
RANCANGAN TEKNIS SISTEM PENYALIRAN *OPEN PIT* PENAMBANGAN TIMAH (STUDI KASUS PT MENARA CIPTA MULIA, KECAMATAN KELAPA KAMPIT, KABUPATEN BELITUNG TIMUR)

M.Sodiqin Utama Aji ^{a)}, Irvani, Delita Ega Andini

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung
(Balunijuk, Kabupaten Bangka, Provinsi Kep. Bangka Belitung)

^{a)} email korespondensi: ajie.ms75@gmail.com

ABSTRAK

PT Menara Cipta Mulia menggunakan metode *Open Pit* dalam melakukan kegiatan penambangan. Penggunaan metode *Open Pit* ini akan mengakibatkan lokasi kerja yang tidak teratur dan bentuk topografi yang bergelombang. Sehingga pada saat hujan sangat berpotensi menjadi tempat berkumpulnya air. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah merancang system penyaliran tambang dengan cara membuat *sump* dan dikeluarkan menggunakan pompa serta masuk ke dalam *settling pond* agar *front* kerja tambang tetap kering, metode penelitian ini menggunakan distribusi Gumbel untuk analisis data curah hujan harian maksimum di lokasi penelitian pada tahun 2007–2016 dan perhitungan intensitas curah hujan dengan persamaan Mononobe, sedangkan untuk periode ulang hujan diambil dengan periode ulang 5 tahun. Hasil penelitian di lapangan, *sump* yang ada memiliki kapasitas tampungan 231 m³ dan pompa yang ada memiliki kapasitas 102,96 m³/jam, sedangkan total air yang masuk ke tambang adalah 10.880,436 m³/hari. Berdasarkan analisa hidrologi diperoleh curah hujan rencana sebesar 360,411 mm/hari untuk periode ulang 5 tahun, sehingga menyebabkan terakumulasinya air pada lantai *pit* dengan volume total 10.880,436 m³/hari dengan durasi hujan berlangsung selama 2 jam. Luas *catchment area* sebesar 76.889,15 m². Perlu dilakukan perbaikan dimensi *sump* dengan kapasitas 6.346,9 m³ untuk menampung volume air di luar jam kerja (14 jam) dengan dimensi rekomendasi panjang atas 45m, panjang bawah 37m, lebar atas 40m, lebar bawah 32m, dan tinggi 4,5m. Air yang dipompakan menggunakan pompa Ebara dengan debit 0,066 m³/s didapatkan waktu pompa 46 jam atau 2 hari. Pipa yang digunakan yaitu pipa *polyethylene* dengan diameter 6 inch. Jumlah pipa yang digunakan pada *sump* yaitu 12 batang. Kolam pengendapan yang akan dibuat berbentuk zig-zag dan memiliki tiga kompartemen dengan panjang 25m, lebar 9m, dan tinggi 4 m.

Kata Kunci: analisa hidrologi, *sump*, pompa, *settling pond*

PENDAHULUAN

Sistem penyaliran tambang yang diterapkan pada PT Menara Cipta Mulia adalah system penyaliran *mine dewatering* yaitu membiarkan air tambang masuk ke lokasi penambangan untuk ditampung pada *sump* yang selanjutnya akan dikeluarkan menggunakan pompa menuju *settling pond*. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal yang dibantu dengan instalasi pipa. Pipa yang digunakannya yaitu pipa HDPE.

