

Evaluasi Penyaliran di *Pit A*, sebagai Proyeksi Aktivitas Penambangan PT. Darma Henwa Tbk, Bengalon Coal Project, Kalimantan Timur.

Nofi Rahma Maryenti^{1*}, Murad MS¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*nofirm11@gmail.com

** muradms@ft.unp.ac.id

Abstract. Pit A PT. Darma Henwa Tbk is conducting mine dewatering efforts to remove the water in the pit, to realize the mining plan back in pit A which will be carried out in March 2019. PT. Darma Henwa Tbk provided 4 pump units in the mine dewatering activity. However, based on field observations, it is seen that there is still a high level of standing water in sump pit A, this certainly affects the initial mining plan. Therefore, evaluation of the drainage system in pit A. The problem solving method is done by analyzing the design recommendations related to optimizing pump performance and minimizing the fuel available in pit A, namely recommendation I, the design of 2 pump outlets on the highwall and 2 on the sidewall. Recommendation II is to design 1 pump outlet on the highwall and 3 on the sidewall, and recommendation III to design 4 pump outlets on the sidewall. Based on the analysis of the three recommendation, it is concluded that the recommendation I (2 outlet pump in the sidewall and 2 in highwall) solving problems more effectively and efficiently linked system optimization mine dewatering or pumping systems at pit A Bengalon Coal Project, PT. Darma Henwa Tbk.

Key Word : *Pit A, Mine dewatering, flowrate, pump, fuel*

1 Pendahuluan

PT. Darma Henwa Tbk, sebagai lokasi penelitian, merupakan perusahaan swasta yang bergerak di bidang jasa penambangan batubara yang menerapkan sistem penambangan terbuka. Metode penambangan terbuka tentunya akan menyebabkan terbentuknya cekungan yang luas sehingga sangat potensial untuk menjadi daerah tampungan air, baik yang berasal dari air limpasan permukaan maupun air tanah. Pada saat kondisi cuaca ekstrim berupa curah hujan yang tinggi maka air yang berasal dari air limpasan akan menggenangi lantai dasar dan berpotensi menjadi salah satu penyebab berlumpurnya *front* penambangan dan menyebabkan terhentinya proses produksi untuk sementara waktu ^[1].

Lokasi penelitian, penambangan batubara di *Pit A* PT. Darma Henwa Tbk, termasuk dalam kategori wilayah yang memiliki curah hujan cukup tinggi. Ketika cuaca ekstrim terjadi, berupa curah hujan dengan intensitas yang tinggi pada tahun 2017 dan pompa pada saat itu tidak bekerja dengan baik, menyebabkan kondisi *front* penambangan berlumpur dan meluapnya air yang berada pada *sump* di *Pit A*. Hal ini menyebabkan *front* penambangan tenggelam dan proses produksi terpaksa dihentikan.

Proses produksi dihentikan akan menyebabkan perusahaan mengalami kerugian. Untuk itu berdasarkan hasil observasi lapangan diketahui bahwa, saat ini terus dilakukan pemompaan untuk mengeluarkan air yang ada di *front* penambangan tersebut. Berdasarkan target rencana pada pertengahan bulan Juni 2019 penambangan di *Pit A* sudah bisa dimulai kembali. Namun, berdasarkan pengamatan di lapangan belum terlihat tanda-tanda air yang ada di *front* penambangan *Pit A* akan mengering pada bulan Juni data dapat dilihat pada lampiran 1 dan 2. Kemudian, perlu adanya evaluasi kapasitas dan kebutuhan pompa secara aktual karena juga ditemukan adanya penggunaan *fuel* yang berlebih pada pompa yang bekerja di *Pit A* data dapat dilihat pada lampiran 3, untuk itu perusahaan terpaksa menghentikan kinerja pompa yang dinilai kurang ekonomis.

Berdasarkan uraian di atas, penulis mengangkat penelitian dengan judul “Evaluasi Sistem Penyaliran Di *Pit A*, Sebagai Proyeksi Aktivitas Penambangan PT. Darma Henwa Tbk, Bengalon Coal Project, Kalimantan Timur” yang nantinya dapat mendukung proses penambangan PT. Darma Henwa Tbk, Bengalon Coal Project.

