

# **Evaluasi Kebutuhan Pompa Pada Kuari Tanah Liat di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur**

Oleh:

Muhamad Dzulfikar Cahya Gita<sup>1</sup>, Hasywir Thaib Siri, Wawong Dwi Ratminah<sup>3</sup>

Program Sarjana, Program Studi Teknik Pertambangan, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta,  
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia  
email: [muhamaddzull@gmail.com](mailto:muhamaddzull@gmail.com)

## **ABSTRACT**

*This research was conducted at East Mliwang Sump, PT. Semen Indonesia Tbk. The sump is a former mining pit with a catchment area of 1,56 km<sup>2</sup>. The drying activities is not optimal, it is indicated by the water level in the sump that has not decreased, so it needs to be studied and proposed the most effective pumping alternative. The methods used in this research are literature study, field orientation, primary data collection including the shape and dimensions of the sump, pump discharge, number of pumps, catchment area, pipeline, secondary data including rainfall data, topographic maps, and geological maps, data processing, review of data processing results. The research results obtained are 129,56 mm/day rainfall plan, rainfall intensity 44,92 mm/hour with a 3 year rain return period and a hydrological risk of 86,63%. The total flow of water entering the pit Mliwang is 15,338 m<sup>3</sup>/second. The current sump volume of 98158,25 m<sup>3</sup> is insufficient to accommodate the incoming water debit, so it is necessary to change the dimensions of the sump so that the water does not overflow by considering the dimensions of the actual sump and the ability of the pump, so that recommendations are obtained with a volume of 164046 m<sup>3</sup>. Based on the actual conditions, the time to drain the sump can be more quickly achieved by increasing the pump operating hours from 8 hours/day with 2 pumps to 16 hours/day with 1 pump without adding the number of pumps*

*Keywords: sump, pump, operating hours*

## **ABSTRAK**

Penelitian dilakukan di Ceruk Mliwang Timur PT.Semen Indonesia Tbk. Ceruk tersebut merupakan lubang bekas penambangan dengan daerah tangkapan hujan sebesar 1,56 km<sup>2</sup>. Kegiatan pengeringan tersebut belum optimal, hal itu ditandai dengan permukaan air pada ceruk yang tidak mengalami penurunan, sehingga perlu dikaji dan diusulkan alternatif pemompaan yang paling efektif. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu studi literatur, orientasi lapangan, pengambilan data primer meliputi bentuk dan dimensi ceruk, debit pompa, jumlah pompa, luas daerah tangkapan hujan, jalur pemipaan, data sekunder meliputi data curah hujan, peta topografi, dan peta geologi, pengolahan data, kajian hasil pengolahan data. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu curah hujan rencana 129,56 mm/hari, intensitas curah hujan 44,92 mm/jam dengan periode ulang hujan 3 tahun dan resiko hidrologi sebesar 86,83%. Total debit air yang masuk ke dalam *pit* Mliwang adalah sebesar 15,338 m<sup>3</sup>/detik. Volume ceruk saat ini sebesar 98158,25 m<sup>3</sup> belum mencukupi untuk menampung debit air yang masuk, sehingga diperlukan perubahan dimensi ceruk agar air tidak meluap dengan mempertimbangkan dimensi ceruk aktual dan kemampuan pompa, sehingga diperoleh rekomendasi dengan volume sebesar 164046 m<sup>3</sup>. Berdasarkan kondisi aktual, waktu pengeringan ceruk dapat lebih tercapai dengan dilakukan peningkatan jam operasional pompa dari 8 jam/hari menggunakan 2 pompa menjadi 16 jam/hari menggunakan 1 pompa tanpa penambahan jumlah pompa.

Kata Kunci : ceruk, pompa, jam operasional

## I. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Sistem penyaliran tambang adalah suatu upaya yang diterapkan pada kegiatan penambangan untuk mencegah, mengeringkan, atau mengalirkan air yang masuk ke lokasi tambang. Air merupakan salah satu masalah pada kegiatan penambangan. Air yang masuk ke dalam tambang berasal dari air hujan dan air limpasan. Air tersebut ditampung pada ceruk (*sump*). Air yang masuk ke dalam ceruk dapat ditanggulangi dengan cara pemompaan, dimana air yang berada dalam ceruk dipompa keluar tambang. Dampak negatif air yang masuk ke dalam area penambangan, diantaranya adalah efisiensi kerja menurun dan dapat mengancam keselamatan pekerja.

*Pit* Mliwang Timur merupakan proyek penambangan tanah liat milik PT. Semen Indonesia Tbk. Kegiatan penambangan tanah liat di *pit* Mliwang Timur menggunakan sistem tambang terbuka (*surface mining*). Sistem tambang terbuka akan menghasilkan daerah bukaan tambang pada permukaan kerja (*front* tambang), sehingga pada saat terjadi hujan sangat berpotensi menjadi tempat berkumpulnya air, jika terjadi genangan air yang membanjiri area kerja tambang maka hal tersebut akan menghambat aktivitas penambangan.

Salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam proses penambangan adalah masalah penanganan air. Air yang masuk kedalam *pit* memiliki pengaruh besar terkait dengan kondisi kerja, keselamatan kerja, dan produktivitas. Dalam kasus ini, kegiatan pengeringan yang saat ini belum optimal, hal itu ditandai dengan masih adanya air pada ceruk. Selain itu, sistem pemompaan yang ada saat ini belum efektif untuk menangani air yang masuk ke dalam ceruk, maka perlu dibuat kajian rencana sistem penyaliran untuk mendapatkan spesifikasi dan jumlah pompa yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air pada ceruk, sehingga ceruk dapat dikeringkan dan kegiatan penambangan dapat berjalan dengan lancar.

### Rumusan Masalah

1. Ceruk mengalami luapan sehingga lantai dasar tambang mengalami genangan air, dan mengganggu kegiatan penambangan.
2. Kurang efektifnya sistem pemompaan dengan jumlah pompa yang ada berdasarkan kondisi aktual.

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Analisis curah hujan rencana.

2. Menghitung besar debit air limpasan yang masuk ke lokasi ceruk.
3. Mengkaji sistem penyaliran tambang sehingga air yang masuk ke dalam *pit* dapat dikeluarkan dari area penambangan dan tidak mengganggu kegiatan penambangan.

## II. TINJAUAN UMUM

### Profil Perusahaan

PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. terletak di Desa Sumberarum, Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur. Penambangan tanah liat terletak pada wilayah Desa Mliwang, Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur. Lokasi penambangannya berada disebelah Utara Pabrik PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Lokasi Penelitian di PT. Semen Indonesia secara astronomis terletak pada posisi 6°48'00' LS dan 111°55'00 BT.

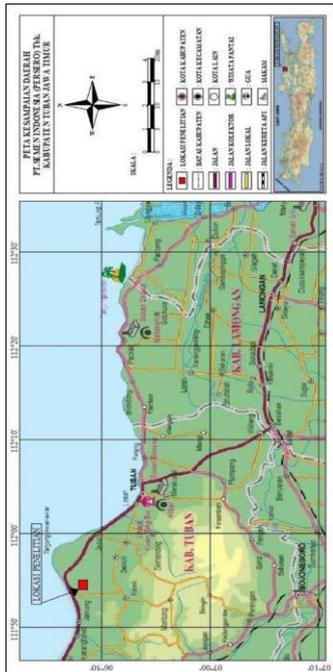
Batas-batas administrasi wilayah PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. adalah sebagai berikut:

- Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Glondong
- Sebelah Timur berbatasan dengan Kota Merakurak
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Montong
- Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Montong

### Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi tambang berada di sebelah barat laut dari kota Tuban. Daerah tersebut dapat dicapai dari Yogyakarta dengan rute perjalanan sebagai berikut :

1. Dari Yogyakarta menuju Kota Tuban dapat ditempuh dengan jalan darat menggunakan kendaraan roda empat sejauh 318 km melalui Kota Semarang lalu menuju Kota Tuban.
2. Dari Kota Tuban ke arah barat laut menuju Desa Kerek yang berjarak ± 17km. Dapat ditempuh menggunakan kendaraan umum atau kendaraan pribadi roda empat maupun roda dua.



Gambar 2.1  
Peta Lokasi dan Kesampaian Daerah

### **Iklim dan Curah Hujan**

Lokasi PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk terletak di daerah beriklim tropis yang mempunyai dua musim setiap tahunnya, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Musim hujan umumnya terjadi pada bulan Mei sampai bulan November dan musim kemarau terjadi pada bulan Desember. Musim sangat mempengaruhi kegiatan penambangan khususnya pada musim hujan. Curah hujan dapat mempengaruhi pekerjaan penggalian, pengangkutan, dan pengolahan dalam proses penambangan terbuka.

### **Kedaaan Geologi**

Daerah Kabupaten Tuban termasuk dalam Zona Rembang. Jalur Rembang ini terdiri dari pegunungan lipatan berbentuk antiklonorium yang memanjang ke arah Barat – Timur. Morfologi di daerah ini berupa dataran rendah, perbukitan bergelombang dan satuan morfologi perbukitan terjal yang umumnya memanjang dari Barat – Timur.

#### 1. Kondisi umum geologi

Secara umum daerah penambangan PT. Semen Indonesia mempunyai topografi yang bervariasi, mulai dari dataran rendah hingga perbukitan (Lihat Gambar 2.3.). Elevasi berkisar antara 20 – 36 mdpl. Morfologi daerah ini terbentuk oleh endapan alluvial terdiri dari tanah liat, tanah berpasir.

