Perencanaan *settling pond* 6RA pada area disposal PT Adaro Indonesia Kabupaten Tabalong provinsi Kalimantan Selatan

Planning for setting pond 6RA in the disposal area of PT Adaro Indonesia, Tabalong district, South Kalimantan province

Iesa Fitri Wandari, Karina Shella Putri*, Ahmad Ali Syafi'i
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
JL. A. Yani KM 35,5 Banjabaru 70714. Telp 0856-5123-6126
e-mail: *karinashella@ulm.ac.id

ABSTRAK

Pertambangan adalah proses mengambil bahan alam dari bawah permukaan tanah untuk digunakan secara ekonomis di atas permukaan. Mencakup penelitian, eksploitasi, dan pengelolaan mineral atau batubara, termasuk tahap penyelidikan, eksplorasi, studi kelayakan, pembangunan, ekstraksi, pengolahan, pemurnian, transportasi, penjualan, dan kegiatan pasca-tambang. Kegiatan pertambangan merupakan salah satu sektor industri yang memiliki peran penting dalam perekonomian, baik di tingkat nasional maupun global. Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan yang jatuh dalam periode waktu yang relatif singkat, diukur dalam satuan seperti mm/jam, mm/menit, dan mm/detik. Besarnya curah hujan selama satu jam dihitung dengan menggunakan metode partial series, yang melibatkan data curah hujan dalam periode satu jam. Intensitas curah hujan berkaitan dengan jumlah hujan yang terjadi dan berbanding terbalik dengan durasi waktu kejadian tersebut. Saat ini, PT Adaro Indonesia memiliki *settling pond* yang berada di sisi timur kaki disposal *overburden*. Kondisi *settling pond* tersebut dinyatakan sudah mulai jenuh oleh *mine infrastructure planning*. Sehingga dibutuhkan perencanaan pembuatan *settling pond* baru di lokasi yang berbeda. Perencanaan *settling pond* dibuat berdasarkan perhitungan kecepatan pengendapan dan debit air limpasan permukaan. Penentuan rekomendasi pembuatan desain *settling pond* dengan 4 kompartemen dan 1 *sedimen pond*.
Kata-kata kunci: Perencanaan, *Settling Pond*, Limpasan Permukaan.

ABSTRACT

Mining is the process of extracting natural resources from beneath the earth's surface for economic utilization. It involves research, exploitation, and management of minerals or coal, including the stages of investigation, exploration, feasibility studies, development, extraction, processing, refining, transportation, sales, and post-mining activities. As a vital industrial sector, mining contributes significantly to both national and global economies. An important aspect of mining operations is water management, particularly in relation to rainfall. Rainfall intensity represents the amount of precipitation within a short period, expressed in mm/hour, mm/minute, or mm/second. The one-hour rainfall intensity is commonly calculated using the partial series method, which analyzes rainfall data recorded during that period. Generally, rainfall intensity is proportional to precipitation volume and inversely related to the duration of rainfall events. At PT Adaro Indonesia, a settling pond is currently situated on the eastern side of the overburden disposal area. Based on infrastructure assessments, the pond has reached saturation and cannot function effectively. Therefore, a new settling pond must be designed at another location. The planning process incorporates calculations of particle settling velocity and surface runoff discharge. The proposed design recommends four compartments and one sediment pond to improve sedimentation performance and support sustainable mine water management.
***Key words**: Planning, Settling Pond, Surface Runoff.*