Dalam penelitian ini akan membahas beberapa aspek masalah antara lain bagaimana kondisi sistem penyaliran di *Pit A* PT. Darma Henwa Tbk secara

aktual berdasarkan debit pemompaan dan biaya penggunaan *fuel* pada pompa, Bagaimanakah evaluasi rancangan instalasi pompa dan pipa yang bekerja di *Pit A* dan rekomendasi rancangannya dalam mengoptimalkan Kinerja pompa dan meminialisir penggunaan *fuel*, bagaimanakah perencanaan sistem *mine dewatering* yang optimal sebagai proyeksi penambangan di *Pit A*. Dengan melakukan penelitian di aspek-aspek tersebut maka bisa didapatkan beberapa tujuan.

2 Kajian Teori

2.1 Siklus Hidrologi

Proses siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Uap air akan bergerak dan memasuki atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian ke permukaan tanah, sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface run off*) mengisi cekungan tanah, danau dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir kelaut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir kedalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian ke luar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi [2].

2.2 Sistem Mine dewatering

Mine dewatering merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke daerah penambangan. Upaya ini terutama untuk menangani air yang berasal dari air hujan. Beberapa metode penyaliran *mine dewatering* dan gambarnya adalah sebagai berikut [3]:

2.2.1 Sistem Kolam Terbuka

Sistem ini diterapkan untuk membuang air yang telah masuk ke daerah penambangan. Air dikumpulkan pada sumur (*sump*), kemudian dipompa keluar dan pemasangan jumlah pompa tergantung kedalaman penggalian.

2.2.2 Cara Paritan

Penyaliran dengan cara paritan ini merupakan cara yang paling mudah, yaitu dengan pembuatan paritan (saluran) pada lokasi penambangan. Pembuatan parit ini bertujuan untuk menampung air limpasan yang menuju lokasi penambangan. Air limpasan akan masuk ke saluran-saluran yang kemudian di alirkan ke suatu

kolam penampung atau dibuang langsung ke tempat pembuangan dengan memanfaatkan gaya gravitasi.

2.2.3 Sistem Adit

Cara ini biasanya digunakan untuk pembuangan air pada tambang terbuka yang mempunyai banyak jenjang. Saluran horizontal yang dibuat dari tempat kerja menembus ke *shaft* yang dibuat di sisi bukit untuk pembuangan air yang masuk ke dalam tempat kerja. Pembuangan dengan sistem ini biasanya mahal, disebabkan oleh biaya pembuatan saluran horizontal tersebut dan *shaft*.

2.3 Curah Hujan

Curah hujan merupakan faktor yang sangat penting dalam perencanaan sistem penirisan, karena besar kecilnya curah hujan pada suatu daerah tambang akan mempengaruhi besar kecilnya air tambang yang harus ditanggulangi. Angka-angka curah hujan yang diperoleh merupakan data yang tidak dapat digunakan secara langsung untuk perencanaan pembuatan sarana pengendalian air tambang, tetapi harus diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai curah hujan yang lebih akurat [4].

2.4 Periode Ulang Hujan

Periode ulang hujan adalah hujan maksimum yang diharapkan terjadi pada setiap n tahun. Jika suatu data curah hujan mencapai harga tertentu (x) yang diperkirakan terjadi satu kali dalam n tahun, maka n tahun dapat dianggap sebagai periode ulang dari x [5].

Perhitungan periode ulang dapat dilakukan dengan beberapa metode, tetapi metode yang paling banyak dipakai di Indonesia adalah Metode *Extrem* Gumbel atau lebih lazim disebut Metode Gumbel yang dapat dihitung dengan persamaan berikut [5]:

$$X = \bar{x} + k \cdot SD \quad (1)$$

Keterangan :

X = Curah hujan rencana (mm/hari)

\bar{x} = curah hujan rata-rata (mm/hari)

Y_n = Rata-rata *reduced mean*

Y_t = *Reduced variate*

S_n = *Reduced standart deviation*

SD = *Standart deviation*

2.5 Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan dalam satuan waktu. Nilai intensitas hujan tergantung lama curah hujan dan frekuensi hujan dan waktu konsentrasi.

2.6 Daerah Tangkapan Air Hujan

Catchment area atau yang juga disebut sebagai *drainage basin*, *watershed* atau daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu daerah yang dibatasi oleh punggung

perbukitan atau titik tertinggi yang apabila terjadi hujan maka air hujan tersebut akan mengalir ke titik terendah di daerah tersebut. Penentuan *catchment area* pada suatu area penambangan dapat ditentukan dengan menganalisis peta topografi dan peta kemajuan penambangan [6]. *Catchment area* didapat dengan cara menghubungkan titik-titik tertinggi pada peta dengan memperhatikan arah aliran air di daerah tersebut hingga didapatkan sebuah poligon tertutup. Luas dari poligon tersebut dapat dihitung dengan menggunakan planimeter, millimeter *block*, atau dengan bantuan *software* [7].

