

EVALUASI KAPASITAS PEMOMPAAN DALAM SISTEM PENYALIRAN PADA PIT 1 TIMUR PENAMBANGAN BANKO BARAT PT. BUKIT ASAM (PERSERO), TBK, TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN

Resman Gultom¹, Maulana Yusuf², M. Akib Abro³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang Prabumulih KM. 32, Indralaya, Sumatera Selatan, 30662, Indonesia
Telp/fax: (0711)850137; E-mail : resmangultom@gmail.com

ABSTRAK

PT. Bukit Asam (Persero), Tbk merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dibidang pertambangan batubara dengan metode surface mining (tambang terbuka) yang meliputi kegiatan pembongkaran, pemuatan, dan pengangkutan. Target produksi batubara untuk tahun 2016 sebesar 2.150.000 ton. Seiring dengan kegiatan penambangan menghasilkan cekungan dimana air terkonsentrasi ke elevasi terendah akibat limpasan yang berasal dari air hujan. Pada Pit 1 Timur memiliki 3 buah sump, dimana salah satunya Sump Timur dengan volume sebesar 600.000 m³ pada elevasi +10 mdpl seluas 116,5 Ha. Air yang masuk ke dalam sump sebesar 62.526,52 m³/hari dan air yang dikeluarkan sebesar 13.201,5 m³/hari menggunakan dua unit pompa yang berefisiensi 57% dan 58% dengan jam kerja 17,3 jam/hari. Air dipompakan keluar menuju Kolam Pengendapan Lumpur (KPL) pada elevasi +63 mdpl. Volume sump saat ini mencapai 630.000 m³ dimana kondisi sump sudah meluap. Setelah dilakukan pengoptimalan daya pompa, pemendekan jalur pipa, penambahan jam kerja pompa, dan penambahan dua unit pompa didapatkan air yang dikeluarkan sebesar 70.560 m³/hari dengan efisiensi pompa sebesar 76%. Lama pengeringan sump hingga volume air yang tersisa sebesar 10.000 m³ selama 78 hari.

Kata Kunci: sump, kapasitas, pompa

1. PENDAHULUAN

PT. Bukit Asam menggunakan metode tambang terbuka yang proses penambangannya berhubungan langsung dengan udara [1]. Apabila terjadi hujan maka air akan masuk ke area penambangan (*pit*). Selain air hujan terdapat juga air tanah yang dapat masuk ke area penambangan [2]. Air yang menggenangi lokasi penambangan merupakan masalah yang penting bagi setiap perusahaan penambangan karena air yang masuk ke lokasi penambangan dapat mengganggu aktivitas penambangan dan mengakibatkan terhambatnya produksi [3]. Maka dari itu diperlukan sistem penirisan yang baik untuk mengendalikan air yang masuk ke *pit*. Sistem penirisan tersebut meliputi pembuatan kolam penampungan (*sump*), pembuatan *ring canal*, perencanaan sistem pemompaan, instalasi pipa, pembuatan saluran terbuka, dan kolam pengendapan lumpur [4].

PT. Bukit Asam sendiri memiliki 3 Pit besar yaitu Tambang Air Laya (TAL), Muara Tiga Besar (MTB), dan Banko Barat. Pada *pit* Muara Tiga Besar terdapat dua wilayah penambangan yaitu Muara Tiga Besar Utara (MTBU) dan Muara Tiga Besar Selatan (MTBS). Pada *pit* Banko Barat terdapat tiga wilayah penambangan yaitu *Pit 1* Banko Barat, *Pit 2* Banko Barat, dan *Pit 3* Banko Barat.

Pada area penambangan *Pit 1* Timur Banko Barat, terdapat *Sump* Timur dengan volume sebesar 600.000 m³. Dengan volume sebesar itu maka *sump* tersebut tidak dapat menampung air atau dengan kata lain *sump* itu dalam keadaan banjir sehingga mengganggu aktivitas penambangan yang ada disana. Oleh karena itu harus dilakukan evaluasi terhadap sistem pemompaan yang digunakan pada *Sump* Timur *Pit 1* Timur Banko Barat dengan mempertimbangkan jumlah pompa yang akan digunakan sehingga air yang masuk ke *sump* dapat ditanggulangi dengan tepat agar tidak mengganggu

aktivitas penambangan di *Pit 1 Timur Banko Barat* dan tercapainya produksi yang telah ditetapkan oleh PT. Bukit Asam.