#### 2. Statigrafi regional

Pada daerah penelitian terdapat 7 formasi (berdasarkan data Seksi Perencanaan dan Pengawasan Tambang PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.), adalah sebagai berikut :

- 1) Formasi Tawun  
Formasi ini diperkirakan berumur Miosen Awal, terdiri dari napal pasiran, berselingan dengan batugamping bioklastik. Pada formasi ini adalah fase pengendapan batugamping bioklasik. Napal pasiran berwarna coklat kekuningan dan berbutir halus sampai sedang. Batugamping bioklastik berwarna coklat, kelabu mengandung fosil foraminifera.
- 2) Formasi Ngrayong  
Formasi ini berumur Miosen Tengah terdiri dari batupasir kuarsa yang berselang-seling dengan batugamping dan batulempung, banyak mengandung fosil foraminifera. Batulempung umumnya berwarna coklat kekuningan, sedangkan batupasir kuarsa umumnya berwarna coklat kemerahan dengan lensa-lensa batupasir kuarsa putih.
- 3) Formasi Bulu  
Formasi ini menindih selaras Formasi Tuban, berumur miosen tengah yang terdiri dari batugamping pasiran dengan sisipan batunapal sisipan.
- 4) Formasi Wonocolo  
Diatas Formasi Bulu diendapkan Formasi Wonocolo yang berumur Miosen Akhir terdiri dari napal pasiran berselingan dengan batugamping pasiran.
- 5) Formasi Ledok  
Formasi Ledok berada diatas Formasi Wonocolo secara selaras, dimana formasi ini berumur Miosen Akhir-Pliosen yang terdiri dari batupasir glaukonitan dengan sisipan batugamping pasiran.
- 6) Formasi Mundu dan Formasi Paciran  
Diatas Formasi Ledok terdapat Formasi Mundu dan Formasi Paciran yang saling menjari berumur Pliosen. Formasi Mundu berupa batunapal, batulempung lanauan, dan batugamping napalan. Sedangkan Formasi Paciran terdiri dari batugamping pejal da batugampig dolomitan.
- 7) Aluvium dan Koluvium  
Lapisan termuda adalah Aluvium dan Kolovium dimana satuan ini diendapkan paling akhir yang berumur Holosen. Merupakan hasil rombakan dari Formasi Paciran dan Formasi Tuban, berupa pasir, lempung, lanau, dan kerikil.

## Kegiatan Penambangan PT. Semen Indonesia

Sistem penambangan yang diterapkan pada tambang batubara di PT. Semen Indonesia adalah sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan menggunakan kombinasi *shovel* dan *truck*, baik yang dilaksanakan oleh pihak ketiga maupun yang dilakukan sendiri. Pada proses penambangan, mulai dari kegiatan pemberaian (*ripping*) material, penggalian dan pemuatan material, sampai pada kegiatan pengangkutan material, semuanya dilakukan dengan menggunakan alat – alat mekanis. Adapun tahapan kegiatan penambangan pada tambang tanah liat ialah sebagai berikut :

### 1. Pembersihan Lokasi Tambang.

Pembersihan lokasi penambangan adalah pembersihan daerah yang akan ditambang dari semak-semak, pepohonan maupun batu-batu yang dapat menghalangi pekerjaan selanjutnya. Hal ini dilakukan guna mempermudah alat-alat mekanis dalam beroperasi dalam *front* kerja. Kegiatan pembersihan lahan dilakukan menggunakan alat mekanis berupa *bulldozer*

### 2. Pengupasan dan Pemindahan Tanah Penutup.

Kegiatan ini merupakan lanjutan dari pembersihan lahan. Tanah pucuk yang kaya akan unsur hara dikupas dan dimuat agar nantinya dapat digunakan untuk proses reklamasi terhadap lahan bekas tambang. Kegiatan ini dilakukan dengan menggunakan alat mekanis berupa *backhoe* dan diangkut menuju lokasi timbunan menggunakan *truck*.

### 3. Pembongkaran dan Pemuatan Tanah Liat.

Kegiatan pembongkaran dan pemuatan dilakukan setelah kegiatan pembersihan lahan, sehingga material mudah untuk digali menggunakan alat mekanis. Kegiatan pembongkaran dan pemuatan tanah liat pada Pit Mliwang Timur dilakukan dengan menggunakan alat *Hydraulic Excavator* Komatsu PC 300 dengan kapasitas sebesar 260 ton/jam sebanyak 2 unit dengan Efisiensi Kerja alat sebesar 85%.

### 3. Pengangkutan (*Hauling*).

Tanah liat yang telah dimuat kedalam alat angkut oleh alat gali muat kemudian dibawa menuju *clay storage* dengan menggunakan alat angkut *dump truck*. Kegiatan pengangkutan tanah liat menggunakan alat angkut *SCANIA P-420* dan *SCANIA P-380/P-124*, dengan kapasitas angkut masing- masing sebesar 40 ton dan 30 ton.

### 5. Pengolahan tanah liat.

Tanah liat yang sudah berada di blok *clay storage* dibawa ke mesin penghancur (*crushing plant*) tanah liat menggunakan alat *Wheel Loader*.

Setelah tanah liat dihancurkan, kemudian tanah liat akan diolah terlebih dahulu dan dicampur dengan bahan baku lain untuk menjadi semen.

## Reklamasi Tambang

Reklamasi dapat dilakukan secara berkesinambungan sesuai dengan kemajuan penambangan. Rencana reklamasi PT. Semen Indonesia dilakukan dengan menanam berbagai tanaman sebagai tanaman awal dan sebagai *cover crop* digunakan rumput untuk selanjutnya sebagai tanaman kedua dilakukan penanaman diantara tanaman *cover crop* tersebut seperti akasia, jati mahoni, dan sengon buto.