2.7 Air Limpasan

Air limpasan (*surface run off*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau, atau lautan [8]. Air limpasan berlangsung ketika jumlah curah hujan melebihi laju infiltrasi air ke dalam tanah. Setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah pengisian air pada cekungan tersebut selesai, air kemudian dapat mengalir di atas permukaan tanah dengan bebas

2.8 Air Tanah

Air tanah menyusun suatu bagian dari sistem sirkulasi air di bumi yang disebut siklus hidrologi. Formasi yang menyimpan air dari kerak bumi bertindak sebagai jalur pergerakan dan penyimpanan air. Air masuk dalam formasi ini dari permukaan tanah kemudian bergerak perlahan dengan jarak yang bervariasi sampai akhirnya muncul kembali ke permukaan tanah karena aliran alamiah, atau disebabkan oleh tumbuhan atau aktivitas manusia [9]. Siklus hidrogeologi tersebut merupakan pergerakan air dari air permukaan, airtanah dan dari vegetasi ke atmosfer dan kembali ke tanah melalui hujan.

2.9 Pumping (Pemompaan)

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran [10].

3 Metode Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah penelitian terapan, dengan melakukan eksperimen yaitu

menggabungkan teori dan data lapangan untuk pemecahan masalah.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi atas permasalahan tertentu secara praktis. Penelitian ini berfokus kepada penerapan penelitian tersebut dalam kehidupan sehari-hari. Ciri utama dari penelitian ini adalah tingkat abstrak yang rendah dan manfaat atau dampaknya dapat dirasakan secara langsung. Kelebihan dari dapat digunakan dalam jangka pendek, praktis, tidak memakan waktu yang lama, serta dapat digunakan oleh para pelaku bisnis, kantor pemerintahan. Sedangkan kelemahannya adalah dapat berakibat fatal jika terjadi salah menginterpretasi, pembuat keputusan hanya mau tahu hasil akhirnya saja [11].

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Data

4.1.1. Data Sekunder

4.1.1.1. Data Curah Hujan

Penentuan curah hujan rencana menggunakan analisis Annual Series. Data yang ada diolah dengan menggunakan Distribusi Gumbel. Data-data curah hujan yang telah dikumpulkan merupakan data curah hujan maksimum yang diambil dari tahun 2009-2018

4.1.1.2. Ketersediaan Pompa

PT. Darma Henwa Tbk memiliki 4 unit pompa yang bekerja di *Pit A*, dengan model pompa seperti yang tercantum pada Tabel 7. Perhitungan-perhitungan selanjutnya yang melibatkan pompa akan mempertimbangkan ketersediaan pompa yang ada di PT. Darma Henwa Tbk. Ketersediaan pompa di PT. Darma Henwa dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Ketersediaan Pompa PT. Darma Henwa Tbk [12].

No	Nomor Unit	Pump Model	Keterangan
1	HPU 3240	<i>Multiflow 420 EX HV</i>	<i>Ready</i>
2	HPU 3241	<i>Multiflow 420 EX HV</i>	<i>Ready</i>
3	HPU 3242	<i>Multiflow 420 EX HV</i>	<i>Ready</i>
4	HPU 3243	<i>Multiflow 420 EX HV</i>	<i>Ready</i>

4.1.1.3. Data Unit Alat Mekanis

Data unit alat mekanis berupa data jam kerja pompa secara aktual dan penggunaan *fuel* oleh pompa dalam perbulan yang bekerja di *Pit A* PT. Darma Henwa Tbk.

4.1.2. Data Primer

4.1.2.1. Catchment area

Dalam menentukan *catchment area* diperlukan melakukan pengamatan langsung di lapangan serta pengamatan pada peta situasi penambangan tahun 2019. Pengamatan ini dilakukan dengan tujuan menentukan arah aliran air limpasan dan koefisien limpasan yang sesuai pada *catchment area*.

4.1.2.2. Pengukuran Lever Muka Air Sump Pit A

Data hasil pengukuran level muka air *sump Pit A* digunakan untuk menghitung ketinggian air dan memantau volume air yang tersisa dalam *sump*, serta juga dapat digunakan untuk menghitung debit air tanah.