Dalam melakukan penelitian ini penulis membatasi masalah hanya pada evaluasi sistem penirisan yang meliputi curah hujan rencana, intensitas hujan, debit air yang masuk ke lokasi tambang, *debit* pompa, *head* pompa saat ini yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air dari *Sump Timur Pit 1 Timur Banko Barat* agar tidak mengganggu aktivitas penambangan.

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk melakukan evaluasi terhadap sistem penyaliran pada *sump* pit 1 barat selatan Banko Barat, diantaranya dengan: (1) Mengetahui debit total air yang masuk ke *Sump Timur Pit 1 Timur Banko Barat*, (2) Menentukan kapasitas dan jumlah pompa yang akan digunakan untuk mengeluarkan air pada *Sump Timur Pit 1 Timur Banko Barat*, (3) Mengevaluasi kapasitas pompa dan waktu yang diperlukan untuk menanggulangi air yang berada pada *Sump Timur Pit 1 Timur Banko Barat*.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian kali ini adalah metode pengamatan di lapangan dengan melakukan pengambilan data yang kemudian data tersebut diolah dan dianalisis. Berikut ini adalah variabel rancangan penelitian yang dilakukan diantaranya:

a. Pengambilan Data

1. Data primer merupakan data yang dikumpulkan melalui pengamatan langsung dilapangan, data tersebut meliputi: (1) jumlah pompa, (2) debit aktual pompa, (3) panjang pipa, (4) *accessories* pada pompa.
2. Data sekunder merupakan data dikumpulkan melalui referensi dari perusahaan, melalui buku-buku *handbook* ataupun melalui laporan perusahaan meliputi: (1) data curah hujan, (2) daerah tangkapan hujan, (3) debit pompa, (4) peta situasi, (5) data spesifikasi pipa dan pompa, (6) volume air pada *sump*.

b. Pengolahan Data

Apabila data primer dan sekunder telah didapatkan maka selanjutnya adalah pengelompokan dan pengolahan data. Penelitian ini terdiri dari beberapa variabel, oleh karena itu data yang diperoleh akan dilakukan perhitungan dengan rumus-rumus sebagai berikut:

1. Perhitungan prediksi curah hujan dapat dihitung dengan metode *Gumbel* sebagai berikut [5].

$$X_t = X + k.S \quad (1)$$

$$k = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \quad (2)$$

Keterangan:

- X_t = Prediksi Curah Hujan
 X = Curah hujan maksimum rata-rata selama tahun pengamatan
 k = *Reduced variate factor*
 Y_t = *Reduced variate*
 Y_n = *Reduced mean*
 S_n = *Reduced standart deviation*
 S = *Standart deviation*

2. Perhitungan intensitas curah hujan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut [6].

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

Keterangan:

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
 R_{24} = Curah hujan maksimum (mm/hari)
 t = Lama hujan (jam)

3. Perhitungan debit air limpasan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rasional sebagai berikut [7].

$$Q = C \times I \times A \quad (4)$$

Keterangan:

- Q = Debit limpasan (m³/jam)
 C = Koefisien limpasan
 I = Intensitas curah hujan (m/jam)
 A = Luas *catchment area* (m²)

4. Perhitungan debit air tanah, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [8].

$$Q = \frac{h \frac{L_1 + L_2}{2}}{\Delta t} \quad (5)$$

Keterangan:

- Q = Debit air tanah (m³/jam)
 Δt = Selisih waktu pompa dimatikan dan dihidupkan kembali (jam)
 h = Kenaikan permukaan air *sump* (m)
 L₁ = Luas permukaan air pada saat pompa dimatikan (m²)
 L₂ = Luas permukaan air pada saat pompa dihidupkan (m²)

5. Perhitungan debit evaporasi, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [9].

$$E = 0,35 (e_s - e) [0,5 + (0,54 u_2)] \quad (6)$$

Keterangan:

