumber air tambang utama hampir semua tambang terbuka di Indonesia. Sarana untuk mengendalikan kandungan TSS didalam air tambang yang utama adalah sarana untuk mengedepankan sedimen yang lebih dikenal sebagai kolam pengendap atau kolam sedimen atau sediment pond. Pada tambang terbuka maupun tambang bawah tanah sarana ini adalah sarana utama pengendali kualitas air tambang sebelum dialirkan ke lingkungan melalui titik penataan (point of compliance) yaitu titik dimana kualitas air tambang harus memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku.

Rumusan masalah yang akan dibahas dan terfokus dalam penelitian ini adalah mengenai: bagaimana kualitas air pada settling pond, berapa lama waktu yang diperlukan untuk mengendapkan material pada settling pond, dan bagaimana pengaruh jenis aliran air pada setiap kompartemen berdasarkan perhitungan Bilangan Reynold dan Bilangan Froude terhadap proses pengendapan material.

Batasan masalah yang diterapkan pada penelitian ini yaitu: pengambilan sampel air hanya dilakukan di settling pond, proses penetralan air asam tambang hanya menggunakan material kapur (dolomite) dan tawas (aluminium sulphat) yang digunakan pada perusahaan, parameter yang dianalisis hanya kualitas air (pH, TSS, Mn, Fe, Cd) pada settling pond, pengujian sampel air hanya dilakukan di Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Banjarbaru, tidak membahas mengenai curah hujan, tidak membahas mengenai pompa, data dimensi settling pond merupakan data dari pihak perusahaan, dan kriteria umum berdasarkan SNI 6774:2008 yang dihitung yaitu, hanya waktu tinggal, bilangan Reynold dan Bilangan Froude.

Pada penelitian ini dianalisis nilai pH, kandungan Total Suspended Solid, kandungan logam Fe, Mn dan Cd pada settling pond pada inlet zone dan outlet zone, waktu yang diperlukan untuk mengendapkan material, dan jenis aliran air dengan menggunakan perhitungan Bilangan Reynold dan Bilangan Froude. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui kualitas air settling pond pada saat masa operasi penambangan, menghitung waktu yang diperlukan untuk mengendapkan material pada settling pond, mengetahui pengaruh dari jenis aliran pada setiap kompartemen berdasarkan perhitungan Bilangan Reynold dan Bilangan Froude terhadap proses pengendapan material, dan mengetahui kesesuaian dari beberapa kriteria unit sedimentasi settling pond, berdasarkan kriteria unit sedimentasi SNI 6774:2008 tentang Tata cara perencanaan paket instalasi pengolahan air.

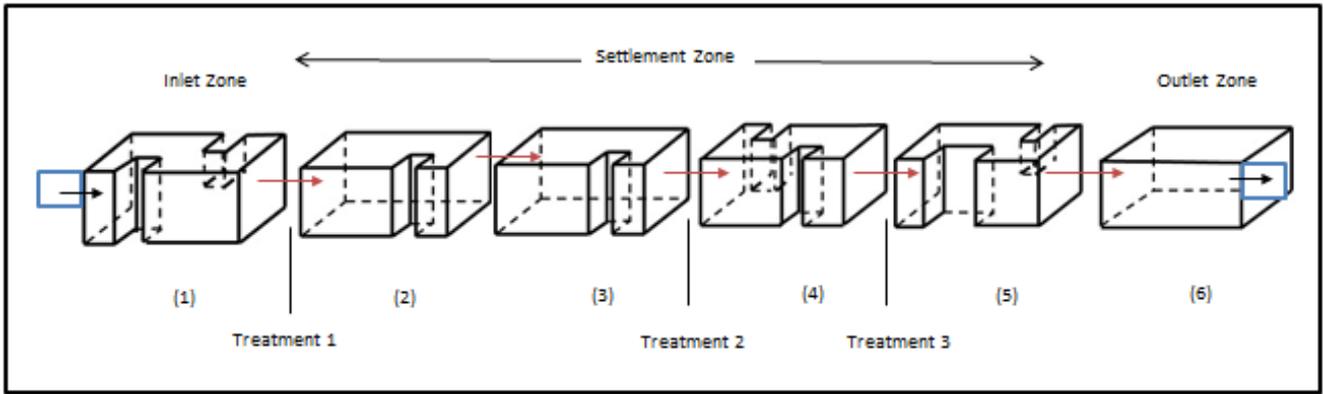
METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada settling pond Cendana di PT Hasnur Riung Sinergi, Kecamatan Lokpaikat, Kabupaten Tapin Provinsi Kalimantan Selatan. Adapun data-data yang dikumpulkan untuk memenuhi kebutuhan penelitian terdiri dari data konsentrasi dari Total Suspended Solid, Total Dissolved Solid, Fe, Mn, Cd dan nilai pH, serta data dimensi dari settling pond Cendana. Settling pond Cendana memiliki 6 kompartemen seperti pada Gambar-1. Data dimensi setiap kompartemen pada settling pond Cendana disajikan pada Tabel-1.

