

**KAJIAN TEKNIS MINE DEWATERING
SYSTEM PIT LSA PT. BALANGAN COAL
KABUPATEN BALANGAN KALIMANTAN
SELATAN**

Oleh:

Yonatan Pardomuan Sihombing¹, Mulyono.Dwiantoro², Ibnu Hasyim³

ABSTRACT

Group Balangan Coal merupakan perusahaan dibawah naungan PT Adaro Mining yang terdiri dari PT Laskar Semesta Alam (LSA), PT Semesta Sentamas (SCM) dan PT. Paramitha Cipta Sarana (PCS). Kegiatan penambangan Group Balangan Coal menggunakan metode tambang terbuka *open pit*. Group Balangan Coal memiliki dua lokasi *open pit* yakni *pit* LSA dan *pit* SCM. Group Balangan Coal merencanakan bahwa pada tahun 2023 endapan batubara yang akan ditambang adalah ± 10 juta Ton dan tanah penutup ± 35 juta Bcm sehingga memperoleh *stripping ratio* 3,5.

Hasil perhitungan data curah hujan yang terjadi pada tahun 2013-2022 diperoleh curah hujan rencana sebesar 77,06 mm/hari, dan intensitas curah hujannya sebesar 12,18 mm/jam untuk periode 10 tahun. Penentuan luas *catchment area Pit LSA* menggunakan *software Minescape 5.7*. Pada area penelitian dalam hal ini *Pit LSA* diketahui memiliki luas sekitar 319 Ha (3,19 Km²). Debit limpasan yang dihasilkan oleh hujan rencana dalam suatu area tangkapan hujan yang akan masuk dalam sarana penyaliran yang akan dibuat adalah 8,82 m³/detik. Volume sumuran yang diperlukan dengan menggunakan total 5 pompa *DND 200 dan H200* yang memiliki total kapasitas pompa aktual sebesar 2550 m³/jam adalah 46121 m³. Total *head* pompa *DND 200* yang dibutuhkan untuk mengalirkan air sebesar 123,88 m, sedangkan total *head* pompa *H200* sebesar 123,88 m. Air limpasan yang masuk ke dalam *minesump* saat terjadi hujan diperkirakan sebesar 99671,04 m³/hari, dengan durasi pemompaan selama $\pm 1,86$ hari menggunakan 5 pompa.

Kata Kunci: *Sump, catchment area, total debit, mine, dewatering*

PENDAHULUAN

Di Indonesia, khususnya di Kalimantan Selatan banyak sekali terdapat perusahaan pertambangan yang menggali dan memanfaatkan batubara sebagai salah satu komoditas ekspor. Salah satu perusahaan tambang yang berusaha memanfaatkan batubara tersebut adalah PT. Balangan Coal. Adapun Aktivitas penambangan yang dilaksanakan oleh PT. Balangan Coal, adalah tambang batubara yang menggunakan sistem tambang terbuka. Salah satu ciri utama tambang terbuka adalah adanya pengaruh iklim pada kegiatan penambangan. Elemen-elemen iklim tersebut antara lain hujan, panas, temperatur, tekanan udara, dan lain-lain yang dapat mempengaruhi kondisi tempat kerja, seperti tergenangnya air pada lokasi (*front*) kerja/*pit* yang disebabkan masuknya air limpasan permukaan maupun air tanah. Apabila hal ini tidak dilakukan penanganan yang serius maka selanjutnya akan dapat mempengaruhi situasi tambang dan produktivitas tambang.

Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan usaha pengeringan/memindahkan air dari lokasi tambang (*front*) kerja/*pit* yaitu dengan cara melakukan pemompaan ke luar lokasi penambangan. Untuk itu perlunya dirancang sistem pemompaan yang baik dan tepat agar *sump* yang ada dapat segera difungsikan secara optimal dan tepat waktu.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dari tugas akhir ini berada di Kabupaten Balangan, yaitu PT Laskar Semesta Alam (PT LSA). Secara geografis, Wilayah Izin Usaha Pertambangan PT LSA terletak diantara $115^{\circ} 33' 10'' - 115^{\circ} 36' 18''$ Bujur Timur dan $02^{\circ} 19' 30'' - 02^{\circ} 22' 25''$ Lintang Selatan dengan luas wilayah IUP adalah sebesar 2500 Ha. Secara administratif pemerintahan WIUP atau wilayah izin usaha pertambangan PT Laskar Semesta Alam termasuk dalam wilayah administratif Kabupaten Balangan provinsi Kalimantan Selatan.