- E = Evaporasi (mm/hari)
 e_s = Tekanan uap air jenuh (mmHg)
 e = Tekanan uap aktual dalam udara (mmHg)
 u_2 = Kecepatan angin (mm/detik)

6. Perhitungan *head* pompa, dapat dihitung dengan persamaan *Bernoulli* sebagai berikut [10].

$$H_p = z + H_L \quad (7)$$

Keterangan:

- H_p = *head* pompa (m)
 Z = ketinggian diukur dari bidang referensi (m)
 H_L = *head loss* (m)

c. Analisa Data

Data-data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk dievaluasi dengan membandingkan debit air yang masuk ke *sump* dengan debit pemompaan saat ini secara teoritis maupun secara aktual. Sehingga dapat diketahui dari pemompaan aktual saat ini sudah mampu dalam menanggulangi masalah air secara maksimal ataupun belum maksimal.

d. Kesimpulan dan Saran

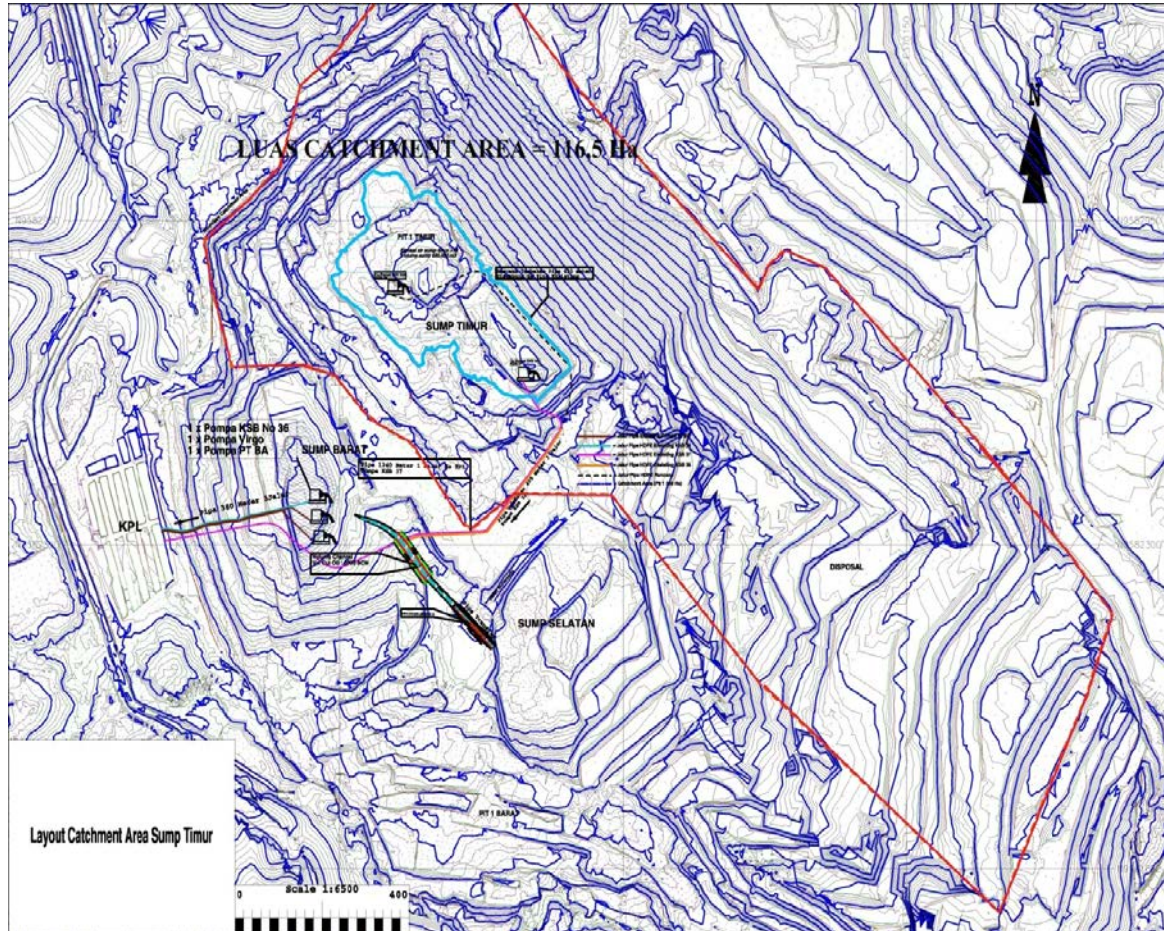
Apabila telah didapat hasil analisa data, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian yang dilakukan untuk menjawab pertanyaan dari masalah yang dihadapi sehingga dapat memberikan saran bagi perusahaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Debit Total Air yang Masuk ke *Sump* Timur *Pit* 1 Timur Banko Barat