Untuk memenuhi kebutuhan data parameter kualitas air, dilakukan pengambilan sampel air pada setiap kompartemen. Metode pengambilan sampel air ini menggunakan metode sesaat (grab sampling), sampel air dimasukkan dalam botol sampel tertutup rapat untuk mengisolasi dari udara luar dengan masing-masing sampel sebesar 500 ml.

Pengambilan sampel air ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan secara fisik dari kondisi air pada setiap kompartemen dan juga untuk kebutuhan pengujian kualitas air pada kompartemen 1 dan kompartemen 6 dapat dilihat pada Gambar-2. Pada kompartemen 1 merupakan inlet zone atau tempat dimana air yang dialirkan dari sump masuk kedalam kompartemen 1, air yang masuk banyak mengandung lumpur sehingga air sampel cenderung keruh. Sehingga pada outlet kompartemen 1 dilakukan treatment yang pertama dengan menggunakan kapur dan tawas untuk mengendapkan lumpur. Kemudian pada kompartemen 2 merupakan settlement zone atau merupakan zona pengendapan lumpur setelah dilakukan treatment yang pertama, dengan sampel air pada kompartemen 2 masih terlihat keruh karena pemberian tawas dan kapur belum bekerja secara maksimal. Oleh karena itu pada outlet kolam pengendapan 3 dan outlet kolam pengendapan 4 dilakukan lagi treatment kedua dan ketiga dengan penambahan kapur dan tawas agar proses pengendapan lebih cepat dilakukan. Sehingga dapat dilihat pada kompartemen 5 dan kompartemen 6, air sampel yang diambil telah mengalami perubahan menjadi tidak keruh dan bersih.

Air sampel dari Settling Pond Pit Cendana Kompartemen 1 (inlet zone) memiliki nilai kualitas air TSS (Total Suspended Solid) 910 mg/L melebihi kadar maksimum dari Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 036 Tahun 2008 sebesar 200 mg/L, nilai TDS (Total Dissolved Solid) sebesar 66 mg/L, nilai kandungan logam Fe (besi) sebesar 3,11 mg/L (standarisasi maksimum 7 mg/L), nilai Mn (Mangan) sebesar 0,10 mg/L (standarisasi maksimum 4 mg/L), dan nilai Cd (Kadmium) sebesar <0,0019 mg/L (standarisasi maksimum 0,05 mg/L). Pada pengujian pH menggunakan pH meter didapatkan nilai sebesar 5,2. Air sampel dari Pintu Air Settling Pond Pit Cendana (outlet zone) memiliki nilai kualitas air TSS (Total Suspended Solid) 11 mg/L dibawah kadar maksimum dari Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 036 Tahun 2008 sebesar 200 mg/L, nilai TDS (Total Dissolved Solid) sebesar 110 mg/L, nilai kandungan logam Fe (besi) sebesar 0,26 mg/L (standarisasi maksimum 7 mg/L), nilai Mn (Mangan) sebesar 0,54 mg/L (standarisasi maksimum 4 mg/L), dan nilai Cd (Kadmium) sebesar <0,0019 mg/L (standarisasi maksimum 0,05 mg/L). Pada pengujian pH menggunakan pH meter didapatkan nilai sebesar 6,4. Dengan hasil dari pengujian sampel air dari inlet zone dan outlet zone pada Tabel-2.