Kantor PT LSA, SCM, dan PCS yang tergabung menjadi grup Balangan Coal terletak pada *hauling* road Balangan Coal KM 75+500 desa Murung Ilung Kecamatan Paringin Kabupaten Balangan. Lokasi penambangan *Pit* LSA dan SCM terletak di KM \pm 90 Desa Tawahan Kec. Juai Kab. Balangan. *Pit* SCM merupakan *pit* tertua di Balangan Coal dimana mulai beroperasi sejak tahun 2015. *Pit* LSA merupakan tempat lokasi penelitian merupakan *pit* termuda di Balangan Coal karena *pit* ini baru beroperasi sejak akhir tahun 2018.

Tempat dari lokasi penelitian, yaitu WIUP PT LSA dapat ditempuh dengan menggunakan jalur darat dengan menggunakan kendaraan roda dua dan roda empat. Rute perjalanan untuk mencapai lokasi tambang dimulai dari kota Banjarbaru adalah sebagai berikut:

1. Banjarbaru-Paringin Selatan (Ibukota Kabupaten Balangan) dapat ditempuh dengan kendaraan roda empat melalui jalan Trans

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

- Kalimantan ±183 km dengan waktu tempuh ±5 jam dengan kondisi jalan beraspal.
2. Paringin Selatan-Kantor Balangan Coal berjarak ±8,5 km dapat ditempuh dengan menggunakan kendaraan roda empat maupun roda dua dengan waktu tempuh ± 15 menit.
 3. Kantor Balangan Coal-WIUP PT LSA dapat ditempuh dengan menggunakan kendaraan roda empat melewati jalan *hauling* yang telah dilapisi dengan agregat menuju *pit* LSA sejauh ± 13 km dengan waktu tempuh ± 30 menit.

Metode Penelitian

Perancangan penelitian yang diimplementasikan pada Tugas Akhir ini terdiri atas studi literatur, orientasi lapangan, pengambilan data, pengolahan data, kajian data, dan kesimpulan.

Studi literatur

Studi literatur adalah kegiatan dalam usaha untuk mencari bahan-bahan pustaka berupa teori dan rumus-rumus perhitungan yang menunjang penelitian. Bahan-bahan pustaka dapat berupa buku, *handbook*, jurnal penelitian dan karya ilmiah lainnya serta laporan perusahaan yang berkaitan dengan perhitungan debit air permukaan dan air tanah, perencanaan pembuatan *sump* dan kajian geoteknik, serta perencanaan alat gali dan alat angkut. Bahan pustaka yang dikumpulkan berupa teori mengenai daur hidrologi, jenis *sump* dan penempatannya, perencanaan *sump*, teori mengenai geometri lereng.

Orientasi Lapangan

Orientasi lapangan merupakan kegiatan pengamatan secara langsung terhadap kondisi umum di perusahaan Group Balangan Coal khususnya PT Laskar Semesta Alam seperti pengamatan mengenai departemen *engineering*, departemen *mining*, departemen *geology geotechnical and design*. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui tugas masing-masing departemen sehingga menjadi jelas mengenai tujuan masing-masing *jobdesk*. Berdasarkan *jobdesk* maka dapat dilakukan pengamatan lapangan ke area tambang dan pengambilan data sesuai bimbingan para praktisi lapangan.

Pengambilan dan Pengumpulan Data

1. Data primer
 - a. Data kenaikan air

Pengambilan data dilakukan selama satu hari dimana pengukuran dilakukan menggunakan peralatan patok kayu, penggaris, meteran, stopwatch dan alat tulis untuk pengukuran. Pengambilan data dilakukan pada 3 (tiga) titik yang merupakan kondisi aman pada *sump*. Pengambilan data dilakukan dengan menancapkan patok kayu kemudian ditandai dengan alat tulis batas airnya. Kemudian setiap setengah jam (30 menit) dicatat jumlah kenaikan muka air tanah menggunakan penggaris atau meteran. Pengukuran tiap 30 menit ini penting untuk mengetahui total kenaikan muka air yang tepat dengan menggunakan penggaris atau meteran ditancapkan pada dasar *sump* hingga permukaan air di patok kayu. Kegiatan ini diulangi hingga diperoleh 10 data tingkat kenaikan muka air tanah.
2. Data sekunder
 - a. Data topografi