## III. DASAR TEORI

### Neraca Air

Neraca air dapat menggambarkan debit air yang masuk dan keluar dari suatu ceruk oleh berbagai sumber masukan dan keluaran dalam interval waktu tertentu. Sumber masukan air antara lain curah hujan langsung, limpasan air dari daerah tangkapan hujan, dan aliran air tanah. Limpasan air dari daerah tangkapan hujan biasanya merupakan kontributor terbesar dari sumber masukan air ke dalam ceruk. Sumber keluaran air meliputi penguapan, aliran air tanah, dan pembuangan air dengan pemompaan.

### Siklus Hidrologi

Secara keseluruhan jumlah air di planet bumi ini relatif tetap dari masa ke masa. Air di bumi mengalami suatu siklus melalui serangkaian peristiwa yang berlangsung terus-menerus. Proses tersebut tidak tahu kapan dan darimana berawalnya dan kapan pula akan berakhir. Serangkaian peristiwa tersebut dinamakan siklus hidrologi (*hydrologic cycle*).

### Sistem Penyaliran Tambang

Sistem penyaliran tambang merupakan suatu upaya yang diterapkan pada kegiatan penambangan untuk mencegah masuknya air ke dalam bukaan tambang atau mengeluarkan air yang sudah ada di dalam bukaan tambang supaya dialirkan ke luar tambang. Adapun upaya penanganan terhadap air yang dapat dilakukan pada tambang terbuka adalah:

#### 1. Mine Drainage System

*Mine Drainage System* merupakan upaya untuk mencegah masuknya air atau mengalirnya air ke tempat penggalian.

#### 2. Mine dewatering system

*Mine dewatering system* merupakan upaya yang dilakukan untuk mengeluarkan air (terutama air hujan) yang telah masuk ke dalam lokasi penambangan.

## Faktor-faktor dalam Sistem Penyaliran Tambang

### 1. Curah Hujan

Curah hujan yaitu jumlah atau volume air hujan yang turun ke permukaan pada area tertentu dalam satuan luas (biasa diukur dengan satuan millimeter). maksudnya berarti pada luasan 1 m<sup>2</sup> jumlah air hujan yang jatuh sebanyak 1 liter. Untuk curah hujan itu sendiri sumber utama dari air permukaan yaitu berasal dari air hujan

#### 1) Curah Hujan Rencana

Penentuan data ini dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya yang dipakai adalah metode *Gumbell*, yaitu teori yang digunakan untuk penentuan distribusi curah hujan rencana yang dilakukan menggunakan cara Partial dengan data curah hujan maksimum atau yang didasarkan atas distribusi normal (distribusi harga ekstrim). Cara *partial* yaitu data yang diambil dari data curah hujan yang nilainya melebihi data lainnya.

Persamaan *Gumbell* :

$$X_r = \bar{X} + \frac{S_d}{S_n}(Y_r - Y_n) \text{ atau } X_r = \bar{X} + k \cdot S_d$$

$$k = (Y_r - Y_n) / S_n$$

Keterangan :

$X_r$  : Curah Hujan Rencana maks periode ulang hujan (PUH) tertentu (tahun)

$\bar{X}$  : Curah Hujan rata-rata (mm/hari)  $S_d$  : Standard deviation

$S_n$  : Reduced Standard deviation  $Y_r$  : Reduced variate

$Y_n$  : Reduced mean  $k$  : Faktor frekuensi *Gumbell*

### 2) Periode Ulang Hujan (PUH)

Periode ulang (*return period*) didefinisikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut.

$$P_t = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^T \times 100\%$$

### 3) Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan (I) adalah jumlah hujan per satuan waktu yang relative singkat, biasanya satuan yang digunakan adalah mm/jam. Penentuan intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus *Mononobe*.

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

## 2. Daerah Tangkapan Hujan

Daerah tangkapan hujan merupakan suatu daerah yang dapat mengakibatkan air limpasan permukaan mengalir ke suatu tempat (daerah

penambangan) yang tempatnya lebih rendah. Penentuan luas daerah tangkapan hujan berdasarkan pada peta topografi daerah yang akan diteliti. Setelah daerah tersebut ditentukan, luasnya dapat diukur dengan menarik hubungan dari titik-titik tertinggi di sekeliling tambang sehingga membentuk poligon tertutup, dan tetap memperhatikan daerah aliran air limpasan yang mengalir sesuai kontur masing-masing daerah.