Gambar-1 Sketsa *Settling Pond*

Tabel-1 Data Dimensi *Settling Pond*

Kompartemen Pond	pH	TSS (mg/l)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Tinggi (m)	P (m) (panjang komp + sekat)	Debit air (m ³ /s)
Kompartemen 1	6,57	3860	2155	6332	5,40	60,62	0,65
Kompartemen 2	6,37	2920	2308	6819	4,67	61,87	0,99
Kompartemen 3	5,39	1660	900	2700	3,76	36,92	0,90
Kompartemen 4	7,03	1240	2800	8351	5,97	69,54	0,91
Kompartemen 5	7,08	700	2700	6900	6,26	66,13	0,71
Kompartemen 6	7,06	140	2100	7018	7,16	38,23	1,37

Tabel-2 Hasil Uji Sampel Air pada *Settling Pond Inlet Zone dan Outlet Zone*

No	Parameter	Satuan	Lod	Hasil Pengujian No.Sampel Fr.2019.05.1506 (Inlet Zone)	Hasil Pengujian No.Sampel Fr.2019.05.1506 (Outlet Zone)	Kadar Maksimum*	Spesifikasi Metode
1.	pH	-	2	5,2	6,4	6-9	SNI 06-6989.11-2004
2.	TSS	mg/L	2	910	11	200	SNI 06-6989.3-2004
3.	TDS	mg/L	2	66	110	(-)	SNI 06-6989.27-2004
4.	Besi (Fe)	mg/L	0,048	3,11	0,26	7	SNI 6989.4-2009
5.	Mangan (Mn)	mg/L	0,010 9	0,10	0,54	4	SNI 6989.5-2009
6.	Kadmium (Cd)	mg/L	0,001 9	<0,0019	<0,0019	0,05	SNI6989.16-2009



Gambar-2 Sampel Air *Settling Pond*

HASIL DAN DISKUSI

Skema *Settling Pond* Cendana

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada sampel air di settling pond yang terletak pada pit Cendana, nilai total suspended solid (TSS) pada inlet zone sebesar 3860 mg/L dengan pH 6,57. Untuk mengatasi air dengan padatan terlarut yang tinggi meskipun nilai pH yang tidak terlalu rendah sehingga tidak ada masalah dengan air limbah yang mengandung asam, namun agar aman saat dialirkan ke aliran sungai, dilakukanlah pengolahan air atau treatment dengan menggunakan kapur dan tawas pada outlet zone kompartemen 1. Setelah dilakukan penambahan kapur dan tawas, pada kompartemen 2 dilakukan pengambilan sampel air dan pengujian total suspended solid dan pH dengan nilai yang didapatkan 6,37 untuk pH, dan 2920 mg/L untuk TSS. Dapat dilihat penggunaan kapur dengan tawas sudah mulai melakukan reaksi terhadap pengendapan TSS, dengan nilai yang mulai menurun.

Pada kompartemen 3 dilakukan kembali pengambilan sampel air dan kemudian dilakukan pengujian, dan nilai TSS yang lebih menurun sebesar 1660 mg/L, tetapi nilai pH turun menjadi 5,39. Untuk mempercepat reaksi pengendapan TSS dan menaikkan nilai pH, ditambahkan kapur dan tawas kembali pada outlet kompartemen 3. Pada kompartemen 4 dilakukan pengujian air sampel dengan nilai yang didapatkan yaitu, nilai TSS turun sebesar 1240 mg/L dan nilai pH kembali naik menjadi 7,03, yang berarti reaksi dari kapur dan tawas untuk mengendapkan padatan terlarut yang dikandung air limbah tambang dan menaikkan nilai pH dibantu dengan aliran air yang mengalir setiap kompartemen. Untuk mempercepat reaksi pengendapan TSS agar sesuai dengan baku mutu air (PerGub KalSel No. 036 Tahun 2008), ditambahkan kapur dan tawas kembali pada outlet kompartemen 4.