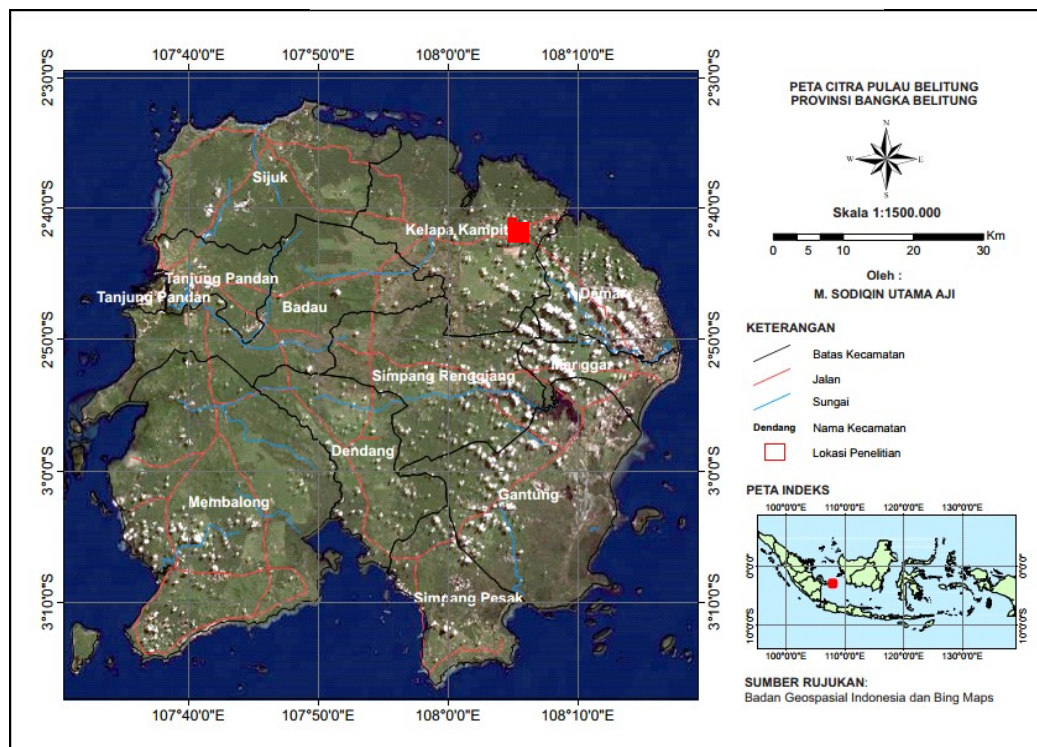
Kondisi kerja tambang merupakan lokasi penelitian yang sering terjadi hujan, sehingga air yang terakumulasi ke *sump* saat ini merupakan air yang berasal dari air hujan dan sebagian kecil berasal dari air rembesan. Kondisi *sump* yang digunakan saat ini tidak mampu menampung total volume air yang masuk ketika terjadi curah hujan yang tinggi, sehingga akan menimbulkan genangan air pada *front* kerja tambang.

Sasaran pada penyaliran tambang yaitu membuat lokasi kerja di *Front* penambangan selalu kering, karena

bila tidak terkontrol dengan baik akan menimbulkan beberapa masalah, diantaranya: 1) lokasi kerja yang becek dan licin, 2) peralatan tambang cepat rusak, 3) kesulitan mengambil contoh (*sampling*), 4) efisiensi kerja alat mekanis menurun, serta 5) mengancam kesehatan dan keselamatan kerja para pegawai. Berdasarkan permasalahan tersebut perlu adanya rancangan teknis system penyaliran tambang yang ada di *pit* penambangan,

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di penambangan *front* 1 PT Menara Cipta Mulia yang berada di Desa Senyubuk, Kecamatan Kelapa Kampit, Kabupaten Belitung Timur, dengan jarak ± 80 km dari pusat Kota Tanjung Pandan, Belitung. Secara geografis perusahaan ini terletak pada - 02°40'30" LS - -02°44'06" LS dan 108°01'30" BT - 108°08'06".



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Belitung Timur

Tinjauan Pustaka

Curah Hujan Rencana

Menurut Sayoga dan Suwandhi (2004), Curah hujan merupakan data utama dalam perencanaan kegiatan penyaliran air pada tambang terbuka. Pengolahan data ini menggunakan metode Gumbel. Perhitungan curah hujan rencana, sebagai berikut:

$$X_t = X + K \times S \quad (1)$$

Intensitas Curah Hujan

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1980), intensitas curah hujan adalah besarnya intensitas (jumlah) hujan yang mungkin terjadi dalam kurun waktu (mm) tertentu. Perhitungan dihitung dengan Persamaan Mononob dengan parameter durasi hujan per hari dan curah hujan maksimum, sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (2)$$

Catchment Area

Menurut (Yuana, 2016) *catchment area* adalah suatu areal atau daerah tangkapan hujan, dimana dapat mengakibatkan air limpasan permukaan (*run off*) yang mengalir dari elevasi tinggi ke suatu tempat (daerah penambangan yang lebih rendah).