### 3. Air Limpasan

Air limpasan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju sungai, danau hingga laut. Debit air limpasan maksimum dihitung dengan menggunakan rumus Rasional, yaitu:

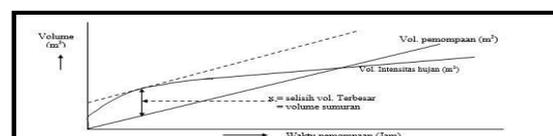
$$Q_{maks} = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

### Ceruk

Ceruk merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam sistem tambang terbuka. Ceruk merupakan kolam penampungan sementara untuk air dan lumpur sebelum dipompakan ke luar areal penambangan. Dalam perjalanan suatu sistem tambang terbuka, pengelolaan ceruk merupakan suatu keharusan. Jumlah air yang masuk ke dalam ceruk merupakan jumlah air yang dialirkan oleh saluran-saluran, jumlah air limpasan permukaan yang langsung mengalir ke ceruk dan curah hujan yang langsung jatuh ke ceruk. Sedangkan jumlah air yang keluar dari ceruk merupakan jumlah air yang mengalami penguapan dan yang dikeluarkan melalui pemompaan.

Dimensi ceruk tergantung pada kuantitas (debit) air limpasan, kapasitas pemompaan, volume, waktu pemompaan, dan kondisi lapangan. Sedangkan untuk penentuan volume ceruk dapat dilakukan dengan menggabungkan grafik intensitas curah hujan versus waktu dan grafik debit pemompaan versus waktu.

Umumnya ceruk diletakkan pada lantai tambang (*floor*) yang paling rendah, jauh dari aktivitas penambangan, dan relatif aman.



Gambar 3.1.

### Grafik Penentuan Volume Ceruk

### Pompa

Sesuai dengan prinsip kerjanya, pompa dibedakan atas :

#### 1. Reciprocating Pump

Bekerja berdasarkan torak maju mundur secara horizontal di dalam silinder. Keuntungan jenis ini adalah efisien untuk kapasitas kecil dan umumnya dapat mengatasi kebutuhan energi (julang) yang tinggi. Kerugiannya adalah beban yang berat serta perlu perawatan yang teliti. Pompa jenis ini kurang sesuai untuk air berlumpur karena katup pompa akan cepat rusak. Oleh karena itu jenis pompa ini kurang sesuai digunakan di tambang.

### 2. Centrifugal Pump

Pompa ini bekerja berdasarkan putaran impeller di dalam pompa. Air yang masuk akan diputar oleh impeller, akibat gaya sentrifugal yang terjadi air akan dilemparkan dengan kuat kearah lubang pengeluaran pompa. Pompa jenis ini banyak digunakan di tambang, karena dapat melayani air berlumpur, kapasitasnya besar dan perawatannya lebih mudah.

### 3. Axial Pump

Pada pompa aksial, zat cair mengalir pada arah aksial (sejajar poros) melalui kipas. Umumnya bentuk kipas menyerupai baling-baling kapal. Pompa ini dapat beroperasi secara vertikal maupun horizontal. Jenis pompa ini digunakan untuk julang yang rendah.

Dalam suatu pemompaan terkadang dibutuhkan debit atau *head* pompa yang lebih besar, sedangkan setiap pompa hanya memiliki kemampuan untuk mencapai debit atau julang tertentu. Oleh karena itu, dapat diatur dua atau lebih pompa untuk dipasang secara bersamaan, baik secara seri maupun secara paralel (Sularso, 2006).

#### a. Sistem Seri

Sistem seri merupakan dasar pompa multi tingkat (*multi stage pumps*), yang mana debit dari pompa pertama (tingkat pertama) dikirim ke pipa hisap pompa kedua dan seterusnya. Debit yang sama melewati masing-masing pompa menerima tekanan perkuatan (*boost*) pompa berikutnya

#### b. Sistem Paralel

Stasiun pompa sering terdiri dari beberapa pompa yang dipasang secara paralel. Dalam susunan paralel, pompa dapat dioperasikan secara individual atau bersama-sama. Tujuan dari pemasangan pompa paralel adalah untuk membuang air dengan debit yang bervariasi.

### Julang (Head)

Dalam pemompaan dikenal istilah julang (*head*), yaitu energi yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah air pada kondisi tertentu. Semakin besar debit air yang dipompa, maka *head* juga akan semakin besar. *Head* total pompa untuk mengalirkan

sejumlah air seperti yang direncanakan dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa tersebut, sehingga julang total pompa dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H = h_s + h_v + (h_{f1} + h_{f2} + h_{f3})$$

#### 1. Head statis ( $h_s$ )

$$h_s = h_2 - h_1$$

#### 2. Head kecepatan ( $h_v$ )

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

#### 3. Head gesekan ( $h_{f1}$ )

$$h_{f1} = \lambda \left( \frac{LV^2}{2Dg} \right)$$

#### 4. Head belokan ( $h_{f2}$ )

$$h_{f2} = k \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

#### 5. Head katup isap ( $h_{f3}$ )

$$h_{f3} = f \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

## IV. HASIL PENELITIAN

### Hasil Analisis Data Klimatologi

#### 1. Data Curah Hujan

Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Max (mm)
2014	65,4	33,7	81,7	43,8	4,8	0	12	14,4	0	4,8	0	116,3	116,3
2015	30,3	43,3	93,3	20,2	3,8	2,4	0	0	0	0	7,7	90,4	93,3
2016	29,3	64,4	27,9	85,1	63,5	136,5	0	0	0	0	7,7	90,4	136,5
2017	80,8	151,4	113,5	43,8	32,7	30,8	47,1	0	0	30,8	36,5	35,6	151,4
2018	57,7	56,3	49	47,1	0	14,9	0	1	1,4	0	31,7	57,7	57,7
5 Tahun	80,8	151,4	113,5	85,1	63,5	136,5	47,1	14,4	1,4	30,8	36,5	116,3	
Jumlah Curah Hujan Max													555,2
Rata-Rata Curah Hujan Max													111,04