Pada kompartemen 5 diambil kembali sampel air untuk dilakukan pengujian untuk mengecek reaksi dari pemberian kapur dan tawas. Nilai total suspended solid menjadi semakin turun sebesar 700 mg/L dan pH menjadi 7,08. Dimana pemberian kapur dan tawas banyak bereaksi terhadap karakteristik air pada air limbah yang mengalir terutama pH dan padatan terlarut atau biasa disebut total suspended solid (TSS). Dan yang terakhir pengecekan pada kompartemen 6 sebagai outlet zone dimana tempat pengendapan serta pengecekan terakhir sebelum dialirkan menuju sungai melalui V-Notch. Sampel air pada kompartemen 6 diambil dan diuji untuk mengetahui nilai akhir dari pH dan nilai TSS, nilai akhir yang didapatkan pH sebesar 7,06 dan nilai total suspended solid (TSS) atau padatan terlarut sebesar 140 mg/L. Nilai akhir dari pH dan TSS telah memenuhi syarat baku mutu air (PerGub KalSel No. 036 Tahun 2008), dimana pada peraturan tersebut nilai pH sebesar 6-9 dan nilai TSS maksimal 200 mg/L, yang artinya air limbah telah siap untuk dialirkan menuju sungai yang digunakan oleh warga sekitar perusahaan.

Pada penelitian ini untuk lebih membuktikan lagi sampel air di settling pond kompartemen 1 (inlet zone) dan kompartemen 6 (outlet zone) dilakukan pengujian kualitas air di Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Banjarbaru. Hasil dari pengujian tersebut yaitu pada kompartemen 1 nilai TSS (total suspended solid) sebesar 910 mg/L dan nilai pH 5,2. Pada kompartemen 6 nilai TSS (total suspended solid) turun

menjadi 11 mg/L dan nilai pH menjadi sebesar 6,4. Dari pengujian tersebut membuktikan bahwa pada kompartemen 1 sebagai inlet zone memiliki nilai TSS yang tinggi, tetapi apabila dibandingkan dengan saat dilakukan pengujian di perusahaan tersebut nilai TSS memang jauh lebih besar yang diakibatkan dari perlakuan terhadap sampel air yang diambil. Dan dari pengujian tersebut membuktikan juga bahwa pada kompartemen 6 nilai TSS (total suspended solid) turun setelah dilakukan pengolahan air atau treatment dengan menggunakan kapur dan tawas.

Detention Time (Waktu Pengendapan)

[8] Pada rancangan kolam pengendap hal yang pertama perlu ditentukan adalah fungsi dari kolam pengendap tersebut, apakah hanya untuk mengendalikan kualitas air tambang terhadap parameter TSS atau juga berfungsi sebagai kolam retensi untuk mengendalikan debit. Rancangan kolam pengendap didasarkan pada kondisi pengendapan yang ideal dimana waktu retensi (Tr dalam satuan jam) atau biasanya disebut dengan *detention time* atau waktu tinggal ditentukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan partikel untuk mengendap didalam kolam dan melewati kolam. Waktu yang dibutuhkan untuk mengendap didalam kolam diperoleh berdasarkan volume air dan debit aliran yang masuk ke dalam kolam pada setiap kompartemen. Rancangan kolam pengendap didasarkan pada kondisi pengendapan yang ideal dimana waktu retensi (Tr dalam satuan jam), yang dinyatakan dalam Persamaan (1).

$$Tr = V/Q \quad (1)$$

[1] Dimana Tr adalah waktu retensi atau waktu pengendapan yang dinyatakan dalam jam, V merupakan volume air pada kolam pengendapan (m^3), Q adalah debit aliran pada kolam pengendapan (m^3) (Gautama, 2014). Pada hasil pengolahan data dari waktu yang diperlukan untuk mengendapkan material, didapatkan hasil waktu pengendapan yang bervariasi pada setiap kompartemen di settling pond dapat dilihat pada Tabel-3, dengan total volume volume sebesar $38.120 m^3$, waktu tinggal atau detention time yang diperlukan untuk mengendapkan partikel secara total yaitu 728,83 menit atau selama 12 jam 16 menit.