3.1.1. Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Daerah tangkapan hujan diperlukan untuk menentukan besarnya debit air yang masuk ke lokasi tambang. Daerah tangkapan hujan untuk *Sump* Timur *Pit* 1 Timur Banko Barat dibatasi oleh tanggul-tanggul dari saluran keliling.



Gambar 1. Peta Catchment Area Sump Timur Pit 1 Timur Banko Barat

Keadaan tangkapan hujan berupa tanah gundul dengan kemiringan $>15^\circ$ sehingga koefisien limpasannya (C) adalah 0,9 dan luasnya adalah sebesar 116,5 Ha atau 1.165.000 m². Berikut peta *Catchment Area* pada Gambar 1.

3.1.2. Analisis Data Curah Hujan dan Intensitas Hujan

Data curah hujan diperlukan untuk menentukan curah hujan rencana yang akan digunakan dalam analisa menentukan debit air yang masuk ke *sump* yang didapat dari Unit *Mine Plan Engineering* PT. Satria Bahana Sarana. Data yang digunakan merupakan data curah hujan 10 tahun terakhir yang dimulai dari tahun 2007 sampai 2016. Data tersebut diolah dengan menggunakan Metode Distribusi *Gumbell* Pers (1) sehingga diperoleh curah hujan rencana selama periode hujan 2 tahun adalah sebesar 117,90 mm/hari. Intensitas hujan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan *monnonobe* Pers (3) sehingga diperoleh intensitas hujan sebesar 19,28 mm/jam.

3.1.3. Debit Air Limpasan

Untuk menentukan debit air limpasan dapat menggunakan Pers (4). dengan nilai C (koefisien limpasan) 0,9, I (intensitas hujan) 19,28 mm/jam dan A (luas catchment area) 116,5 Ha, maka debit air limpasan adalah sebesar 20.215,08 m³/jam dengan jumlah jam hujan maksimum perhari adalah selama 3,09 jam maka debit air limpasan adalah sebesar 62.464,6 m³/hari.

3.1.4. Debit Air Tanah

Untuk menentukan debit air tanah menggunakan Pers (5). Debit air tanah diasumsikan 0,001 m³/detik sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Satuan Kerja Rencana Sipil dan Hidrologi PT Bukit Asam (Persero) Tbk. Debit air tanah selama 1 jam sama dengan 3,6 m³/jam atau sama dengan 86,4 m³/hari.

3.1.5. Debit Evaporasi

Untuk menentukan evaporasi menggunakan Pers (6). dengan nilai e_s (tekanan uap air jenuh) 28,35 mmHg, e (tekanan uap aktual dalam udara) 22,68 mmHg, dan u_2 (kecepatan angin) 2,06 m/s, maka evaporasi sebesar 0,13 mm/jam. Dengan daerah tangkapan hujan sebesar 1.165.000 m², hanya 7.852,1 m² atau sekitar 0,674 % saja yang memungkinkan terjadi evaporasi maka debit evaporasi adalah sebesar 1,02 m³/jam atau 24,48 m³/hari.

3.1.6. Total Debit yang Masuk ke *Sump*

Total debit air yang masuk *Sump* Timur Pit 1 Timur Banko Barat merupakan penjumlahan dari debit limpasan dan debit air tanah kemudian mengalami pengurangan karena terjadi evaporasi. Total debit air limpasan adalah sebesar 62.464,6 m³/hari, kemudian total air tanah adalah sebesar 86,4 m³/hari dan total debit evaporasi adalah sebesar 24,48 m³/hari maka total debit air yang masuk ke *sump* adalah sebesar 62.526,52 m³/hari.