PENDAHULUAN

Settling pond merupakan struktur penting dalam operasi pertambangan untuk mengelola aliran air dan pengendalian sedimen. *Settling pond* dan kolam penampungan sementara sangat penting untuk mengelola aliran air dan sedimentasi di tambang terbuka [1] [2]. Desainnya didasarkan pada faktor-faktor seperti intensitas hujan, koefisien aliran, dan ukuran daerah tangkapan air [2] [3]. Proses desain melibatkan perhitungan debit aliran air, penentuan dimensi kolam, dan perencanaan jadwal pemeliharaan [3]. *Settling pond* umumnya terdiri dari beberapa kompartemen, termasuk zona inlet, pengendapan, lumpur, dan outlet [4]. Penempatan yang tepat mempertimbangkan topografi dan jarak ke saluran alami [4]. Di area pembuangan, desain *settling pond* harus memperhitungkan stabilitas lereng, karena adanya lapisan sedimen lemah dapat berpotensi menciptakan permukaan geser dan mengganggu integritas lereng [5]. Pemantauan rutin dan kemungkinan perancangan ulang geometri lereng mungkin diperlukan untuk menjaga stabilitas area pembuangan [5]. Perencanaan pembuangan jangka panjang melibatkan penentuan lokasi, kapasitas, dan rute transportasi untuk tumpukan dalam dan luar tambang [6]. Dalam konteks regulasi, pemerintah Indonesia melalui berbagai peraturan lingkungan hidup telah menetapkan standar baku mutu air yang harus dipatuhi oleh industri pertambangan. Implementasi *settling pond* yang baik merupakan salah satu cara untuk memenuhi ketentuan ini dan menghindari sanksi atau penalti. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya berkontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang pengelolaan lingkungan, tetapi juga memiliki relevansi praktis bagi industri pertambangan dalam memenuhi tanggung jawab lingkungannya [7].

METODOLOGI

Penelitian ini terdiri dari lima tahapan yaitu persiapan, rumusan masalah, pengambilan data, pengolahan data dan analisis data.

Persiapan

Kegiatan penelitian ini terdiri dari empat tahapan yaitu tahap persiapan, tahap rumusan masalah, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, dan analisis data.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas pada penelitian skripsi ini adalah bagaimana desain *settling pond* yang mampu menangani air limpasan permukaan dari daerah disposal di PT Adaro Indonesia.

Pengambilan Data

Pengambilan data untuk pengujian *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan pengambilan sampel pada area *disposal* PT Adaro Indonesia.

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan bantuan *software* ArcGIS 10.8 untuk menentukan *catchmwent area* dan pembuatan peta, *software surfer* digunakan untuk menentukan arah aliran.

Teknik Analisis Data

a. Menentukan data curah hujan harian dalam kurun waktu tahunan dengan metode *Annual Maximum Series* (AMS).
b. Menghitung data curah hujan dengan menggunakan metode Log Person type III dan menentukan intensitas curah hujan menggunakan persamaan Mononobe.
c. Menghitung debit total air yang masuk yang berasal dari debit air limpasan permukaan.
d. Menghitung nilai TSS pada *inlet settling pond.*
e. Menghitung nilai *water balance.*
f. Menghitung dan menentukan dimensi *settling pond* rencana.

Keadaan Geologi

Sebagian besar wilayah PT Adaro Indonesia berada dalam Formasi Warukin yang tersusun dari batupasir kuarsa dan batulempung serta lapisan batubara yang berumur Miosen Tengah sampai Miosen Akhir. Sedangkan wilayah bagian barat yang mendominasi adalah Formasi Berai yang tersusun dari batugamping yang mengandung fosil foraminifera besar dan berada pada tahun Miosen awal. Batulempung yang telah mengalami proses pengerasan, pasir yang telah mengalami proses pengerasan, dan konglomerat yang terdiri dari berbagai material, termasuk batuan kapur lokal, terendapkan di daerah tropis laut dalam. Formasi ini terbentuk selama periode Kapur Akhir, ditandai oleh kandungan granit dan batugamping yang terdapat di dalamnya. Ketebalannya mencapai sekitar 2500 meter. Pasir kuarsa dan lempung dengan lapisan batubara, kadang-kadang diselingi dengan batugamping, mengandung fosil yang berasal dari periode Eosen. Batuan ini terbentuk dalam lingkungan sungai dan laut dangkal, dan memiliki ketebalan sekitar 750 meter. Batugamping yang mengandung fosil foraminifera besar, menandakan umur Oligosen hingga awal Miosen, dengan sisipan batu napal. Batuan ini terbentuk di lingkungan neritik dan memiliki ketebalan sekitar 1000 meter. Pasir kuarsa dan lempung dengan lapisan batubara terendapkan di lingkungan sungai dengan ketebalan sekitar 400 meter. Formasi ini memiliki umur antara Miosen Tengah hingga Miosen Akhir. Pasir kuarsa dengan butiran sedang yang terpisah secara tidak sempurna, konglomerat lepas dengan butiran kuarsa berukuran 1-3 cm, lempung lunak, dan kadang-kadang mengandung lignit dan limonit, terdapat di lingkungan sungai dengan ketebalan sekitar 250 meter. Formasi ini memiliki umur antara Pliosen hingga Pleistosen [8].