Debit Air Limpasan

Menurut Budiarto (1997), air limpasan dipengaruhi oleh elemen meteorologi yang diwakili oleh curah hujan dan elemen daerah pengaliran yang menyatakan fisik dari

daerah pengaliran. Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1980), debit air limpasan dapat ditentukan menggunakan Persamaan Rasional. Bentuk umum persamaan Rasional ini sebagai berikut:

$$Q = C \times I \times A \quad (3)$$

Debit Air Tanah

Menurut Chow (1988), air merupakan hasil sirkulasi alamiah yang berlangsung terus menerus. Menurut Seyhan (1990), lebih dari 98% dari semua air di atas bumi tersembunyi di bawah permukaan dalam pori-pori batuan dan bahan-bahan butiran. Berikut Persamaan yang digunakan:

$$Q \text{ air tanah} = L \times \text{beda tinggi} \quad (4)$$

Debit Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah perpaduan dua proses yakni evaporasi dan transpirasi. Kombinasi dua proses yang terpisah dimana kehilangan air dari permukaan tanah melalui proses evaporasi dan kehilangan air dari tanaman melalui proses transpirasi (Todd, 1983). Salah satu persamaan yang digunakan adalah Persamaan Turc Langbein Wundt sebagai berikut:

$$E = \frac{P}{\left[0,9 + \left(\frac{P}{L(T)} \right) \right]^{0,5}} \quad (5)$$

Debit Total

Menurut Suwandhi (2004), debit total adalah debit air yang masuk ke tambang secara keseluruhan, perhitungan debit total merupakan penjumlahan dari debit limpasan yang ditambah dengan debit air tanah, serta dikurangi dengan debit evapotranspirasi sebagai berikut:

$$Q_{total} = R + S - ET \quad (6)$$

Sistem Penyaliran Tambang

Menurut Katam (1983), penyaliran tambang adalah bentuk upaya mencegah atau mengeluarkan air limpasan yang memasuki daerah sekitar tambang yang akan dapat mengganggu segala aktivitas kegiatan penambangan. Penanganan masalah air dalam sistem penambangan dapat dibedakan menjadi dua yaitu sistem penyaliran langsung (*mine dewatering*) dan (*mine drainage*) sistem penyaliran tidak langsung (Suhendra, 2015).

Kolam Penampungan (*sump*)

Menurut Suwandhi (2004), definisi kolam penampungan (*sump*) air yang berfungsi sebagai tempat penampungan air limpasan, yang dibuat sementara atau permanen sebelum air itu dipompakan keluar lokasi tambang. Persamaan volume *sump* dapat dicari dengan menggunakan persamaan volume trapesium dengan parameter seperti luas atas, luas bawah, dan kedalaman, sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{3} \times d \times (La + Lb + (La \times Lb)^{0.5}) \quad (7)$$

Waktu Pemompaan

Menurut Sularso dan Tahara (1983), pompa merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Hambatan penyaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan air pada pompa, perbedaan ketinggian, atau hamaibatan gesek sebagai berikut:

1. Head pompa

Menurut Sularso dan Tahara (1983), Head pompa adalah energi per-satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai kondisi instalasi pompa atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang. Menghitung Head total (Ht) dapat dilihat dari Persamaan 8, sebagai berikut:

$$Ht = Hs + Hv + Hf + HI \quad (8)$$

Kolam Pengendapan (*Settling Pond*)

Menurut Huisman (1977), bentuk kolam pengendapan berbentuk empat persegi panjang dan setiap kolam pengendapan akan selalu mempunyai empat zona penting diantaranya zona masukan, zona pengendapan, zona endapan lumpur, dan zona keluaran. Dalam menentukan dimensi kolam pengendapan dapat dilakukan perhitungan menggunakan pendekatan Hukum Stokes.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode deskriptif yang dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi studi literatur, observasi, pengumpulan dan pengelompokan data, pengolahan data, analisis data, serta penyusunan laporan. Tahapan studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan bahan-bahan pustaka yang berhubungan dengan sistem penyaliran tambang serta literatur yang berkaitan dengan penelitian.

Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur yang berkaitan dengan sistem penyaliran tambang serta pengumpulan data primer dan data sekunder, selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan volume total air perhari yang masuk ke *Front* tambang, dimensi rekomendasi *sump*, menentukan waktu pemompaan aktual dan rencana, serta menentukan desain *settling pond* berdasarkan pendekatan hukum *stokes*. Berdasarkan analisis penelitian ini, akan dihasilkan rancangan teknis sistem penyaliran tambang *open pit* yang lebih efektif dan menguntungkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di PT Menara Cipta Mulia yang tepatnya pada *Front* 1. Sistem penambangan menerapkan sistem konvensional (menggunakan *dump truck* dan *excavator*), memiliki satu *sump*, serta 1 unit pompa.