Menggunakan data sekunder yang diperoleh dari perusahaan yang digunakan dalam usaha untuk mengetahui daerah *pit* tambang terbuka dapat dibuka menggunakan software *minescape 5.7*.
 - b. Luasan area tangkapan hujan

Menggunakan software *minescape 5.7* dengan membuat plot pada titik- titik tertinggi pada kontur topografi kemudian dihubungkan menjadi suatu polygon.
 - c. Data geoteknik

Menggunakan data yang diperoleh dari *Geology Geotechnic and Desain Departement*.
 - d. Curah hujan

Menggunakan data sekunder yang diperoleh dari perusahaan untuk menghitung curah hujan rencana.
 - e. Hari hujan

Menggunakan data sekunder yang diperoleh dari perusahaan untuk menghitung intensitas hujan.

Pengolahan Data

1. Data primer
 - a. Data waktu edar

Menggunakan metoda statistik untuk mengetahui frekuensi dari data.

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

- b. Data kenaikan air
Menggunakan metoda Soetomo C.D dalam Hidrolika Teknik (1986).
 - c. Faktor pengisian *bucket*
Menggunakan metoda statistik untuk mengetahui frekuensi dari data.
2. Data sekunder
- a. Data topografi
Menggunakan software *minescape 5.7* sebagai bahan untuk menentukan tata letak *sump*.
 - b. Luasan area tangkapan hujan
Menggunakan software *minescape 5.7* dengan membuat plot pada titik- titik tertinggi pada kontur topografi kemudian dihubungkan menjadi suatu polygon.
 - c. Data Geoteknik
Menggunakan software *minescape 5.7* dibuat *cross section* kemudian diolah kembali menggunakan software *slide 6*.
 - d. Curah hujan
Menggunakan metoda distribusi Gumbel untuk menghitung *reduce variate factor* berupa standar deviasi, *reduce variate*, *reduce mean* sebagai bahan untuk mempertimbangkan kapasitas suatu *sump*. Kemudian dapat dihitung curah hujan.
 - e. Hari hujan
Menggunakan metoda distribusi Gumbel untuk menghitung *reduce variate factor* berupa standar deviasi, *reduce variate*, *reduce varian* sebagai bahan untuk mempertimbangkan kapasitas suatu *sump*.

Kajian Data

- 1. Perencanaan Pembuatan *Sump* dan Kajian Geoteknik
 - a. Data topografi
Menggunakan metode *trial and error* dalam perancangan desain sump menggunakan software *Minescape 5.7*.
 - b. Data luas area tangkapan hujan
Menggunakan metode *trial and error* dalam perancangan desain sump menggunakan software *Minescape 5.7*.
 - c. Data Geoteknik
Menggunakan software *slide 6* untuk mengetahui *safety factor*
- 2. Debit Air Limpasan dan Air Tanah
 - a. Data topografi
Menggunakan software *minescape 5.7* sebagai bahan untuk menentukan tata letak *sump*.
 - b. Luasan area tangkapan hujan

JGP (Jurnal Geologi Pertambangan)

Menggunakan software *minescape* 5.7 sebagai bahan untuk mempertimbangkan debit *sump*.

c. Curah hujan dan Hari Hujan

Menggunakan metoda distribusi Gumbel untuk menghitung *reduce variate factor* berupa standar deviasi, *reduce variate*, *reduce mean* sebagai bahan untuk mempertimbangkan kapasitas suatu *sump*.

HASIL PENELITIAN

Pit LSA merupakan salah satu areal konsesi PT. Balangan Coal yang terdapat di Kecamatan Paringin, Kabupaten Balangan, Kalimantan Selatan. Sistem penambangan yang dilakukan dilokasi penelitian adalah tambang terbuka, sehingga sistem penambangan ini sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, terutama curah hujan. Umumnya air limpasan yang masuk pada areal penambangan membuat *sump* tidak mampu menampung air (meluap). Hal ini dikarenakan *sump* yang tidak cukup untuk menampung air yang masuk sehingga menggenangi lokasi penambangan dan mengganggu proses penggalian, pemuatan, dan pengangkutan. Selain itu ketidakmampuan pompa yang ada untuk mengatasi air tambang yang masuk juga menjadi penyebab meluapnya air limpasan permukaan. Proses penirisan tambang yang dilakukan di *pit LSA* adalah dengan menggunakan 5 unit pompa milik kontraktor operasi penambangan PT. Saptaindra Sejati, yaitu type pompa *DND 200* dan *Selwood H200*.