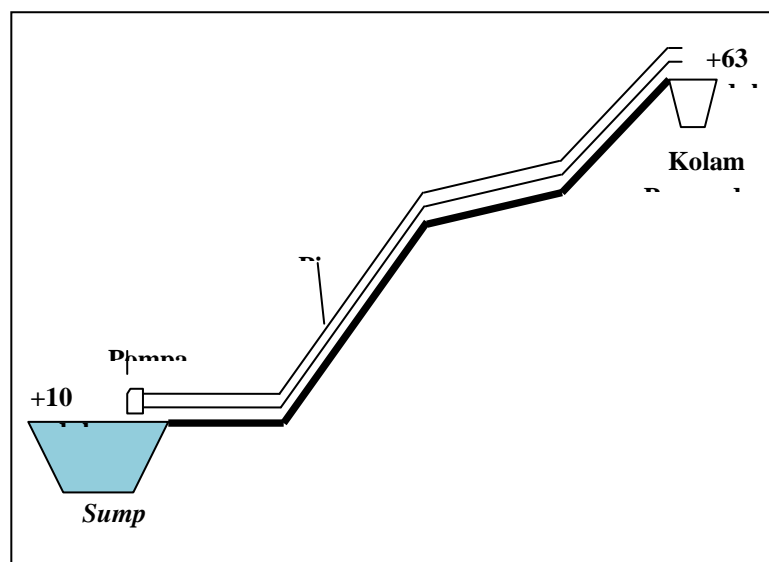
3.2. Kapasitas Pempompaan *Sump* Pit 1 Barat Banko Barat Saat Ini.

3.2.1. Pompa dan Pipa yang Digunakan

Pompa yang digunakan adalah dua unit pompa KSB LCC200 yang memiliki daya sebesar 486 kW (Gambar 4.2). Kedua pompa ini diberi nomor 37 dan 38. Pompa ini bertenaga *diesel* dengan kapasitas pemompaan maksimum sebesar 1.050 m³/jam pada 1.400 rpm dimana tekanan yang dihasilkan pompa sebesar 16 Bar. Pompa dilengkapi aksesoris *gate valve* (katup pintu) yang berfungsi untuk menahan arus balik ketika pompa dimatikan. Kedua unit pompa ini digunakan pada *sump* yang berelevasi +10 mdpl.

Pipa yang digunakan pada sistem pemompaan di *Sump* Timur Pit 1 Timur Banko Barat adalah pipa HDPE (*High Density Polyethylene*). Pipa HDPE ini kerugian *head* akibat gesekan, sambungan dan aksesoris lainnya lebih kecil dibandingkan pipa baja. Pipa HDPE ini juga lebih elastis, mudah perawatannya, dan mudah direparasi dibanding pipa baja. Pipa HDPE ini memiliki nilai koefisien kekasaran pipa sebesar 0,03 – 0,10 dalam satuan milimeter (Gautama, 1999).

Pada kedua jalur pompa KSB LCC200 menggunakan pipa hisap (*rubber hose*) DN 250 atau dengan diameter 0,250 m yang dilengkapi dengan *strainer* (saringan) untuk menyaring material-material yang dapat merusak pompa seperti kayu, batu dan lain-lain. Untuk pipa buangan juga menggunakan pipa DN 250 dimana jumlah pipa HDPE yang digunakan sebanyak 238 buah. Panjang satu buah pipa HDPE DN 250 adalah 6 m, maka panjang jalur pemipaan sebesar 1428 m. Kedua jalur pemompaan ini dibuang ke Kolam Pengendapan Lumpur (KPL) pada elevasi +63 mdpl. Berikut *layout* pemompaan aktual pada Gambar 2.