Bilangan Reynold dan Bilangan Froude

[9] Pengendapan merupakan proses pemisahan partikel kasar dan partikel tersuspensi yang terkandung dalam air, dengan cara melewatkan air pada suatu kolam pengendapan dengan waktu tinggal tertentu. Faktor-faktor lain yang juga mempengaruhi proses pengendapan adalah debit aliran, kecepatan aliran, bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran. Karakteristik aliran diketahui dari nilai Bilangan Reynolds dan Froude.

Penerapan Bilangan Reynolds pada unit prasedimentasi menunjukkan korelasi bahwa fungsi Bilangan Reynolds adalah untuk menunjukkan kondisi aliran pada unit prasedimentasi apakah laminar atau turbulen. Kondisi aliran yang laminar diharapkan terjadi di unit prasedimentasi karena keadaan aliran yang turbulen dapat menurunkan efisiensi kerja unit prasedimentasi. Untuk mengetahui jenis aliran prasedimentasi dapat ditentukan dengan menggunakan Bilangan Reynold yang dapat dihitung menggunakan Persamaan (2).

Tabel-3 Detention Time Setiap Kompartemen di *Settling Pond*

Kompartemen	Volume (m ³)	Debit (m ³ /menit)	Detention Time (menit)	Detention Time (jam)
Kompartemen 1	6332	58,99	107,34	2 jam 44 menit
Kompartemen 2	6819	59,11	115,37	1 jam 56 menit
Kompartemen 3	2700	54,20	49,81	50 menit
Kompartemen 4	8351	54,70	152,67	2 jam 33 menit
Kompartemen 5	6900	42,48	162,42	2 jam 43 menit
Kompartemen 6	7018	82,10	85,48	1 jam 26 menit

$$Re = (v \cdot R)/U \tag{2}$$

Dimana v adalah kecepatan aliran (m/detik), g adalah percepatan gravitasi (m²/detik), U merupakan viskositas kinematic air (m²/detik) dan R adalah jari-jari hidrolis (m) merupakan rasio luas penampang melintang saluran dengan keliling basah, dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3).

$$R = (B \times H)/(B + 2H) \tag{3}$$

Dimana B merupakan lebar kolam pengendapan (m) dan H adalah kedalaman aliran pada kolam pengendapan (m). Kategori aliran untuk saluran terbuka menurut Bilangan Reynold adalah Aliran Laminer $Re < 500$, Aliran Transisi $500 < Re < 1000$ dan Aliran Turbulen $Re > 1000$. Pada hasil pengolahan data dari Bilangan Reynold menghasilkan Bilangan Reynold yang bervariasi dengan nilai < 500 pada semua kompartemen yang dikategorikan kedalam jenis aliran laminar.

[10] Bilangan Froude terkait dengan kondisi aliran apakah, subkritis, kritis, atau superkritis. Berdasarkan pengaruh gaya tarik bumi aliran dibedakan menjadi aliran subkritis, kritis, dan super kritis. Penerapan pada unit prasedimentasi menunjukkan bahwa bilangan Froude dapat menunjukkan apakah terjadi aliran pendek atau tidak pada unit prasedimentasi.