Siklus Hidrologi

Secara umum, air di bumi memiliki volume yang tetap, tetapi mengalami perubahan wujud sesuai dengan kondisi lingkungan tempatnya berada, membentuk siklus yang dikenal sebagai siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah proses berkelanjutan atau terus-menerus di mana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Air di permukaan tanah dan laut menguap ke udara sebagai uap air. Uap air ini kemudian naik ke atmosfer dan mengalami kondensasi, berubah menjadi titik-titik air yang membentuk awan. Titik-titik air ini kemudian jatuh ke permukaan laut dan daratan sebagai hujan [9].

Sebagian dari hujan yang jatuh akan diserap oleh tumbuhan sebelum mencapai permukaan tanah, sebuah proses yang disebut sebagai intersepsi. Sisa air hujan kemudian akan mencapai permukaan tanah, di mana sebagian akan meresap ke dalam tanah melalui proses yang disebut infiltrasi, sementara sisanya akan mengalir di atas permukaan tanah sebagai aliran permukaan atau *surface runoff*. Air yang terkumpul di cekungan tanah, danau, atau sungai kemudian akan mengalir menuju laut [10]. Presipitasi adalah curahan air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam berbagai bentuk, seperti hujan di daerah tropis atau curah hujan serta salju di daerah beriklim sedang. Infiltrasi adalah proses di mana sebagian atau seluruh curah hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan menembus pori-pori tanah. Curah hujan yang mencapai permukaan tanah dapat mengalir sebagai air limpasan permukaan atau meresap ke dalam tanah. Faktor-faktor yang memengaruhi infiltrasi termasuk sifat fisik tanah seperti ukuran butiran dan struktur tanah, vegetasi, kemiringan tanah, kelembaban tanah, dan suhu air. Evapotranspirasi adalah total jumlah air yang diuapkan kembali ke atmosfer dari permukaan tanah, air, dan vegetasi. Ini merupakan gabungan dari evaporasi (penguapan dari permukaan air terbuka) dan transpirasi (pengeluaran air melalui stomata pada tumbuhan). Faktor-faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi meliputi radiasi matahari, angin, suhu dan kelembaban relatif udara, jenis tumbuhan, dan jenis tanah [9].

Hidrologi

Air adalah elemen penting yang ada di bumi, diperlukan oleh semua bentuk kehidupan, termasuk manusia, tumbuhan, dan hewan. Kehidupan tanpa air tidak dapat terbayangkan. Studi yang berfokus pada air dikenal sebagai hidrologi. Asal-usul kata hidrologi berasal dari bahasa Yunani, di mana *hydro* berarti air dan *logia* berarti ilmu, yang secara harfiah diterjemahkan sebagai ilmu tentang air. Hidrologi adalah cabang ilmu yang mempelajari segala aspek air di Bumi, termasuk fase cair, padat, dan gas. Lingkup hidrologi mencakup karakteristik air, seperti sifat-sifatnya, pola penyebarannya, dan siklus hidrologi yang terjadi di seluruh permukaan bumi. Ilmu hidrologi merupakan bagian dari ilmu geografi yang fokus pada pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh planet, termasuk pemahaman siklus hidrologi dan pemanfaatan sumber daya air. Para ahli dalam bidang hidrologi, yang disebut hidrolog, biasanya beroperasi di ranah ilmu bumi, ilmu lingkungan, serta bidang teknik sipil dan teknik lingkungan. [11].