Gambar Kondisi Pit LSA yang tergenang akibat air limpasan permukaan

Lama Umur Produktif *Pit*

Masih dalam analisis data curah hujan, lamanya umur produktif *pit* akan menentukan seberapa lama periode ulang hujan rencana yang harus dipilih. Saat ini kondisi *pit LSA* diperkirakan masih akan melakukan kegiatan penambangan hingga

5-10 tahun kedepan. Idealnya semakin lama umur produktif sebuah *pit*, maka semakin lama juga besar periode ulang hujan yang harus dipilih sehingga besar curah hujan rencananya juga akan semakin tinggi, seperti yang sudah diketahui, angka curah hujan rencana merupakan dasar bagi perhitungan dalam penelitian ini.

Kondisi Cuaca dan Iklim

Kondisi cuaca dan iklim yang menjadi perhatian disini adalah tinggi curah hujan karena hal inilah yang berhubungan erat dengan masalah rancangan sistem penyaliran tambang. Tinggi rendahnya curah hujan pada suatu area tambang akan berpengaruh pada tahap analisis data curah hujan. Jika data curah hujan yang didapat menunjukkan angka yang tinggi, maka data ini akan menghasilkan besar curah hujan rencana yang tinggi pula untuk tiap-tiap periode ulang hujan. Tinggi rendahnya curah hujan pada suatu daerah tambang umumnya dipengaruhi oleh letak geografis. Begitu pula dengan curah hujan di area tambang yang di eksploitasi oleh

PT. Balangan Coal. Daerah Balangan seperti umumnya daerah-daerah lain di wilayah Indonesia, merupakan daerah yang beriklim tropis, sehingga mempunyai musim yang agak berbeda dengan daerah lain di Indonesia. Batas antara musim hujan dan musim kemarau tidak menentu. Suhu udara berkisar 23°C – 33°C dengan kecepatan angin berkisar antara 7-8 km/jam. Kelembaban udara berkisar antara 91% - 92%. dan curah hujan rata-rata per bulan 59,90 mm.

Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis data curah hujan harian diperlukan untuk menentukan besar curah hujan rencana yang akan dijadikan sebagai dasar perhitungan. Analisis data curah hujan harian diolah dengan metode analisa *direct frequency analysis-partial series*, dimana dengan analisa ini didapatkan jumlah data sebanyak 10 data curah hujan maksimum dari seluruh data curah hujan bulanan selama 10 tahun kebelakang. Data curah hujan maksimum tersebut didapatkan dari intensitas curah hujan maksimum perbulan selama 10 tahun. Penentuan curah hujan didasarkan pada data curah hujan harian maksimum pada daerah pengamatan dalam satu tahun selama 10 tahun pengamatan yaitu mulai tahun 2013 hingga tahun 2022. Data curah hujan, jumlah hari hujan dan rata-rata curah hujan perbulan dalam setiap tahun disajikan dalam satu tabel agar mempermudah dalam pengelompokan data. Berdasarkan data curah hujan yang diperoleh, dan setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan harga rata-rata curah hujan maksimum perhari sebesar 59,90 mm/hari

Penentuan curah hujan rencana menggunakan rata-rata curah hujan maksimum dimaksudkan untuk mengatasi permasalahan yang mungkin terjadi pada saat curah hujan mencapai angka maksimum, sehingga sumuran dapat menampung debit aliran air limpasan dalam kondisi dan jumlah yang maksimum. Curah hujan rencana dengan periode ulang hujan selama 10 tahun yang disesuaikan berdasarkan lama umur *pit* penentuan periode ulang

hujan rencana berdasarkan pengujian distribusi probabilitas metode Chi-Kuadrat (χ^2), metode yang baik untuk digunakan menganalisis curah hujan rencana adalah metode distribusi probabilitas normal, dengan hujan rencana adalah sebesar 77,06 mm/hari.

Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah curah hujan dalam jangka waktu tertentu, dan dinyatakan dalam mm persatuan waktu (mm/jam). Perhitungan Intensitas curah hujan dilakukan untuk mendapatkan curah hujan yang sesuai yang nantinya dapat dipakai sebagai dasar perencanaan debit limpasan air permukaan pada daerah penelitian. Dari hasil perhitungan diperoleh intensitas curah hujan sebesar 12,18 mm/jam.