Sistem Penyaliran *Front* 1 PT Menara Cipta Mulia

Sistem penyaliran adalah upaya mengatasi air dan tidak terlepas dari debit air limpasan yang masuk ke lokasi tambang, rancangan dimensi *sump*, rancangan waktu pemompaan dan sistem pemipaan, rancangan dimensi *settling pond*.



Gambar 2. Lokasi *Front* kerja penelitian

Perhitungan Curah Hujan

Curah hujan bulanan terdiri dari 120 sampel data dari periode Tahun 2007 – 2016. Curah hujan rencana dihitung dengan menggunakan metode Gumbel sedangkan intensitas curah hujan dengan menggunakan Persamaan Mononobe. Berikut hasil perhitungan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Intensitas curah hujan

Periode ulang	Curah hujan harian rencana (mm)	Intensitas curah hujan (mm/jam)
2	143,531	30,831
3	245,375	52,708
4	311,839	66,985
5	360,411	77,418

Berdasarkan data hasil perhitungan yang didapat pada Tabel 1 diambil nilai curah hujan rencana dan intensitas curah hujan dengan periode ulang 5 tahun. Untuk periode ulang 5 tahun didapatkan curah hujan harian rencana sebesar 360,411 mm/hari. Sedangkan untuk nilai intensitas curah hujan didapatkan nilai sebesar 77,418 mm/jam.

Perhitungan Debit Total

Pada lokasi penelitian di *Front 1* PT Menara Cipta Mulia *catchment area* seluas 76.889,15 m² dengan koefisienlimpasan adalah 0,9 dikarenakan merupakan area

penambangan.

1. Debit limpasan

Debit limpasan yang masuk ke *Front 1* dihitung dengan menggunakan Persamaan 3 sehingga didapatkan nilai debit limpasan sebesar 5.356,098 m³/jam. Berdasarkan perhitungan yang telah didapat, didapatkan durasi hujan perhari selama 2 jam yang merupakan rata-rata hasil analisis lama hujan (jam) per hari selama penelitian dilakukan sehingga volume air per hari untuk periode ulang 5 tahun sebesar 10.712,196 m³.

2. Debit air tanah

Kondisi air tanah di area bukaan tambang di *Front kerja 1* ini menunjukkan aliran air tanah yang sangat kecil. Dengan mempertimbangkan kondisi di perbukitan ini maka pengaruh air tanah di *Front 1* ini nantinya juga akan kecil. Upaya untuk mendapatkan data pengaruh debit air tanah terhadap *sump* yang berada di *Front kerja 1* dilakukan pengukuran secara langsung dengan alat bantu ukur berupa tongkat ukur yang didesain untuk mengetahui tinggi air terakumulasi pada saat tidak melakukan pemompaan dan tidak terjadi hujan. Air yang terakumulasi pada *sump* merupakan air resapan yang mengalir melalui celah-celah *bench* menuju *sump*. Didapatkan hasil pengukuran secara langsung sebesar 9,729 m³/jam.

3. Debit evapotranspirasi

Berdasarkan pada hasil perhitungan, nilai evapotranspirasi (E) yang didapatkan sebesar 0,18 mm/jam, maka debit evapotranspirasi pada periode ulang hujan 5 tahun sebesar 2,719 m³/jam. Hasil perhitungan debit total untuk periode ulang hujan 5 tahun disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Debit total air yang masuk ke *Front 1*

Debit	PUH 5 tahun
Debit limpasan	5.356,098 m ³ /jam
Debit air tanah	9,729 m ³ /jam
Debit evapotranspirasi	2,719 m ³ /jam
Debit total	5.363,108 m ³ /jam

Nilai curah hujan dengan periode ulang 5 tahun sebesar 167,88 mm/hari, luas *catchment area* 76.889,15 m² dan intensitas hujan 77,418 mm/jam, maka debit air limpasan yang masuk ke *sump* sebesar 5.356,098 m³/jam, volume air limpasan per hari 10.712,196 m³, volume air tanah per hari 233,496 m³, volume evapotranspirasi 65,256 m³, maka didapat volume total air per hari sebesar 10.880,436 m³.