Curah Hujan

Curah hujan merujuk pada banyaknya air yang turun dan tinggal di atas permukaan tanah selama suatu periode, diukur dalam satuan tinggi (mm), yang tidak mengalami penguapan, infiltrasi, atau aliran di permukaan bumi jika tidak ada proses evaporasi. Satuan pengukuran curah hujan melibatkan milimeter dan inci, meskipun di Indonesia, umumnya menggunakan satuan milimeter. Hujan adalah peristiwa di mana tetes air jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi. Ini merupakan bagian dari siklus air di planet ini. Secara alternatif, hujan dapat diartikan sebagai peristiwa presipitasi, di mana cairan dari atmosfer, baik berwujud cair maupun beku, jatuh ke permukaan bumi. Keberadaan lapisan atmosfer yang cukup tebal diperlukan agar hujan dapat terjadi pada suhu di atas titik leleh es, baik dekat maupun di atas permukaan bumi [12].

Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan yang jatuh dalam periode waktu yang relatif singkat, diukur dalam satuan seperti mm/jam, mm/menit, dan mm/detik. Besarnya curah hujan selama satu jam dihitung dengan menggunakan metode *partial series*, yang melibatkan data curah hujan dalam periode satu jam. Intensitas curah hujan berkaitan dengan jumlah hujan yang terjadi dan berbanding terbalik dengan durasi waktu kejadian tersebut. Dalam pengukuran curah hujan, satuan milimeter mengindikasikan jumlah hujan yang terakumulasi pada suatu area dengan luas $1m^2$ dan ketinggian 1 mm [13].

Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Daerah tangkapan hujan (*catchment area*) adalah wilayah permukaan yang ketika hujan terjadi menyebabkan air hujan mengalir ke daerah yang lebih rendah menuju titik pengaliran. Air yang jatuh ke permukaan akan sebagian meresap ke dalam tanah (infiltrasi), sebagian ditahan oleh tumbuhan (intersepsi), dan sebagian lagi akan mengisi liku-liku permukaan bumi dan mengalir ke lokasi yang lebih rendah. Daerah tangkapan hujan dapat menyebabkan air limpasan permukaan (*run off*) mengalir ke daerah penambangan yang lebih rendah. Batasan catchment area dapat ditentukan dengan membatasi wilayah *pit limit* penambangan, sementara daerah di luar areal penambangan tidak dianggap sebagai bagian dari *catchment area* [14].

Debit Air Limpasan

Run off atau air limpasan merujuk pada semua air yang mengalir sebagai akibat hujan, mengalir dari lokasi yang lebih tinggi ke lokasi yang lebih rendah tanpa memperhatikan jalur atau sumbernya sebelum mencapai saluran. Untuk Mengetahui nilai debit air limpasan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus rasional dengan menggunakan data koefisien limpasan, intensitas hujan, dan *catchment area*.

Saluran Terbuka

Saluran yang membawa air dengan permukaan bebas disebut sebagai saluran terbuka. Saluran dapat diklasifikasikan sebagai saluran alami (yang terjadi secara alami) dan saluran buatan (yang dibuat oleh manusia). Pemilihan bentuk penampang saluran air biasanya didasarkan pada debit air, jenis material pembentuk saluran, dan kemudahan konstruksi. Penampang saluran air umumnya dipilih berdasarkan debit air, tipe material pembentuk saluran, dan kemudahan konstruksinya. Penampang segi empat atau segitiga sering digunakan untuk debit air yang kecil, sedangkan penampang trapesium umumnya digunakan untuk debit yang lebih besar. Salah satu bentuk penampang yang paling umum dan sering digunakan adalah bentuk trapesium. Bentuk ini dipilih karena mudah dalam pembuatannya, ekonomis, efisien, mudah dalam perawatan, dan stabilitas kemiringannya dapat disesuaikan dengan kondisi topografi dan geologi [15].

Kolam Pengendapan (*Settling Pond*)

Kolam pengendapan (*settling pond*) yang digunakan dalam konteks penambangan adalah wadah yang dirancang khusus untuk menampung dan mengendapkan partikel yang terdapat dalam air limpasan yang berasal dari area penambangan atau area sekitarnya. Air yang telah mengalami proses pengendapan kemudian akan dialirkan menuju tempat pembuangan seperti sungai, rawa, danau, atau lokasi lain yang telah ditentukan [16]. Bentuk kolam pengendapan (*settling pond*) biasanya digambarkan secara sederhana sebagai kolam berbentuk empat persegi panjang, namun sebenarnya bentuk tersebut dapat bervariasi sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan. Meskipun demikian, pada setiap *settling pond*, terdapat empat zona penting yang terbentuk sebagai akibat dari proses pengendapan material padatan.