Gambar 2. Layout Pemompaan Aktual

Tabel 1. Perbandingan antara Debit Aktual dan Spesifikasi serta Head Aktual dan Spesifikasi

Pompa	Debit Aktual (m ³ /menit)	Debit Spesifikasi (m ³ /menit)	Head Total Aktual (m)	Head Total Spesifikasi (m)
KSB LCC200 (37)	6,3157	11,9	99,744	80
KSB LCC200 (38)	6,4007	11,9	100,935	80

Tabel 2. RPM, Daya Pompa, dan Efisiensi Pompa

Pompa	Kecepatan Putaran Mesin (rpm)	Daya Pompa (kWh)	Efisiensi (%)
KSB LCC200 (37)	1.254	216	57 %
KSB LCC200 (38)	1.260	218	58 %

Tabel 3. Debit Pompa per Hari

Pompa	Debit (m ³ /jam)	Jam Kerja (jam/hari)	Debit (m ³ /hari)
KSB LCC200 (37)	378,942	17,3	6.555,6966
KSB LCC200 (38)	384,042	17,3	6.643,9266
Jumlah			13.199,6232

3.2.2. Debit dan head pompa

Debit aktual pompa didapat dari Satuan Kerja Perencanaan Sipil dan Hidrologi PT. Bukit Asam dengan cara pengukuran langsung kelapangan dengan menggunakan alat *Current Meter AOTT type 531*. Debit aktual pompa KSB LCC200 (37) sebesar 6,3157 m³/menit sedangkan KSB LCC200 (38) sebesar 6,4007 m³/menit. Untuk head pada masing-masing pompa dapat dihitung berdasarkan data-data dan pengamatan di lapangan Pit 1 Timur Banko Barat. Untuk menghitung head pompa dapat menggunakan persamaan *Bernouli Pers (7)*. Pada Tabel 1 dapat dilihat perbandingan antara debit aktual dan debit spesifikasi serta head aktual dan head spesifikasi.

Perbedaan debit aktual dan debit spesifikasi ini terjadi dikarenakan PT. Satria Bahana Sarana yang menjadi pihak ketiga dari PT. Bukit Asam (Persero), Tbk tidak memiliki alat *Flow Meter* untuk mengukur debit aktual dari pompa. Jika debit aktual pompa tidak diketahui, maka head aktual pompa tidak dapat diketahui. Faktor lainnya dikarenakan pompa mengalami kurangnya perawatan dan sering mengalami *break down*.

RPM, daya pompa, dan efisiensi pompa dapat ditentukan dengan memasukan debit dan head aktual pompa ke *Curve Performance* sehingga RPM dan efisiensi pompa dapat dilihat pada Tabel 2. Pada saat ini kedua pompa KSB LCC200 memiliki jam kerja selama 17,3 jam/hari (Tabel 3).

3.3. Evaluasi Kapasitas Pemompaan pada Sump Timur Pit 1 Timur Banko Barat

3.3.1. Perbaikan Sistem Pemompaan

Pada saat ini air yang terdapat pada Sump Timur Pit 1 Timur Banko Barat adalah sebesar 630.000 m³ pada elevasi +10 mdpl dimana volume sump sebesar 600.000 m³. Kondisi seperti akan mengganggu proses penambangan. Air yang masuk ke sump adalah sebesar 62.526,52 m³/hari, sedangkan air yang dapat dikeluarkan oleh kedua pompa adalah sebesar 13.199,6232 m³/hari. Air yang masuk lebih besar dari air yang dapat dikeluarkan oleh ketiga pompa. Ini berarti ketiga pompa belum mampu menanggulangi air yang masuk ke sump. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi terhadap kapasitas pompa agar air yang masuk dapat ditanggulangi.

Cara yang dilakukan yaitu dengan mengoptimalkan kinerja pompa, mengurangi panjangnya jalur pemompaan, dan mengoptimalkan jam kerja pompa, namun apabila debit yang dipompakan oleh kedua pompa masih belum mampu menanggulangi air yang masuk ke sump maka perlu dilakukan penambahan pompa.