4.1.2.3. Data Pengukuran Pancuran Air Pada Outlet Pompa

Data pengukuran pancuran air *outlet pompa* di *Pit A* digunakan untuk menghitung debit aktual pompa dan perhitungan terkait dengan kemampuan pompa secara aktual.

4.2 Pengolahan dan Analisis Data

4.2.1. Curah Hujan

4.2.1.1. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Pengolahan data curah hujan dimaksudkan untuk mendapatkan data curah hujan tiap selang waktu dan intensitas curah hujan yang siap pakai untuk perencanaan. Berdasarkan data curah hujan di PT. Darma Henwa Tbk 10 tahun di atas, maka dapat dihitung curah hujan rencana dengan metode Gumbel sebagai berikut:

$$X_t = X_r + S.K \quad (1)$$

Nilai standar deviasi data dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{(X - X_r)^2}{n-1}} \quad (2)$$

Sementara nilai Y_{tr} yang juga merupakan parameter perhitungan dapat ditentukan nilainya dengan persamaan berikut:

$$Y_{tr} = -\ln(-\ln(\frac{T-1}{T})) \quad (3)$$

Untuk Nilai data Y_n dan S_n ditentukan nilainya dengan persamaan berikut:

$$Y_n = -\ln(-\ln(\frac{(n+1)-m}{n+1})) \quad (4)$$

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (Y_n - \bar{Y}_n)^2}{n-1}} \quad (5)$$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan data curah hujan rencana. Data harian diambil secara over estimate yaitu mengambil data curah hujan harian maksimum sebagai perwakilan data seperti pada Tabel 9.

Tabel 9. Penentuan Curah Hujan Harian Maksimum Untuk Setiap Tahunnya [13].

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)												Max
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	
2009	27.00	52.00	47.00	49.00	60.00	21.00	63.00	15.50	20.50	55.50	37.50	65.00	65.00
2010	69.00	29.00	50.00	55.00	29.00	52.00	54.00	75.00	57.00	45.00	40.00	59.00	75.00
2011	41.00	51.00	50.00	55.00	29.00	52.00	54.00	75.00	57.00	45.00	40.00	59.00	75.00
2012	66.00	38.00	50.00	59.00	52.00	54.00	37.00	51.00	41.00	50.00	56.00	36.00	66.00
2013	54.00	36.50	78.00	52.00	38.00	30.00	36.00	39.00	26.00	30.00	61.00	75.00	78.00
2014	60.00	34.00	45.00	38.00	28.00	56.00	38.00	60.00	25.00	10.00	75.00	82.00	82.00
2015	36.50	32.00	23.50	92.00	29.00	34.00	17.00	12.00	26.00	19.00	26.00	25.00	92.00
2016	49.00	44.00	30.00	52.00	42.00	27.00	87.50	45.50	27.50	52.00	97.00	55.00	97.00
2017	53.00	25.00	50.00	57.00	50.00	32.00	22.00	37.00	38.00	11.00	88.00	54.00	88.00
2018	41.00	88.00	68.00	52.00	38.00	65.00	29.00	20.00	15.00	46.00	29.00	49.00	86.00

Maka dapat ditentukan nilai curah hujan rata-rata harian (X_r) pada periode 10 tahun di atas sebagai berikut:

$$X_r = \frac{65+75+75+66+78+82+92+97+88+86}{10} \text{ (mm/hari)}$$

$$= 80,40 \text{ mm/hari}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan lanjutan yaitu mencari nilai standar deviasi dari data-data yang telah ada. Nilai standar deviasi berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai Standar Deviasi Berdasarkan Hasil Perhitungan

Tahun	Curah Hujan Maksimum (X)	Curah Hujan Rata-rata (X_r)	$(X - X_r)^2$	SD
2009	65.00	80.40	237.16	10.60
2010	75.00		29.16	
2011	75.00		29.16	
2012	66.00		207.36	
2013	78.00		5.76	
2014	82.00		2.56	
2015	92.00		134.56	
2016	97.00		275.56	
2017	88.00		57.76	
2018	86.00		31.36	
Jumlah	804.00		1010.40	