Settling pond dibagi menjadi empat zona pengendapan, yaitu:

a. Zona masukan (*inlet zone*): Merupakan zona di mana air limpasan yang masih mengandung material padatan masuk ke dalam *settling pond*.

b. Zona pengendapan (*settlement zone*): Tempat di mana material padatan yang terbawa oleh air limpasan akan mengendap.
c. Zona endapan lumpur (*sediment zone*): Tempat di mana material yang tercampur dengan air mengalami proses sedimentasi.
d. Zona keluaran (*outlet zone*): Tempat di mana air keluar dari *settling pond*. Pada zona ini, air telah mencapai kondisi sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan.

Tabel-1 Pembagian Kelas Sedimen

Kelas	**Ukuran (mm)**
Batu Sangat Besar	2000 – 4000
Besar	1000 – 2000
Sedang	500-1000
Kecil	250 – 500
Kerakal besar	130 – 250
Kecil	64 – 130
Kerikil sangat kasar	32 – 64
Kasar	16 – 32
Sedang	8 – 16
Halus	4 – 8
Sangat halus	2 – 4
Pasir sangat kasar	1 – 2
Kasar	0,5 – 1
Sedang	0,25 – 0,5
Halus	0,125 – 0,25
Sangat halus	0,062 – 0,125
Debu kasar	0,031 – 0,062
Sedang	0,016 – 0,031
Halus	0,008 – 0,016
Sangat halus	0,004 – 0,008
Liat kasar	0,002 – 0,004
Sedang	0,001 – 0,002
Halus	0,0005 – 0,001
Sangat halus	0,00024 – 0,0005

HASIL DAN PEMBAHASAN

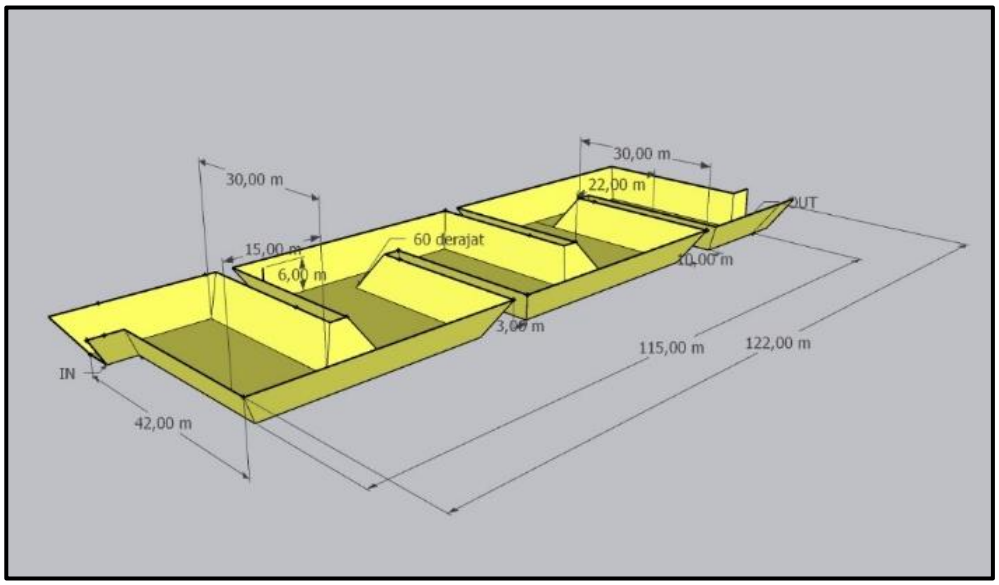
Perhitungan limpasan permukaan didapatkan berdasarkan nilai *catchment area* sebesar 3015 ha, intensitas curah hujan sebesar 129,86 mm/hari, dan koefisien limpasan sebesar 0,9 dengan hasil debit sebesar 3.523.751 m^3/hari. Dalam permbuatan desain *settling pond* selain memperhitungkan air limpasan permukaan juga memperhitungkan volume endapan dengan hasil volume total air yang akan masuk ke *settling pond* rencana sebesar 2.114 m^3/hari. Desain *settling pond* yang dibuat tidak hanya mengakomodir volume total air yang masuk namun juga mempertimbangkan kemampuan dalam pengendapan partikel bawaan dari air limpasan permukaan yang mana dalam hal ini kecepatan pengendapan yang diperoleh adalah 0,00008 m/detik. Berdasarkan nilai limpasan permukaan dan kecepatan pengendapan, didapatkan luas *settling pond* 5.124 m^2. Selanjutnya adalah pembuatan desain *settling pond* dengan menyesuaikan debit air yang akan masuk perharinya dengan 4 kompartemen dan 1 sedimen *pond* dengan dimensi satuan kompartemen berbentuk trapesium dengan panjang atas keseluruhan 122 m, panjang bawah keseluruhan 115 m, dan panjang satuan kompartemen 42 m, lebar atas 22 m, lebar bawah 15 m, kemiringan 60°, kedalaman 6 m, dengan lebar atas sekat antar kompartemen 3 m, dan lebar bawah sekat antar kompartemen 10 m dengan desain yang direncanakan pada elevasi 55 meter.