Luas Area Tangkapan Hujan Pit LSA (Catchment Area)

Catchment area pada *pit* LSA meliputi area dalam IUP PT Laskar Semesta Alam dan PT Semesta Centramas. Pengukuran luas area tangkapan hujan ini penting bertujuan untuk menghitung total debit air limpasan yang masuk area *pit* LSA. *Catchment area* memiliki luas 319 hektar dibuat dengan menghubungkan titik-titik tertinggi pada area sekitar *pit* LSA. Kemudian dihubungkan menggunakan *software minescape 5.7* Pada area penelitian dalam hal ini *Pit* LSA mempunyai luas *catchment area* sekitar 319 Ha = 3,19 Km². Luas *catchment* tersebut terbagi atas beberapa daerah, pembagian tersebut ialah pada lapisan batubara dengan koefisien limpasan sebesar 1,00 memiliki luas daerah sebesar 0,5816 Km² (58,16 Ha), untuk jalan pengangkutan dengan koefisien limpasan sebesar 0,9 memiliki luas daerah sebesar 0,7632 Km² (76,32 Ha), untuk daerah dasar *pit* dan jenjang dengan koefisien limpasan sebesar 0,75 memiliki luasan daerah sebesar 1,4457 Km² (144,57 Ha), untuk daerah semak-semak agak jarang dengan besaran koefisien 0,8 memiliki luasan daerah sebesar 0,1828 Km² (18,28 Ha), sedangkan untuk koefisien limpasan yang terakhir adalah koefisien limpasan daerah hutan dengan koefisien sebesar 0,5 memiliki luasan areal sebesar 0,2167 Km² (21,67 Ha).

Debit Air Limpasan

Air limpasan disebut juga air permukaan, yaitu air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah. Besarnya air limpasan adalah besarnya curah hujan dikurang dengan *evapotransporasi*, sehingga volume limpasan yang masuk ke dalam *pit* LSA adalah 99671,04 m³ dengan durasi hujan yang terjadi selama 3,2 Jam/hari. Penentuan debit air limpasan ditentukan dengan menggunakan *Metode Rasional*. Rumus Rasional adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Berdasarkan hasil perhitungan debit limpasan, diperoleh besar air limpasan sebesar 8,82 m³/detik.

Sumuran (*Sump*) Volume sumuran

Sumuran berfungsi untuk menampung limpasan air permukaan yang masuk ke dalam *pit*. Letak sumuran harus lebih rendah dari daerah sekitarnya, sehingga air mudah untuk mengalir menuju sumuran. Pada prinsipnya sumuran diletakkan jauh dari aktifitas penggalian, jengjang disekitarnya tidak mudah longsor, dekat dengan kolam pengendapan. Volume sumuran diperoleh dari perhitungan volume limpasan (volume *input*) dikurangi volume pompa (volume *output*). Sumuran yang dibuat terletak pada elevasi -54 dpl dengan volume sumuran sebesar 72.961,9 m³.

Dimensi Sumuran

Perhitungan dimensi sumuran berdasarkan dari hasil perhitungan volume sumuran sebesar 72.961,9 m³, dimensi sumuran berbentuk trapesium mengikuti pembentukan *pit* serta kapasitas volume air lebih besar dan pembuatannya akan lebih mudah. Sebelum perhitungan dimensi sumuran dilakukan harus menentukan lebar dasar sumuran yang akan dibuat yaitu 42,78 meter berdasarkan hasil pertimbangan menyesuaikan kondisi areal kerja, kemudian dilakukan penentuan tinggi *sump* yang sesuai dengan memperhatikan lebar dasar sumuran yang telah ditentukan dan faktor keamanan sumuran agar tidak mudah longsor maka ditentukan untuk tinggi sumuran adalah 8 meter, selanjutnya dilakukan penentuan sudut kemiringan sumuran yaitu 60^o berdasarkan hasil pertimbangan litologi batuan agar sumuran tidak yang dibuat tidak mudah longsor. Maka dari hasil perhitungan dimensi sumuran yang harus tersedia adalah sebagai berikut memiliki lebar permukaan sumuran 62,91 meter, panjang dasar sumuran 215,89 meter dan panjang permukaan sumuran 234,74 meter. Dengan dimensi sumuran tersebut diperkirakan dapat menampung air yang masuk kedalam sumuran pada kondisi curah hujan maksimum dengan menggunakan 5 unit pompa series *DND 200* dan *Selwood H200*.