Unit prasedimentasi dirancang sedemikian rupa agar mampu memenuhi Bilangan Reynolds dan Froude, sehingga tercapai keadaan aliran yang sebaik mungkin untuk mendukung proses pengendapan. Berdasarkan pengaruh gaya tarik bumi aliran dibedakan menjadi aliran subkritis dengan bilangan Froude < 1 , kritis dengan bilangan Froude $= 1$, dan superkritis dengan bilangan > 1 . Ketiga aliran ini dapat diketahui melalui nilai bilangan Froude (Fr).

$$Fr = v/\sqrt{(g \cdot d)} \tag{4}$$

Dimana v adalah kecepatan aliran (m/detik), g merupakan percepatan gravitasi (m²/detik), dan d merupakan kedalaman aliran (m). Setelah dilakukan perhitungan menggunakan persamaan Bilangan Froude, dengan kecepatan aliran, debit aliran dan panjang aliran yang berbeda pada setiap kompartemen. Bilangan Froude pada semua kompartemen menghasilkan angka $Fr < 1$ dan lebih dari 10^{-5} , dengan rata-rata bilangan Froude 0,0241 dan jenis alirannya rata-rata aliran subkritis. Hasil perhitungan Bilangan Reynold dan Bilangan Froude dapat dilihat pada Tabel-4.

Kriteria umum unit sedimentasi berdasarkan SNI 6774:2008 bak persegi (aliran horizontal), kedalaman kolam pengendap yang menjadi acuan yaitu 3 – 6 meter, dan pada kedalaman settling pond di setiap kompartemen di PT Hasnur Riung Sinergi, kompartemen 1 sebesar 5,40 m,

kompartemen 2 sebesar 4,67 m, kompartemen 3 sebesar 3,76 m, kompartemen 4 sebesar 5,97 m, kompartemen 5 sebesar 6,26 m, dan kompartemen 6 sebesar 7,16 m. Jadi dapat dilihat pada kompartemen 1 sampai dengan kompartemen 5 dikatakan sesuai dengan acuan dari kriteria unit pengendap karena kedalamannya tidak kurang dari 3 meter dan tidak lebih dari 6 meter, sedangkan pada kompartemen 6 kedalamannya lebih dari 6 meter dikarenakan pada kompartemen 6 merupakan outlet zone atau zona keluaran dari air yang telah dilakukan pengolahan kompartemen 6 tidak menampung air terlalu lama, unit sedimentasi di atau kolam pengendapan kompartemen 6 dapat dikatakan aman. Berdasarkan perhitungan dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian diatas mengenai waktu pengendapan, karakteristik aliran berdasarkan perhitungan bilangan Reynold dan bilangan Froude, pada Tabel-5 dapat dilihat hasil keseluruhannya dan disesuaikan dengan ketentuan dari SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air yang mengatur tentang ketentuan bak sedimentasi kolam pengendap pada Tabel-6.

Untuk kriteria umum unit sedimentasi bak persegi (aliran horizontal) berdasarkan SNI 6774:2008, bilangan Reynold yang menjadi acuan yaitu < 2000 . Dan pada kompartemen 1 bilangan Reynold sebesar 241,52, kompartemen 2 sebesar 159,57, kompartemen 3 sebesar 141,11, kompartemen 4 sebesar 161,83, bilangan Reynold kompartemen 5 sebesar 336,18 dan pada kompartemen 6 sebesar 289,49. Jadi pada unit sedimentasi settling pond Cendana telah memenuhi kriteria umum bak persegi (aliran horizontal), yang bilangan Reynold tidak melebihi angka < 2000 .

Sedangkan pada kriteria umum unit sedimentasi bak persegi (aliran horizontal) berdasarkan SNI 6774:2008, bilangan Froude yang menjadi acuan yaitu $> 10^{-5}$. Dan pada kompartemen 1 bilangan Reynold sebesar 0,0333, kompartemen 2 sebesar 0,0308, kompartemen 3 sebesar 0,0219, kompartemen 4 sebesar 0,0324, bilangan Reynold kompartemen 5 sebesar 0,0131 dan pada kompartemen 6 sebesar 0,0132. Jadi pada unit sedimentasi settling pond Cendana telah memenuhi kriteria umum bak persegi (aliran horizontal), yang bilangan Froude tidak melebihi angka $> 10^{-5}$.