Tabel 11. Perhitungan Nilai Y_n dan S_n

Tahun	Curah Hujan Maksimum (X)	n	m	Y_n	$Y_n \text{ bar}$	$(Y_n - Y_n \text{ bar})^2$	S_n
2009	65.00	10	10	-0.875	0.495	1.876	1.001
2010	75.00	10	8	-0.262		0.573	
2011	75.00	10	7	-0.012		0.257	
2012	66.00	10	9	-0.533		1.058	
2013	78.00	10	6	0.238		0.066	
2014	82.00	10	5	0.501		0.000	
2015	92.00	10	2	1.606		1.234	
2016	97.00	10	1	2.351		3.443	
2017	88.00	10	3	1.144		0.421	
2018	86.00	10	4	0.794		0.089	
Jumlah	804.00			4.95		9.02	

Setelah didapatkan nilai seluruh parameter X_r , K , dan SD maka dapat dihitung nilai curah hujan rencana pada periode ulang 5 tahun sebagai berikut:

$$X_t = X_r + k.SD$$

$$X_t = 80,40 \text{ mm/hari} + (1,004 \times 10,60)$$

$$X_t = 91,042 \text{ mm/hari}$$

Maka didapatkan curah hujan rencana dalam periode waktu 5 tahun yaitu yang dapat digunakan pada tahun 2019 adalah 91,042 mm/hari. Perhitungan curah hujan harian rencana dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Curah Hujan Rencana dengan Periode Ulang yang Berbeda

Periode Ulang Hujan (tahun)	2	3	4	5
Nilai Yt	0.367	0.903	1.246	1.500
Nilai Yn		0.495		
Nilai Sn		1.001		
Standart Deviation (SD)		10.60		
Reduced Variate Factor (k)	-0.128	0.407	0.750	1.004
Curah Hujan Harian Rata-rata (X)		80.400		
Curah Hujan Rencana Harian (Xi)	79.039	84.718	88.352	91.042

4.2.1.2. Periode Ulang Hujan dan Resiko Hidrologi

Penentuan resiko hidrologi dihitung menggunakan rumus berikut, dengan memperkirakan lamanya sistem penyaliran akan bekerja (Tl) selama 5 tahun.

$$Pr = 1 - \left(1 - \left\{\frac{1}{Tr}\right\}^{TL}\right) \times 100\%$$

$$Pr = 1 - \left(1 - \left\{\frac{1}{5}\right\}^8\right) \times 100\% = 83,22\%$$

Hasil perhitungan resiko hidrologi pada periode ulang tahun yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Resiko Hidrologi pada Periode Ulang Berbeda

Periode Ulang Hujan (Tahun)	Resiko Hidrologi (%)
1	100,00
2	99,61
3	96,10
4	89,99
5	83,22
6	76,74
7	70,86
8	65,64

4.2.1.3. Koefisien Limpasan

Nilai koefisien limpasan (C) dipengaruhi oleh tata guna lahan dan kemiringan. Dari hasil pengamatan dilapangan dengan mengacu nilai koefisien limpasan diperoleh nilai koefisien limpasan untuk daerah tangkapan hujan saluran pengalihan dapat dilihat pada Tabel 14 [3].

Tabel 14. Nilai Koefisien Limpasan (C)

Catchment area	Nilai Koefisien Limpasan (C)	Kemiringan dan Tata Guna Lahan
Area Pit A	0,9	>15%, Tanpa Tumbuhan Daerah Tambang

4.2.1.4. Intensitas Hujan Rencana

perhitungan intensitas hujan untuk *catchment area* Pit A yaitu sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{91,042 \text{ mm/hari}}{24} \times \left(\frac{24}{12,74}\right)^{\frac{2}{3}} = 4,487 \text{ mm/jam}$$

4.2.1.4. Perhitungan Debit Air Limpasan Permukaan

Berdasarkan tipe lokasi di sekitar *catchment area*, wilayah *pit A* termasuk zona pertambangan yang mempunyai koefisien limpasan sebesar 0,9. Perhitungan debit air limpasan permukaan yang masuk ke saluran pengalihan:

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A$$

$$Q = 0,00278 \times 0,9 \times 4,487 \text{ mm/jam} \times 595,2 \text{ Ha}$$

$$Q = 6,682 \text{ m}^3/\text{detik}$$

(Hasil Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 16)