Pemompaan

Pompa yang dipakai untuk memompakan air dari sumuran menggunakan 5 unit pompa *DND 200* class dengan debit aktual sebesar 510 m³/jam dan pompa *H200* dengan debit aktual sebesar 510 m³/jam.



Gambar. Kondisi Pepompaan *Pit LSA*

Waktu Pemompaan

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan oleh total 5 unit pompa series *DND 200* dan *Selwood H200* untuk mengeluarkan air tambang dengan waktu efektif kerja pompa 21 jam/hari adalah 1,86 hari (BAB V Pembahasan). Jika menambah 3 line pompa *DND 200* dengan kapasitas pompa yang sama, maka waktu pemompaan menjadi 1,16 hari. Namun secara aktual waktu pemompaan tidak sesuai dengan waktu yang telah diperhitungkan, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu terkait PA pompa apabila *breakdown*, instalasi pompa yang memakan waktu, dan kondisi cuaca yang tidak menentu bahkan bisa melebihi dari curah hujan yang direncanakan. sedangkan proses penambangan harus terus beroperasi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu menambah line pompa dengan kapasitas yang sama, untuk menambah output pemompaan serta melakukan pengawasan terhadap kinerja pompa, dan melakukan perawatan yang baik pada mesin pompa agar tidak terjadi *breakdown unschedule*.

Kesimpulan

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perhitungan *catchment area Pit LSA* dilakukan dengan menggunakan *software minescape 5.7* dengan cara menghubungkan titik-titik tertinggi pada peta topografi. *Catchment area* pada *pit LSA* adalah sebesar 3,19 Km² (319 Ha).
2. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, volume air yang masuk kedalam *sump Pit LSA* dengan durasi hujan maksimum per hari sebesar 3,2 jam/hari adalah sebesar 99671,04 m³
3. Pompa yang digunakan adalah 4 unit *DND 200* dan 1 unit *H200 200* dengan debit total kapasitas pemompaan sebesar 2550 m³/jam, head total masing- masing pompa sebesar 123,88 m. Lamanya pemompaan untuk durasi hujan selama 3,2 jam/hari adalah sekitar 1,86 hari.

Saran

1. Menambah 3 line unit pompa dengan type *DND 200* dengan debit yang sama, sehingga lamanya pemompaan menjadi 1,16 hari
2. Mengoptimalkan tanggul dan paritan disekeliling *catchment area* agar air dari
output tidak masuk kedalam areal penambangan.
3. Pengoptimalan kinerja pompa agar waktu pemompaan tidak membutuhkan durasi pemompaan yang cukup lama.
4. Menggunakan alat ukur *flowmeter* untuk mengukur debit air aktual agar hasil yang didapat lebih akurat.
5. Rutin dilakukannya pengecekan pompa, untuk memastikan pompa agar bekerja dengan baik serta tidak adanya kebocoran pada pipa.
6. Selalu dilakukan perawatan dan pemeliharaan terhadap sarana penyaliran seperti *sump* maupun pompa.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif Irwandy., 2014, *Batubara Indonesia*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Asdak Chay., 2014, *Hidrologi Dan Pengairan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Gautama R.S., 1999, *Sistem Penyaliran Tambang*, Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral ITB, Bandung.
- Indarto., 2010, *Hidrologi Dasar Teori Dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*, PT Bumi Aksara, Jakarta.
- Kamiana I Made., 2011, *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Linsley K. Ray, Kohler A. Max, & Paulus H. Joseph L., 1996, *Hidrologi Untuk Insinyur*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Sudrajat Nanang., 2013, *Teori dan Praktik Pertambangan Indonesia*, Penerbit Pustaka Yustisia, Yogyakarta.
- Sosrodarsono Suyono., & Takeda, Keusaku., 2006, *Hidrologi untuk Pengairan*, Cetakan Kesepuluh, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sri H. Br., 1993, *Analisis Hidrologi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Saptono Singgih, Siri Thaib Hasywir, & Setyowati Indah., 2014, *Perencanaan Tambang 2*, Jurusan Teknik Pertambangan UPN Veteran, Jogjakarta. Sularso & Tahara., 2009, *Pompa & Kompresor*, PT. Pradaya Paramita, Jakarta.
- Suyono MS., & Winanto A., 2010, *Buku Panduan Praktek Tambang Terbuka 2010*, Jurusan Teknik Pertambangan UPN “Veteran” Jogjakarta : Jogjakarta.
- Triatmodjo Bambang., 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.