#### 2. Curah Hujan Rencana

PERHITUNGAN CURAH HUJAN MAKSIMUM												
Tahun	Curah Hujan Maksimum (Xi)	x	(x-xi)²	-n	m	Yn	Yni	(Yi-Yn)²	Yt	Sn	Sd	
2014	116,3	111,04	27,67	5	5	-0,5832	0,4588	1,0857	0,9027	0,886	36,96	
2015	93,3	111,04	314,71	5	4	-0,0940	0,4588	0,3056	0,9027	0,886	36,96	
2016	136,5	111,04	648,21	5	3	0,3665	0,4588	0,085	0,9027	0,886	36,96	
2017	151,4	111,04	1628,93	5	2	0,9027	0,4588	1,1971	0,9027	0,886	36,96	
2018	57,7	111,04	2845,16	5	1	1,7020	0,4588	1,5455	0,9027	0,886	36,96	
Jumlah	555,2		5464,68			2,2940		3,1425				
Rata-Rata	111,04					0,4588		0,6285				
										k	0,501	
										Xt	129,557	

#### 3. Intensitas Curah Hujan

Harga  $R_{24}$  didapatkan dari perhitungan adalah 129,557 mm, dan t adalah waktu konsentrasi hujan menggunakan 1 jam. Dengan menggunakan rumus *Mononobe* maka perhitungan curah hujan rencana dalam 1 hari tersebut dikonversikan menjadi jam yaitu :

$$I = \frac{129,557}{24} \left(\frac{24}{1}\right)^{2/3}$$

$$I = 44,92 \text{ mm/jam}$$

### Daerah Tangkapan Hujan

Hasil pengamatan pada lokasi penelitian didapatkan 4 daerah tangkapan hujan dengan luas setiap daerah tangkapan hujan yang berbeda dan dapat dilihat dibawah ini.

Daerah Tangkapan Hujan	Luas (km <sup>2</sup> )
DTH 1	0,8433
DTH 2	0,1462
DTH 3	0,2514
DTH 4	0,3166

### Koefisien Air Limpasan

Koefisien air limpasan dapat diperoleh dari perbandingan antara jumlah hujan yang jatuh dengan yang mengalir sebagai limpasan dari hujan di permukaan tanah menggunakan tabel dari Hamer (1980) dalam Gautama (1999) koefisien limpasan (c) tergantung pada kemiringan lahan, dan tata guna lahan.

No	Nama	Koefisien Limpasan
1	DTH 1	0,9
2	DTH 2	0,8
3	DTH 3	0,4
4	DTH 4	0,8

### Debit Air Limpasan

Sumber air tambang yang masuk ke bukaan tambang berasal dari air hujan yang mengalir dari bukit dan lereng di sekitar area tambang yang dapat diketahui dari pengamatan peta tata letak sistem penyaliran tambang. Debit air limpasan dihitung dengan menggunakan rumus rasional.

No	Nama	C	Luas (km <sup>2</sup> )	Debit Air Limpasan (m <sup>3</sup> /detik)	Debit Air Limpasan (m <sup>3</sup> /jam)
1	DTH 1	0,9	0,8433	9,478	34120,8
2	DTH 2	0,8	0,1462	1,461	5259,6
3	DTH 3	0,4	0,2514	1,256	4521,6
4	DTH 4	0,8	0,3166	3,163	11386,8

### Sistem Penyaliran Tambang Lokasi Penelitian

#### 1. Ceruk

Ceruk merupakan tempat penampungan air limpasan sebelum dilakukan pemompaan keluar. Pada saat penelitian dilakukan, volume air yang berada di ceruk yaitu 98158,25 m<sup>3</sup>, ketinggian

elevasi permukaan air aktual pada ceruk berada di elevasi 0 mdpl dan lantai ceruk pada -6 mdpl.



Gambar 4.1.

#### Keadaan Aktual Ceruk

### 2. Sistem Pemompaan

Untuk mengeluarkan air dari ceruk, pompa yang digunakan yaitu pompa dengan merek Dongfeng. Pompa ini termasuk jenis pompa sentrifugal yang dapat berkerja pada Pit Mliwang Timur. Metode pemompaan yang digunakan adalah metode *single-stage*, yang mana pemompaan dilakukan secara langsung dari ceruk menuju ke paritan. Pada saat ini pompa yang beroperasi adalah 2 unit pompa Dongfeng yang dipasang secara seri. Sehingga didapatkan julang maksimum pompa adalah 22 m.