Tabel 16. Nilai Debit Air Limpasan Permukaan

L (m)	Δh (m)		S	Tc (Jam)	I (mm/ jam)
	h1	h2			
1670	107	120	0,136	12,74	4,487

4.2.2. Perhitungan Debit Air Tanah

Perhitungan debit air tanah dilakukan dengan melihat rembesan air yang bukan berasal dari air limpasan. Data yang digunakan pada perhitungan debit air tanah yaitu data pengukuran kenaikan tinggi air permukaan *sump* pada saat kondisi cuaca cerah (tidak hujan) dan pompa dalam keadaan mati/off namun elevasi air mengalami kenaikan. Setelah didapatkan kenaikan tinggi air dari permukaan *sump*, kemudian dilakukan analisis perubahan volume air yang terjadi. Perhitungan debit air tanah adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta Waktu}$$

$$Q = \frac{2965 \text{ m}^3}{1 \text{ jam}} = 2965 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q = \frac{2965 \text{ m}^3/\text{jam}}{3600 \text{ detik}} = 0,8 \text{ m}^3/\text{detik}$$

4.2.3. Debit Total

Debit total merupakan debit keseluruhan yang masuk ke dalam bukaan tambang (*pit*) dan ditampung di *sump*. Debit keseluruhan yang dimaksud adalah debit limpasan air permukaan ditambah dengan debit air tanah. Berdasarkan hasil perhitungan debit limpasan permukaan dan air tanah, maka didapatkan nilai debit limpasan total air limpasan yang mengalir ke *catchment area*. Adapun perhitungan total debit air limpasan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Debit total} &= Q \text{ air limpasan permukaan} + Q \text{ air tanah} \\ &= 6,682 \text{ m}^3/\text{detik} + 0,824 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 7,506 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 7,506 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3.600 \\ &= 27.021,6 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

4.2.4. Volume Total

Volume total terdiri dari volume air saat ini yang menggenangi area *pit* ditambah dengan volume air limpasan permukaan dan volume air tanah. Volume air yang berada di *sump Pit A* saat ini adalah sebesar 2.131.538 m³ ini didapatkan dari hasil pengukuran muka level air di *Pit A*. Adapun perhitungan volume limpasan dan volume total adalah sebagai berikut ^[14]:

$$\begin{aligned} \text{Volume Limpasan} &= Q \text{ Limpasan} \times n \\ &= (24,054 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam}) \times 25 \text{ hari} \\ &= 48,107 \text{ m}^3/\text{hari} \times 25 \text{ hari} \\ &= 1.202.676 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Air Tanah} &= Q \text{ air tanah} \times n \\ &= (2.965 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24) \times 25 \text{ hari} \\ &= 71.154 \text{ m}^3/\text{hari} \times 25 \text{ hari} \\ &= 1.778.850 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Total} &= V \text{ sump} + V \text{ limpasan} + V \text{ air tanah} \\ \text{Volume Total} &= 2.131.538 \text{ m}^3 + 1.202.676 \text{ m}^3 + \\ &1.778.850 \text{ m}^3 \\ &= 2.981.526 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4.2.5. Debit Pemompaan Aktual

4.2.5.1. Data Pengukuran Pancuran Air Pada Outlet Pompa

a. HPU 3240 / MF 420 EX

Tabel 17. Data pengukuran pancuran air pada outlet pompa

Tanggal	Waktu	Area	X (m)	Y (m)	D (m)	G (m/s ²)	Speed (Rpm)
07-02-19	14.30 WITA	Pit A	0,55	0,30	0,301	9,81	1600
14-02-19	14.30 WITA	Pit A	0,45	0,30	0,301	9,81	1600
28-02-19	08.00 WITA	Pit A	0,50	0,30	0,301	9,81	1597
RATA-RATA			0,50	0,30	0,301	9,81	1599

b. HPU 3241 / MF 420 EX

Tabel 18. Data pengukuran pancuran air pada outlet pompa

Tanggal	Waktu	Area	X (m)	Y (m)	D (m)	G (m/s ²)	Speed (Rpm)
07-02-19	14.30 WITA	Pit A	0,75	0,30	0,301	9,81	1600
14-02-19	14.30 WITA	Pit A	0,68	0,30	0,301	9,81	1556
28-02-19	08.00 WITA	Pit A	0,60	0,30	0,301	9,81	1585
RATA-RATA			0,68	0,30	0,301	9,81	1580

c. HPU 3242/MF 420 EX

Tabel 19. Data pengukuran pancuran air pada outlet pompa

Tanggal	Waktu	Area	X (m)	Y (m)	D (m)	G (m/s ²)	Speed (Rpm)
07-02-19	14.30 WITA	Pit A	0,49	0,30	0,301	9,81	1568
14-02-19	14.30 WITA	Pit A	0,45	0,30	0,301	9,81	1582
28-02-19	08.00 WITA	Pit A	-	-	-	-	-
RATA-RATA			0,47	0,30	0,301	9,81	1575

d. HPU 3234 / MF 420 EX

Tabel 20. Data pengukuran pancuran air pada outlet pompa

Tanggal	Waktu	Area	X (m)	Y (m)	D (m)	G (m/s ²)	Speed (Rpm)
07-02-19	14.30 WITA	Pit A	0,50	0,30	0,301	9,81	1570
14-02-19	14.30 WITA	Pit A	0,90	0,30	0,301	9,81	1601
28-02-19	08.00 WITA	Pit A	0,75	0,31	0,301	9,81	1570
RATA-RATA			0,72	0,30	0,301	9,81	1580