Tabel-2 Perhitungan Volume Endapan

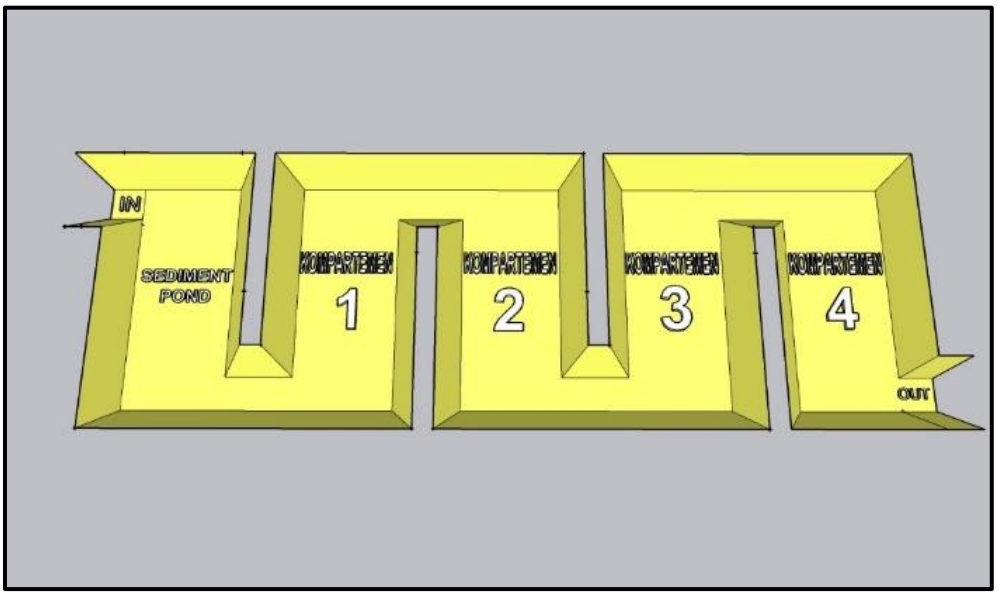
No.	Parameter	Simbol	Hasil	Satuan
1	Jumlah Line Masuk	line	1	
2	Volume Air (Masuk)	Q Masuk	3.523.751	m^3/hari
3	% Air	c	0,99	%
4	% Solid (Padatan)	s	0,0020667	%
5	Diameter Partikel Padatan	D	0,0000256	meter
6	Gravitasi Bumi	g	9,8	m/s^2
7	Berat Jenis Padatan	ρd	1.200	kg/m^3
8	Berat Jenis Air	ρa	1.000	kg/m^3
9	Viskositas Air	μ	0,00089	Nm/s
10	Massa Padatan	Mp	87.389	kg/detik
11	Massa Cairan	Mc	3.516.468	kg/detik
12	Volume Padatan	Vp	0,05	m^3/detik
13	Volume Cairan	Vc	24,41	m^3/detik
14	Volume Total	Q	24,47	m^3/detik
15	Kecepatan Pengendapan	Vt	0,00008	m/detik
16	Volume Total Perhari	Q Total	2.114	m^3/hari