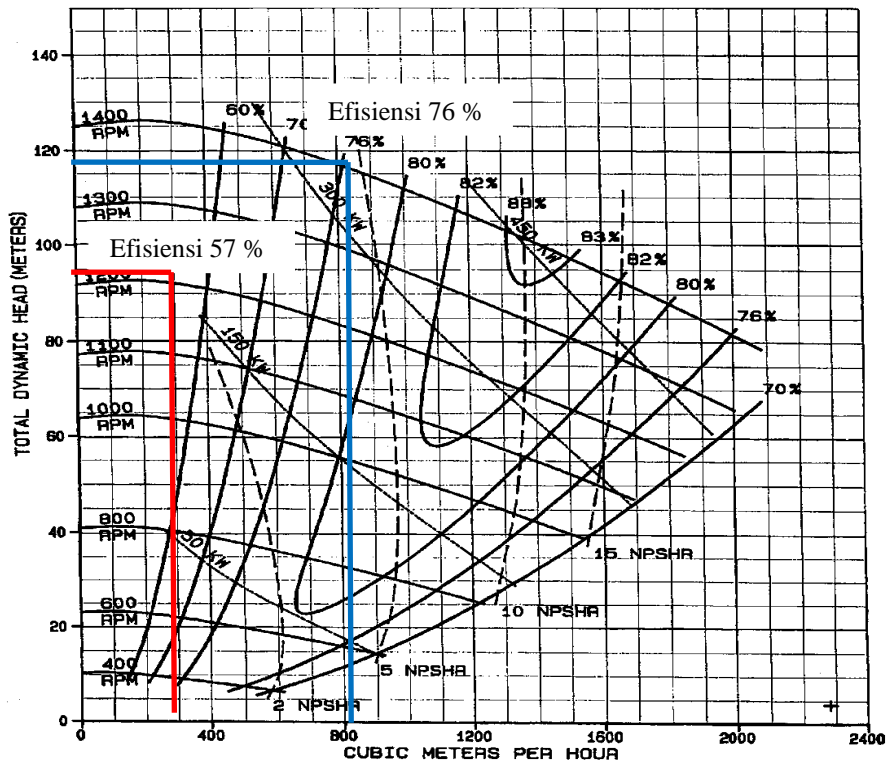
Tabel 4. Optimalisasi Pompa

Pompa	Debit (m ³ /menit)	Head Total (m)	Kecepatan Putaran mesin (rpm)	Effisiensi
KSB LCC200 (37)	14	121	1.410	76 %
KSB LCC200 (38)	14	121	1.410	76 %

Tabel 5. Debit Setelah Dilakukan Optimalisasi Pompa

Pompa	Debit (m ³ /jam)	Jam Kerja (Jam)	Debit (m ³ /hari)
KSB LCC200 (37)	840	21	17.640
KSB LCC200 (38)	840	21	17.640
Jumlah			35.280

Optimalisasi yang direkomendasikan adalah menaikkan rpm pompa sehingga didapatkan debit pompa lebih besar dari debit sebelumnya (Tabel 4). Setelah dilakukan optimalisasi pompa maka debit yang didapat untuk kedua pompa KSB LCC200 adalah sebesar 14 m³/menit. Jalur pemompaan sebelumnya sepanjang 1.428 m dikurangi hingga menjadi 402 m dimana hanya menggunakan 67 buah pipa HDPE. Jam jalan pompa juga harus dioptimalkan menjadi 21 jam/hari dengan pertimbangan pompa perlu dilakukan perawatan, dilakukan pengecekan berkala, pengisian bahan bakar dan mengantisipasi hambatan-hambatan lain yang tidak terduga maka didapatkan debit pemompaan adalah sebesar 35.280 m³/hari (Tabel 5). Dengan total debit air yang masuk sebesar 62.526,52 m³/hari, maka optimalisasi yang dilakukan belum bisa menanggulangi air yang masuk ke *sump*. Untuk itu direncanakan penambahan 2 unit pompa KSB LCC200 dengan asumsi debit 14 m³/menit, sehingga didapat debit total pemompaan sebesar 70.560 m³/hari. Maka, dengan total debit pemompaan sebesar 70.560 m³/hari, debit air yang masuk ke *sump* sebesar 62.526,52 m³/hari dapat ditanggulangi. Perbandingan efisiensi pompa sebelum dan sesudah optimalisasi terdapat pada Gambar 3