Pada ceruk menggunakan pompa sentrifugal Dongfeng ZS 1125 dengan panjang pipa 100 m terbuat dari bahan *polyethylene* (karet keras) berdiamater 0,21 m, dengan penggunaan rata-rata pompa setiap hari adalah 8 jam per hari.

Didapatkan julang pompa seperti berikut :

- Julang Statis : 8 m
- Julang Kecepatan : 0,153 m
- Julang Gesekan : 1,96 m
- Julang Katup Isap : 0,28 m
- Julang Belokan : 1,18

Didapatkan julang total untuk pompa Dongfeng ZS 1125 sebesar 12 meter.

Pompa yang digunakan pada ceruk yaitu menggunakan Dongfeng ZS 1125 dengan debit aktual 216 m<sup>3</sup>/jam. Pompa bekerja 8 jam/hari dan membutuhkan waktu 16 hari untuk mengeluarkan air pada ceruk. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan jam kerja pompa menjadi 16 jam/hari sehingga pompa dapat bekerja secara optimal.

## V. PEMBAHASAN

### Curah Hujan Rencana

Penentuan curah hujan rencana didasarkan pada data curah hujan harian maksimum di daerah penelitian selama 5 tahun yaitu 2014-2018.

Hasil analisis yang dilakukan menggunakan rumus distribusi *Gumbell*, curah hujan rencana harian yang diperoleh adalah 129,56 mm/hari

pada periode ulang hujan 3 tahun. Intensitas curah hujan dikonversikan dari curah hujan harian menjadi curah hujan per jam dengan rumus *Mononobe*. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan intensitas curah hujan sebesar 44,92 mm/jam.

### Debit Air Limpasan

#### 1. Luas Daerah Tangkapan Hujan

Daerah Tangkapan Hujan	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas(Km <sup>2</sup> )
DTH 1	843265,473	0,8433
DTH 2	146214,302	0,1462
DTH 3	251405,801	0,2514
DTH 4	316611,516	0,3166

#### 2. Koefisien Limpasan

Adapun koefisien tiap-tiap DTH yang dihitung menggunakan *software AutoCad* berdasarkan tabel dari *Hamer(1980)* dalam *Gautama (1999)* yaitu :

- 1) DTH 1 merupakan daerah tangkapan didalam *pit* Mliwang yang berupa tanah gundul, penambangan dengan kemiringan >15%, sehingga nilai koefisien limpasan DTH 1 adalah 0,9.
- 2) DTH 2 merupakan daerah tangkapan hujan diluar lokasi bukaan tambang yang berupa vegetasi ringan dengan kemiringan >15%, sehingga nilai koefisien limpasan DTH 2 adalah 0,8.
- 3) DTH 3 merupakan daerah tangkapan hujan diluar lokasi bukaan tambang yang berupa perkebunan dengan kemiringan <15%, sehingga nilai koefisien limpasan DTH 3 adalah 0,4.
- 4) DTH 4 merupakan daerah tangkapan hujan diluar lokasi bukaan tambang yang berupa vegetasi ringan dengan kemiringan >15%, sehingga nilai koefisien limpasan adalah 0,8.

#### 3. Debit Air Limpasan

Satu-satunya sumber aliran air masuk pada ceruk Mliwang Timur yaitu debit air limpasan. Hal tersebut karena debit air tanah tidak berpengaruh secara signifikan. Berdasarkan hasil perhitungan debit air limpasan, didapatkan debit air limpasan sebesar 15,338 m<sup>3</sup>/detik atau 55.288 m<sup>3</sup>/jam.

### Kajian Sistem Penyaliran Tambang

#### 1. Ceruk

Volume ceruk ditentukan dengan menggabungkan grafik intensitas hujan yang dihitung dengan teori *Mononobe* pada waktu tertentu dengan debit pemompaan pada waktu tertentu. Selisih terbesar dari grafik debit air dengan kapasitas pemompaan merupakan volume ceruk yang dibutuhkan. Volume air yang berlebihan akan mengganggu jalannya kegiatan penambangan karena semakin besar volume air, semakin luas juga area yang tergenang air.

Saat ini ceruk di PT. Semen Indonesia memiliki kapasitas 98158,25 m<sup>3</sup>, sedangkan hasil perhitungan kapasitas ceruk dengan menggunakan perbandingan intensitas hujan dan pemompaan didapatkan kapasitas ceruk 164046 m<sup>3</sup> atau 1,5 kali lipat dari ukuran semula. Ukuran ceruk tidak sesuai dengan total debit air yang masuk sehingga perlu dilakukan penambahan volume ceruk agar tidak meluap.

#### 2. Pompa

Pemompaan air tambang di ceruk di PT. Semen Indonesia dilakukan dengan cara pemompaan langsung dari ceruk menuju paritan. 2 Pompa Dongfeng ZS 1125 yang dipasang secara seri dengan *head* maksimum 22 meter bekerja selama 8 jam/hari dengan putaran impeler sebesar 1800 rpm dan menghasilkan debit 216 m<sup>3</sup>/jam.