Tabel-3 Viskositas Air Terhadap Temperatur

Temperatur (˚C)	Viskositas (x 10-3 N.s/m2)
0	1,79 x 10-3
5	1,51 x 10-3
10	1,31 x 10-3
15	1,14 x 10-3
20	1,00 x 10-3
25	8,91 x 10-3
30	7,96 x 10-3
35	7,20 x 10-3
40	6,53 x 10-3
50	5,47 x 10-3
60	4,66 x 10-3
70	4,04 x 10-3
80	3,54 x 10-3
90	3,15 x 10-3
100	2,82 x 10-3



Gambar-1 Desain *settling pond*



Gambar-2. Pembagian Kompartemen

1. *Sediment pond* berfungsi sebagai tempat untuk menampung air ketika partikel dan pengotor lain di dalam air dan mengendap menjadi sedimen.
2. Kompartemen 1 sebagai *sediment trap* berfungsi sebagai tempat untuk pengendapan partikel yang masih ada setelah melalui pengendapan di *sediment pond*.
3. Kompartemen 2 sebagai *safety pond* yang berfungsi untuk menampung air sementara sebelum dilakukannya pengelolaan air dan material secara kimia.
4. Kompartemen 3 sebagai *treatment zone* berfungsi sebagai kolam untuk pengelolaan air dengan bahan kimia bertujuan untuk menurunkan nilai TSS.
5. Kompartemen 4 sebagai *mud pond* yang berfungsi sebagai tempat penampungan akhir partikel lumpur pada bagian dasar kolam dan air hasil pengelolaan pada *treatment zone* akan mengalir di bagian atas kolam.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan data curah hujan 25 tahun PT Adaro Indonesia, prediksi curah hujan yang direncanakan adalah 129,86 mm/hari.
2. *Catchment area* disposal rencana yang dibuat menggunakan *software* ArcGIS 10.8 adalah sebesar 3015 ha dibuat mengikuti arah pola aliran.
3. Debit air limpasan yang didapat sebesar 3.523.860 m^3, dengan memperhitungkan *catchment area* 3015 ha, intensitas curah hujan 129,86 mm/hari, dan koefisien limpasan dengan pemilihan daerah lahan terbuka tanpa tumbuhan atau daerah tambang dengan nilai 0,9.

4. Kecepatan pengendapan partikel 0,00008 m^3/detik dengan parameter yang diperhitungkan adalah diameter partikel 0,0000256 meter, gravitasi bumi 9,8 m/s^2, berat jenis lumpur 1200 kg/m^3, berat jenis air 1000 kg/m^3, dan viskositas air dengan tempertaur 25°C dengan nilai 0,00089 Nm/s.
5. Penentuan desain *settling pond* didasarkan dengan dimensi rencana dengan panjang atas keseluruhan 122 m, panjang bawah keseluruhan 115 m, dan panjang satuan kompartemen 42 m, lebar atas 22 m, lebar bawah 15 m, kemiringan 60°, kedalaman 6 m, dengan lebar atas sekat antar kompartemen 3 m, dan lebar bawah sekat antar kompartemen 10 m dengan desain yang direncanakan pada elevasi 55 meter dengan harapan air bisa mengalir dari elevasi yang lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di PT Adaro Indonesia diberikan saran yaitu:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan desain *settling pond* yang lebih efektif terhadap perubahan iklim dan kondisi lingkungan yang tidak menentu.
2. Diperlukan pengujian sampel air yang lebih banyak untuk parameter perhitungan debit air limpasan agar hasil yang lebih bervariatif.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Kahanajid, Y. ashari and N. F. Isniarno, "Perencanaan Kebutuhan Pompa dan Dimensi Temporary Sump guna Mengatasi Catchment Area Isolasi pada Sump Pit South Tutupan PT Adaro Indonesia, Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan," *Bandung Conference Series Mining Engineering,* vol. 5, no. 1, pp. 111-118, 2025.