Gambar 3. Perbandingan efisiensi pompa sebelum dan sesudah optimalisasi

3.3.2. Waktu Pengeringan pada *Sump*

Dengan optimalnya kapasitas dan jumlah pompa rencana, maka dapat ditentukan proses lama pengeringan *sump* karena di bawah *sump* ini terdapat lapisan batubara *seam C*. Agar lapisan batubara *seam C* ini dapat ditambang, maka *sump* harus dikeringkan hingga volume air yang tersisa sebesar 10.000 m³. Maka lama pengeringan dapat diketahui sebagai berikut:

$$\text{Lama Pengeringan} = \frac{\text{Volume air yang harus dikeluarkan}}{\text{Volume air yang keluar} - \text{volume air yang masuk}} \quad (8)$$

$$\text{Lama Pengeringan} = \frac{620000}{70560 - 62526.52} = 77,17 \text{ hari} \approx 78 \text{ hari}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Total debit air yang masuk ke *Sump Timur Pit 1 Timur* yaitu sebesar 62.526,52 m³/hari yang terdiri dari debit air limpasan yang berasal dari air hujan, debit air tanah, dan debit air akibat terjadinya evaporasi. Total debit air yang masuk diperoleh dari debit air limpasan yang dipengaruhi oleh luas daerah tangkapan hujan sebesar 116,5 Ha dan lamanya hujan yang terjadi selama 3,09 jam sebesar 62.464,6 m³/hari yang dijumlahkan dengan debit air tanah sebesar 86,40 m³/hari kemudian mengalami pengurangan akibat terjadinya evaporasi sebesar 24,48 m³/hari.
2. Kapasitas pompa pada kedua unit pompa yang telah dioperasikan pada *sump pit 1 Timur* yaitu sebesar 6,3157 dan 6,4007 m³/menit dengan jam operasi pompa selama 17,3 jam/hari dan jarak antara *inlet* ke *outlet* sebesar 1.428 m, maka diperoleh debit pemompaan sebesar 13.199,6232 m³/hari. Pada pengoperasian pompa tersebut belum mampu mengendalikan air yang masuk karena debit pemompaan masih lebih kecil dari total debit air yang masuk sebesar 62.526,52 m³/hari sehingga direncanakan untuk mengoptimalkan kinerja pompa dengan cara menaikkan kecepatan putaran mesin pompa dan penambahan pompa. Kapasitas rencana pompa yang akan beroperasi yaitu sebesar 14 m³/menit dengan kecepatan putaran mesin pada pompa sebesar 1.410 rpm dengan total debit pemompaan sebesar 35.280 m³/hari dimana jam operasi pompa ditambah menjadi 21 jam/hari dan jarak dari *inlet* ke *outlet* dikurangi menjadi 400 m serta dilakukan penambahan dua unit pompa.
3. Kapasitas *sump pit 1 Timur* yaitu sebesar 600.000 m³ sudah mampu untuk menampung debit air yang masuk sebesar 62.526,52 m³/hari, akan tetapi volume air pada *sump* 630.000 m³. Lama pengeringan hingga volume air pada *sump* 10.000 m³ selama 78 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suwardi, A. (2004). *Diktat Perencanaan Tambang Terbuka*. Bandung: Universitas Islam Bandung.
- [2] Gautama, R. S. (1999). *Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [3] Robert, K. J. (1996). *Pengantar Hidrogeologi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [4] Endrianto, M. dan Ramli, M. (2013). *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara. Tesis, Fakultas Teknik: Universitas Hasanuddin.*
- [4] Prahastini, S. D. dan Gautama, R. S. (2012). *Perancangan Aplikasi Untuk Sistem Penyaliran Pada Tambang Terbuka. Tesis, Fakultas Teknik: Institut Teknologi Bandung.*
- [5] Soewarno. (1995). *Hidrologi Jilid I*. Bandung: Nova.
- [6] Sosrodarsono. (1993). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [7] Soemarto. (1995). *Hidrologi Teknik Edisi 2*. Jakarta: Erlangga.
- [8] Tahara, H. (2004). *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha.
- [9] Olson, R. dan Steven, W. (1993). *Dasar-dasar Mekanika Fluida Teknik*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka.
- [10] Ing A Nouwen. (1981). *Pompa*. Jakarta: Bharata Karya aksara.