Analisa Perencanaan Sump

Kondisi *sump* pada saat penelitian berbentuk trapesium dengan dimensi panjang atas 15 m, panjang

bawah 13 m, lebar atas 6 m, lebar bawah 5 m dan kedalaman 3 m. Sehingga didapatkan volume *sump* aktual sebesar 231 m³. Pembuatan *sump* yang ada pada saat penelitian didesain hanya untuk menampung air tanah yang merupakan air resapan yang terdapat di sekitar area penambangan, dengan perhitungan volume total air yang masuk pada kondisi cuaca ekstrim sebesar 10.880,436 m³, maka *sump* yang ada diperkirakan tidak akan mampu menampung volume total air yang masuk, sehingga perlu adanya perbaikan dimensi *sump* agar mampu menampung volume air sebesar 6.346,9 m³.

Dimensi *sump* rekomendasi memiliki dimensi panjang atas 45 m, panjang bawah 37 m, lebar atas 40 m, lebar bawah 32 m, dan kedalaman 4,5 m. Berdasarkan perhitungan dengan dimensi tersebut maka *sump* mampu menampung volume air sebanyak 6.665,7 m³.

Analisa Waktu Pemompaan

Analisa waktu pemompaan dilakukan untuk mendapatkan lamanya waktu pemompaan yang sesuai dengan volume air yang masuk dan volume air yang akan dikeluarkan, adapun analisa dilakukan sebagai berikut:

1. Waktu pemompaan aktual

Sistem pemompaan yang diterapkan PT Menara Cipta Mulia pada *Front kerja 1* ini menggunakan satu jenis pompa WP 40 Yasuka, dikarenakan sifat *sump* yang sementara. Sistem pemipaan yang digunakan adalah dengan pemasangan pipa *inlet* yang memiliki NPS 4 inci dengan panjang pipa yang digunakan 4 m untuk desain *sump* dengan ketinggian 3 m, sedangkan untuk ketinggian *sump* rekomendasi 4 m diperlukan pipa *inlet* 4 inci dengan panjang pipa 5,3 m. Untuk pipa *outlet* memiliki NPS 4 inci dengan panjang pipa yang digunakan tetap. Hasil perhitungan pada pompa aktual dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan pompa aktual

No	Pompa WP 40 yasuka	Hasil
1	Debit	0,0286 m ³ /s
2	Volume pompa per jam	102,96 m ³ /s
3	Head total	13,933 m
4	Waktu pemompaan	4,4 hari

2. Waktu pemompaan rencana

Perencanaan sistem pemompaan ini dibuat untuk letak *sump* dan pompa pada elevasi -30 mdpl. Pompa yang digunakan jenis pompa untuk tanah dan jenis pipa yang digunakan yaitu HDPE. Pompa Ebara merupakan jenis pompa *centrifugal pump*. Sistem pemipaan yang digunakan adalah pipa *inlet* 6 inci dengan panjang pipa yang digunakan 6 m untuk desain *sump* dengan ketinggian 4,5 m seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Pipa jenis HDPE

Untuk pipa buang *outlet* memiliki NPS 6 inci dengan panjang pipa 60 m. Penambahan panjang pipa *inlet* dapat berubah karena untuk menyesuaikan kedalaman *sump* rekomendasi. Hasil perhitungan pada pompa rencana dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan pompa rencana

No	Pompa Ebara	Hasil
1	Debit	0,066 m ³ /s
2	Volume pompa per jam	237,6 m ³
3	Head total	47,222 m
4	Waktu pemompaan	2 hari

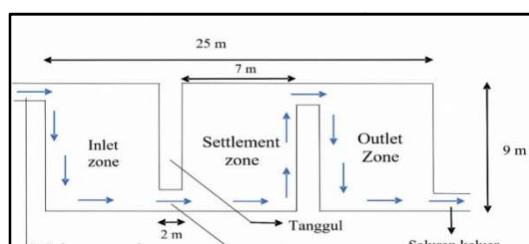
Dimensi *Settling Pond*

Berdasarkan analisis lumpur di lokasi penambangan, didapat persen *solid* yang terkandung dalam air adalah 13%, persen air 87%, oleh karena itu perhitungan dimensi *settling pond* menggunakan Hukum Stokes. Partikel padatan akan mengendap dengan baik jika waktu yang dibutuhkan material untuk keluar dari *settling pond*, $t_v < t_h$. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan *settling pond*