[2] M. B. Bagariang, N. Sukmawatie, N. Fidayanti, F. Indrajaya and Saptawartono, "Analisis Dimensi Sttling Pondpada Area Kathryn BlokBlok Sorowako PT Vale Indonesia Tbk," *Jurnal Teknik Pertambangan (JTP),* vol. 25, no. 1, 2025.

[3] H. Syafnurhaq, A. Nirmala and R. Aprillia, "Perancangan Desain Settling Pond PT. XYZ Kabupaten Bengkayang," *Jurnal Teknologi Lahan Basah,* vol. 12, no. 4, pp. 1005-1015, 2024.

[4] B. Budiarto, S. R. P. Tinungki and L. Utamakno, "Rancangan Pemodelan Settling Pond pada Daerah Imkasu di PT. GAG Nikel, Pulau GAG, Kabupaten Raja Ampat, Papua Barat," *E-Journal ITATS,* 2020.

[5] M. Azmi, N. Nurhakim and R. N. Hakim, "Analisis Kestabilan Lereng Desain Disposal XYZ Tahun 2016 di Kabupaten Tabalong, Kalimantan Selatan," *Jurnal Himasapta,* vol. 1, no. 2, 2016.

[6] F. A. Y. Marit, N. Nurhakim and U. Saismana, "Perencanaan dan desain disposal untuk Pit Central dan Pit North Tutupan di PT Adaro Indonesia," *Jurnal Himasapta,* vol. 7, no. 1, pp. 51-54, 2022.

[7] R. Fitriyanti, "Pertambangan Batubara: Dampak Lingkungan, Sosial Dan Ekonomi," *Jurnal Redoks,* vol. 1, no. 1, pp. 34-40, 2016.

[8] R. Heryanto and P. Sanyoto, "Lingkungan Pengendapan Formasi Pembawa Batubara Warukin di Daerah Kandangan dan Sekitarnya, Kalimantan Selatan," *Pusat Survei Geologi,* vol. 23, no. 2, pp. 93-103, 2013.

[9] D. Panguriseng, Pengelolaan Air Tanah, Yogyakarta: Pena Indis Yogyakarta, 2018.

[10] B. Triatmodjo, Hodrologi Terapan, Yogyakarta: Beta Offset, 2008.

[11] A. Salsabila and I. L. Nugraheni, Pengantar Hidrologi, Lampung: Anugrah Utama Raharja, 2020.

[12] E. F. Hasyimzoem, A. Zakaria and S. Sumharni, "Perbandingan Analisis Data Curah Hujan Yang Hilang Menggunakan Metode Reciprocal, Normal Ratio , Dan Rata-Rata Aljabar (Studi Kasus : Curah Hujan Beberapa Stasiun Hujan Daerah Pringsewu)," *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain,* vol. 7, no. 1, pp. 155-162, 2019.

[13] R. N. Rahmani, S. Sobriyah and A. H. Wahyudi, "Transfirmasi Hujan Harian ke Hujan Jam-Jaman menggunakan Metode Mononobe dan Pengalihragaman Hujan Aliran (Studi Kasus di DAS Tirtomoyo)," *Jurnal Matriks Teknik Sipil,* vol. 4, no. 1, 2016.

[14] S. Y. Nifen, B. A. Kironoto and D. Luknanto, "Kajian Karakteristik DAS Untuk Daerah Tangkapan Hujan Waduk Sermo Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta," *Jurnal Media Teknik Sipil,* vol. 15, no. 1, pp. 56-62, 2017.

[15] A. S. Demun, Hidraulik Saluran Terbuka dengan Penggunaan Komputer, Kuala Lumpur: Penerbit UTM, 1997.

[16] L. Hidayat, "Pengelolaan Lingkungan Areal Tambang Batubara: Studi Kasus Pengelolaan Air Asam Tambang (Acid Mining Drainage) di PT. Bhumi Rantau Energi Kabupaten Tapin Kalimantan Selatan," *Jurnal ADHUM,* vol. 7, no. 1, pp. 44-52, 2017.