Dengan debit air total yang masuk ke ceruk di PT. Semen Indonesia, maka jam operasional pompa yang direkomendasikan adalah minimal selama 16 jam/hari yang semula dari 8 jam/hari

Didapatkan Julang Pompa sebagai berikut :

- 1) *Head* Statik : 8 meter
- 2) *Head* katup isap : 0,28 meter
- 3) *Head* kecepatan : 0,153 meter
- 4) *Head* Gesekan : 1,63 meter
- 5) *Head* Belokan : 1,18 meter

Maka didapatkan *Head* Total Pompa sebesar 12 meter. Sehingga, alat masih dapat bekerja pada julang yang lebih tinggi, tetapi tidak boleh lebih dari 22 meter dikarenakan *Head* maksimum Pompa Dongfeng yang dipasang secara seri adalah 22 meter. Apabila melebihi *Head* maksimum, pompa tidak dapat bekerja secara optimal dan dapat bekerja terlalu berat, *Engine* cepat panas sehingga pompa akan cepat rusak.

Jam Kerja Pompa (Jam)	Debit Air yang Masuk (m <sup>3</sup> /jam)	Debit Pemompaan (m <sup>3</sup> /hari)	Kebutuhan Pompa (unit)
8	55288,8	27648	2
9		31104	2
10		34560	2
11		38016	2
12		41472	2
13		44928	2
14		48384	1
15		51840	1
16		55296	1

Tabel 5.1.

Kebutuhan Jumlah Pompa berdasarkan Debit Air

#### 3. Kolam Pengendapan

Tidak adanya kolam pengendapan dikarenakan air dalam tambang yang dikeluarkan telah memenuhi baku mutu kualitas air limbah sehingga dapat dimanfaatkan langsung untuk

pengairan perkebunan area sekitar penambangan, dan untuk pengairan jalan tambang.

pemakaian APD, pembuatan dokumen untuk administrasi dan pengontrolan lewat rekayasa teknik (*Engineering*). Bentuk pengendalian berupa eliminasi dilakukan pada dampak resiko tabrakan dengan cara menjaga kecepatan dan jarak antar kendaraan yang melintas di jalan *hauling*

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Kajian teknis yang dilakukan terhadap penerapan sistem penyaliran tambang di PT. Semen Indonesia sebagai berikut :

1. Analisis curah hujan rencana pada *pit* Mliwang Timur yaitu sebesar 129,56 mm/hari dengan periode ulang hujan 3 tahun dan resiko hidrologi sebesar 86,83 % dengan intensitas hujan sebesar 44,92 mm/jam.
2. Kapasitas ceruk saat ini sebesar 98158,25 m<sup>3</sup> belum mencukupi untuk menampung debit air yang masuk sebesar 15,358 m<sup>3</sup>/detik, sehingga dapat mengakibatkan meluapnya air dari ceruk.
3. Jam operasional pompa Dongfeng ZS 1125 yang digunakan saat ini selama 8 jam/hari masih belum optimal untuk mengeluarkan air yang masuk ke dalam ceruk dengan debit sebesar 15,358 m<sup>3</sup>/detik.

## SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian mengenai air tanah di Pit Mliwang Timur, sehingga rekomendasi kapasitas pompa dan waktu yang dibutuhkan untuk pompompaan lebih akurat.
2. Kapasitas ceruk ditingkatkan dari 98158,25 m<sup>3</sup> menjadi 164046 m<sup>3</sup> agar dapat menampung debit air yang masuk sehingga tidak meluap keluar dari ceruk
3. Jam operasional pompa yang direkomendasikan minimal selama 16 jam/hari dari yang sebelumnya selama 8 jam/hari.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Asdak, C. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
2. Bridgwood, E.W, R.N. Singh, dan A.S. Atkins. 1983. *Selection and Optimization of The Mine Pumping Systems*. University of Nottingham.
3. Chow dan Ven Te. 1985. *Hidrolika Saluran Terbuka* (Bahasa Indonesia), Erlangga, Jakarta, Indonesia.
4. Endriantho, M dan M. Ramli. 2013. *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara*, Geosains. Makassar. Universitas Hasanuddin.
5. Gautama, Rudi S. 1999. *Sistem Penyaliran Tambang*. Institut Teknologi Bandung.
6. Powers, J. Patrick. 1992. *Construction Dewatering: New Method and Application*. Jhon Wiley and Sons. New York.
7. Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi* (Bahasa Indonesia), Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Indonesia.
8. Soemarto. 1987. *Hidrologi Teknik*. Usaha Offset, Surabaya, Indonesia
9. Sularso dan Haruo, Tahara. 1991. *Pompa dan Kompresor (Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan)*. PT. Pradnya. Jakarta.
10. Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi Offset. Demangan Baru. Yogyakarta.
11. Sosrosudarsono, Suyono, dan Takeda K. 1993. *Hidrologi untuk Pengairan*. PT. Pradnya. Jakarta.
12. Suwandhi, A. 2004. *Diklat Perencanaan Tambang Terbuka*. Universitas Islam Bandung.
13. Gumbel, E. J., 1941, *The Return Period of Flood Flows*.