4.2.5.2. Perhitungan Debit Aktual Pompa

a. HPU 3240 / MF 420 EX

$$Q \text{ (m}^3/\text{jam)} = V \text{ (m/s)} \times A \text{ (m}^2)$$

$$V = \frac{X}{\sqrt{\frac{2Y}{G}}}$$

$$A = \frac{3,14 \times d^2}{4}$$

Didapatkan nilai :

$$V = \frac{X}{\sqrt{\frac{2Y}{G}}} = \frac{0,50 \text{ m}}{\sqrt{\frac{2 \times 0,30 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}}} \times 3600 = 7.278,32 \text{ m/jam}$$

$$A = \frac{3,14 \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,301^2 \text{ m}}{4} = 0,07 \text{ m}^2$$

$$Q = V \times A = 7.278,32 \text{ m/jam} \times 0,07 = 517,65 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q = \frac{517,65 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 1000}{3600} = 143,79 \text{ liter/detik}$$

b. HPU 3241 / MF 420 EX

$$V = \frac{X}{\sqrt{\frac{2Y}{G}}} = \frac{0,68 \text{ m}}{\sqrt{\frac{2 \times 0,30 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}}} \times 3600 = 9.850 \text{ m/jam}$$

$$A = \frac{3,14 \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,301^2 \text{ m}}{4} = 0,07 \text{ m}^2$$

$$Q = V \times A = 9.850 \text{ m/jam} \times 0,07 = 700,55 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q = \frac{700,55 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 1000}{3600} = 194,60 \text{ liter/detik}$$

c. HPU 3242/MF 420 EX

$$V = \frac{X}{\sqrt{\frac{2Y}{G}}} = \frac{0,47 \text{ m}}{\sqrt{\frac{2 \times 0,30 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}}} \times 3600 = 6.841 \text{ m/jam}$$

$$A = \frac{3,14 \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,301^2 \text{ m}}{4} = 0,07 \text{ m}^2$$

$$Q = V \times A = 6.841 \text{ m/jam} \times 0,07 = 486,59 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q = \frac{486,59 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 1000}{3600} = 135,16 \text{ liter/detik}$$

d. HPU 3234 / MF 420 EX

$$V = \frac{X}{\sqrt{\frac{2Y}{G}}} = \frac{0,72 \text{ m}}{\sqrt{\frac{2 \times 0,30 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}}} \times 3600 = 10.432,26 \text{ m/jam}$$

$$A = \frac{3,14 \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,301^2 \text{ m}^2}{4} = 0,07 \text{ m}^2$$

$$Q = V \times A = 10.432,26 \text{ m/jam} \times 0,07 = 741,96 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q = \frac{741,96 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 1000}{3600} = 206,10 \text{ liter/detik}$$

4.2.5.3. Total Dinamic Head dan Efisiensi Pompa

Berikut ini adalah hasil dari pengukuran TDH dan efisiensi pompa dari 4 unit pompa Multiflow 420 EX yang ada di Pit A Bengalon Coal Project

a. HPU 3240 / MF 420 EX

Untuk unit HPU 3240 diketahui $Q = 143,79$ liter/detik dan $speed = 1599$ rpm, kemudian setelah nilai-nilai tersebut dihubungkan maka di dapatkan nilai TDH = 180 m dan efisiensi = 65%, dimana kurva nya dapat dilihat pada Lampiran 11. Untuk kondisi pipa HDPE pada unit HPU 3240 ini sehingga performa pompa tersebut masih dikatakan dalam kondisi baik.

b. HPU 3241 / MF 420 EX

Untuk unit HPU 3240 diketahui $Q = 195$ liter/detik dan $speed = 1580$ rpm, kemudian setelah nilai-nilai tersebut dihubungkan maka di dapatkan nilai TDH = 180 m dan efisiensi = 70%, dimana kurva nya dapat dilihat pada Lampiran 12. Kondisi pipa HDPE pada Unit HPU 3241 ini masih baik (tidak mengalami kebocoran), sehingga performa pompa tersebut masih dikatakan dalam kondisi baik.