Dari hasil perhitungan unit sedimentasi *settling pond* Cendana dapat dikatakan telah sesuai dengan ketentuan pada unit sedimentasi bak pengendap SNI 6774:2008, dengan jenis bak persegi (aliran horizontal). Dari syarat berdasarkan kedalaman kolam pengendapan, lebar dan panjang kolam pengendap, waktu tinggal (detention time), Bilangan Reynold dan Bilangan Froude.

Tabel-4. Hasil Perhitungan Bilangan Reynold dan Froude

Kompartemen Pond	Lebar Kolam Pengendapan (m)	Kedalaman Aliran (m)	Kecepatan Aliran (m/s)	Jari-jari Hidrolis (m)	Luas Saluran (m ²)	Debit aliran (m ³ /detik)	Viskositas kinematik air (m ² /detik)	Bilangan Reynolds	Jenis Aliran	Bilangan Froude	Jenis Aliran
Kompartemen 1	46,5	0,58	0,379	0,566	2,59	0,98	0,887 x 10 ⁻³	241,52	Aliran Laminer	0,0333	Aliran Subkritis
Kompartemen 2	41,65	0,49	0,296	0,479	3,33	0,99	0,887 x 10 ⁻³	159,57	Aliran Laminer	0,0308	Aliran Subkritis
Kompartemen 3	28,5	0,55	0,236	0,530	3,82	0,9	0,887 x 10 ⁻³	141,11	Aliran Laminer	0,0219	Aliran Subkritis
Kompartemen 4	48,3	0,48	0,305	0,471	2,98	0,91	0,887 x 10 ⁻³	161,83	Aliran Laminer	0,0324	Aliran Subkritis
Kompartemen 5	48,7	1,1	0,283	1,052	2,49	0,71	0,887 x 10 ⁻³	336,18	Aliran Laminer	0,0131	Aliran Subkritis
Kompartemen 6	55,6	1,02	0,261	0,984	5,24	1,37	0,887 x 10 ⁻³	289,49	Aliran Laminer	0,0132	Aliran Subkritis

Tabel-5 Hasil Perhitungan Kriteria Unit Sedimentasi (kolam pengendap) *Settling Pond* Cendana

Settling Pond	Kedalaman (m)	Lebar dan Panjang (m)	Waktu Tinggal	Bilangan Reynold	Bilangan Froude
Kompartemen 1	5,40	60,62	2 jam 44 menit	241,52	0,0333
Kompartemen 2	4,67	61,87	1 jam 56 menit	159,57	0,0308
Kompartemen 3	3,76	36,92	50 menit	141,11	0,0219
Kompartemen 4	5,97	69,54	2 jam 33 menit	161,83	0,0324
Kompartemen 5	6,26	66,13	2 jam 43 menit	336,18	0,0131
Kompartemen 6	7,16	38,23	1 jam 26 menit	289,49	0,0132

Tabel-6. Kriteria Umum Kolam Pengendapan Berdasarkan SNI 6774:2008

Kriteria Umum	Kriteria Umum Berdasarkan SNI 6774:2008				
	Bak persegi (aliran horizontal)	Bak persegi aliran vertical (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar (aliran vertical-radial)	Bak bundar (kontak padatan)	Clarifier
Kedalaman (m)	3 – 6	3 - 6	3 - 5	3 - 6	0,5 – 1,0
Lebar dan Panjang (m)	>1/5	-	-	-	-
Waktu Tinggal (Jam)	1,5 - 3	0,07	1 - 3	1 - 2	2 – 2,5
Bilangan Reynold	<2000	<2000	-	-	<2000
Bilangan Froude	>10 ⁻³	>10 ⁻³	-	-	10 ⁻⁵