No	Keterangan	Hasil
1	Berat padatan	113.022 kg/jam
2	Berat air	522.000 kg/jam
3	Volume padatan	0,021 m ³ /s
4	Volume air	0,145 m ³ /s
5	Kecepatan pengendapan	0,0028 m/s
6	Luas kolam	59,28 m ²
7	Kedalaman kolam	4 m
8	Lebar kolam	9 m
9	Panjang kompartemen	7 m
10	Volume kolam	661 m ³
11	Nilai t_v	23,80 menit
12	Nilai t_h	87,5 menit
13	% pengendapan	78,61 %

Dari Tabel 5 diatas maka dapat dihitung lamanya waktu penggerukan didapatkan nilai sebesar 5,57 hari atau 6 hari. Berikut ini merupakan dimensi dari *settling pond* yang didapat berdasarkan Hukum Stokes



Gambar 4. Dimensi *settling pond* tampak atas

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, antara lain:

1. Intensitas curah hujan rencana PUH 5 tahun sebesar 360,411 mm/hari. Volume total air perhari sebesar 10.880,436 m³, debit limpasan sebesar 5.356,098 m³/jam, debit air tanah 9,729 m³/jam, debit evapotranspirasi 2,719 m³/jam, dan luasan *catchment area* sebesar 76.889,15 m².
2. Dimensi *sump* yang direncanakan memiliki kapasitas tampungan sebesar 6.665,794 m³, dengan ukuran panjang atas 45 m, panjang bawah 37 m, lebar atas 40 m, lebar bawah 32 m, dan kedalaman 4,5 m.
3. Sistem pemompaan aktual menggunakan pompa YASUKA WP 40 dengan debit 0,0286 m³/s, head 13,933 m, volume pompa perjam sebesar 102,96 m³ sehingga lama waktu didapatkan 4,4 hari. Pompa rencana direkomendasikan menggunakan pompa Ebara (*Centrifugal Pump*) dengan NPS 6 inci, debit pompa 0,066 m³/s, head pompa 47,222 m, volume pompa perjam 237,6 m³ dengan lama waktu pompa 2 hari.
4. Dimensi *settling pond* yang direncanakan berdasarkan pendekatan Hukum Stokes memiliki kapasitas tampungan 661 m³ dan memiliki tiga kompartemen dengan ukuran panjang 7 m, lebar 9 m, dan kedalaman 4 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapanterimakasihsaya sampaikankepadaJurusan Teknik Pertambangan Universitas Bangka Belitung, khususnya dosen pembimbing Bapak Irvani, S.T., M.Eng dan Ibu Delita Ega Andini, S.T., M.T yang telahbanyakmemberikanarahan dan masukankeadasaya. Ucapanterimakasih juga sayasampaikankepada Keluarga Besar penulis dansemuapihak yang telahbanyakmembantupenulisdalammenyelesaikantulisani ni.

REFERENSI

1. Referensi Jurnal:

Suhendra. 2015. Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka di PT Megumy Inti Anugerah Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur.*JurnalTeknologiPertambangan Volumel Prodi Teknik Pertambangan, FakultasTeknologi Mineral UPN Veteran Yogyakarta.*

Yuana. 2016. Kajian Teknis Sistem Penirisan Tambang Di Front 2 TB 2.2 Tempilang Bangka Barat Mitra PT Timah (Persero) Tbk.*Jurnal Jurusan Teknik PertambanganUniversitas Bangka Belitung. Bangka.*

2. Referensi Buku:

Baharudin dan Sidarto. 1995. *Peta Geologi Lembar Belitung*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Budiarto. 1997. *Sistem Penirisan Tambang*. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional, Yogyakarta.

Chow V.T. 1988. *Applied Hydrology*, Mc. Graw-Hill Book Company, Singapore.

Huisman, L. 1997. *Mechanical Filtration*. Delft University Of Technology, Herdruk.

- Katam, K.Sudarso. 1983. *Pedoman Perencanaan Penambangan*. Jurusan Teknik Pertambangan Industri Teknologi Bandung, Bandung.
- Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Universitas Gajah Mada Press, Yogyakarta.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. 1980. *Hidrologi Untuk Pengairan*. PT Praditya Paramitha, Jakarta.
- Sujitno, S. 2007. *Sejarah Penambangan Timah di Indonesia*. Jakarta: Tambang Timah.
- Sularso dan Tahara. 1983. *Pompa dan Kompresor*. PT Praditya Paramitha, Jakarta.
- Suwandhi, Awang. 2004. *Perencanaan Sistem Penyaliran*. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka Universitas Negeri Bandung, Bandung.
- Todd. 1983. *Introduction To Hydrology*. Mc Graw. USA