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Kualitas air di *settling pond* berdasarkan KepMenLH No.113 Tahun 2003, yaitu:
 - a. Pada *inlet zone* yang letaknya di kompartemen 1 *settling pond* nilai pH 5,2, nilai *Total Suspended Solid* (TSS) 910, untuk nilai logam Fe (Besi) sebesar 3,11, logam Mn (Mangan) 0,10, dan untuk logam Cd (Cadmium) sebesar <0,0019.
 - b. Pada *outlet zone* yang letaknya di kompartemen 6 *settling pond* nilai pH 6,4, nilai *Total Suspended Solid* (TSS) 11, untuk nilai logam Fe (Besi) sebesar 0,26, logam Mn (Mangan) 0,54, dan untuk logam Cd (Cadmium) sebesar <0,0019.
2. Waktu yang diperlukan untuk mengendapkan material pada *settling pond* secara keseluruhan yaitu selama 728,83 menit atau selama 12 jam 16 menit.
3. Pengaruh dari jenis aliran yang berdasarkan perhitungan bilangan Reynold dan bilangan Froude, yaitu:
 - a. Pengaruh jenis aliran berdasarkan perhitungan bilangan Reynold dengan nilai terendah sebesar 141,11 dan bilangan Reynold dengan nilai tertinggi sebesar 336,18, dengan jenis aliran laminar, yang artinya kecepatan aliran rendah dan pengaruh dari viskositas air, sehingga membantu proses pengendapan partikel lebih cepat.

- b. Pengaruh jenis aliran berdasarkan perhitungan bilangan Froude dengan nilai terendah sebesar 0,0131 dan bilangan Froude dengan nilai tertinggi sebesar 0,0324 dengan jenis aliran Subkritis, yang artinya kecepatan aliran rendah dan pengaruh dari gaya gravitasi, sehingga membantu proses pengendapan partikel lebih cepat.
- c. Unit sedimentasi (kolam pengendapan) pada perusahaan telah memenuhi standar umum sesuai dengan SNI 6774:2008.

Adapun saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini dari masing-masing parameter baku mutu yang sesuai dengan KepMenLH No.113 Tahun 2003, untuk diteliti lebih lanjut agar data yang didapatkan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. S. Gautama, *Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang*. Bandung: ITB, 2014.
- [2] D. J. Putra, *et al.*, “Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Batubara pada Pit Bravo PT Pro Sarana Cipta,” *Jurnal Geosapta*, vol. 4, no. 01, 2018.
- [3] K. S. Putri, *et al.*, “Kajian Teknis Sistem Penirisan Tambang Terbuka Batubara,” *Jurnal GEOSAPTA*, vol. 2, no. 1, 2017.

- [4] A. Islamiaty, *et al.*, "Evaluasi Sistem Penyaliran Tambang Pada PT Akbar Mitra Jaya Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan," *Jurnal Himasapta*, vol. 6, no. 3, pp. 127-132, 2022.
- [5] M. U. Batubara, and U. Saismana, "Kajian Teknis Sistem Penyaliran dan Penirisan Tambang Pit 4 PT Darma Henwa Site Asam-asam," *Jurnal Himasapta*, vol. 2, no. 03, 2019.
- [6] A. Sagar, *et al.*, "PERENCANAAN SISTEM PENYALIRAN TAMBANG PIT 35 PT MULTI HARAPAN UTAMA BLOK TELUK DALAM OPERATION," *J. Geosapta*, vol. 2, no. 2, 2016.
- [7] R. Rizali, *et al.*, "Evaluasi Volume Tampung Dari Sump Dengan Persamaan Water Balance," *Jurnal Himasapta*, vol. 1, no. 01, 2019.
- [8] R. S. Gautama, *Pertambangan dan Lingkungan: Jejak Penelitian dan Pemikiran*, Bandung: ITB, 2014.
- [9] S. Nuranto, "Pengaruh Debit Aliran Terhadap Pengendapan Partikel Pada Kolam Sedimentasi," *Media Teknik*, No. 1 Tahun XXVII Edisi Februari 2005 No. ISSN 0216-3012, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada, 2005.
- [10] Wahyudi, "Drainase Perkotaan Hidraulika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulic)," *Laporan Penelitian Hidraulika*, Palangkaraya: Universitas Muhammadiyah Palangkaraya, 2013.