c. HPU 3242 / MF 420 EX

Untuk unit HPU 3242 diketahui $Q = 135$ liter/detik dan $speed = 1575$ rpm, kemudian setelah nilai-nilai tersebut dihubungkan maka di dapatkan nilai TDH = 180 m dan efisiensi = 65%, dimana kurva nya dapat dilihat pada Lampiran 13. Untuk kondisi pipa HDPE pada unit HPU 3242 ini mengalami kebocoran pada bagian *highwall* dan kemudian mengalami kerusakan sehingga mempengaruhi debit dan performa pompa tersebut. Untuk itu, dikarenakan pada pertengahan penelitian dilakukan pipa pada unit ini mengalami kerusakan sehingga data yang diukur atau dihitung akan dianggap tidak ada.

d. HPU 3243 / MF 420 EX

Untuk unit HPU 3243 diketahui $Q = 206$ liter/detik dan $speed = 1580$ rpm, kemudian setelah nilai-nilai tersebut dihubungkan maka di dapatkan nilai TDH = 153 m dan efisiensi = 70%, dimana kurva nya dapat dilihat pada Lampiran 14. Kondisi pipa HDPE pada Unit HPU 3243 ini dalam kondisi baik, sehingga performa pompa tersebut masih dalam kondisi baik.

4.2.5.4. Fuel Cosumption

Untuk menghitung *fuel consumption* perlu diketahui nilai dari *power absorb*, *speed engine (operating speed)* dan *power engine* dari unit pompa. *Power absorb* merupakan daya yang diserap pompa untuk mengalirkan air. Untuk menentukan nilai dari *power absorb* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Power\ Absorb = \frac{head \times Q \times Sg}{367 \times Efisiensi}$$

Keterangan :

$$Sg = 1 \text{ Kg/m}^3 = 1000 \text{ g/cm}^3$$

367 = Koefisien konversi satuan ke KWH

HPU 3240/ MF 420 EX

$$Power\ Absorb = \frac{head \times Q \times Sg}{367 \times Efisiensi}$$

$$Power\ Absorb = \frac{178 \times 518 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \times 0,70}{367}$$

$$= 176 \text{ KWH}$$

Untuk *speed engine (operating speed)* diketahui dari *time sheet* atau *control panel* pada pompa, kemudian akan digunakan sebagai indikator untuk menentukan *power engine* dari pompa tersebut menggunakan kurva *engine* Multiflo 420 EX HV. *Power engine* merupakan daya yang dikeluarkan untuk menyerap air atau memutar pompa [15].

Fuel consumption pada pompa dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Fuel\ Consumption = \frac{Power\ absorb \times Power\ engine}{1000 \times 0,83}$$

Keterangan :

1000 = faktor pengubah ke liter

0,83 = Sg solar

HPU 3240/MF 420 EX

$$Fuel\ Consumption = \frac{Power\ absorb \times Power\ engine}{1000 \times 0,83}$$

$$= \frac{176 \times 573}{1000 \times 0,83}$$

$$= 121 \text{ l/jam}$$

Dari analisis data yang dilakukan pada ke 4 unit pompa Multiflo 420 EX yang berada di *pit A*, membuktikan bahwa kinerja aktual ke 4 pompa tersebut tidak sesuai dengan target rencana yang telah ditetapkan yaitu sebesar 700 m³/ jam atau setara dengan 194 liter/detik pada masing-masing pompa dengan efektifitas kerja pompa sebesar 70%. Kemudian dibuktikan juga dengan penggunaan *fuel* yang melebihi yaitu sebesar 84% dari debit aktual pemompaan. Hal ini membuat proses *mine dewatering* di *pit A* menjadi lambat sehingga, proses penambangan yang direncanakan akan dimulai pada Juni 2019 tertunda.

4.2.6. Rekomendasi Pemecahan Masalah

Rekomendasi untuk melakukan optimalisasi sistem pemompaan (debit dan *fuel* pompa) agar kegiatan *mine dewatering* mampu mengatasi air yang masuk ke *Pit A* sehingga, air yang menggenangi *front* penambangan *Pit A* dapat mengering dan proses penambangan dapat segera dimulai kembali.

Adapun data-data yang diinput pada rekomendasi ini yaitu, spesifikasi pompa, total *head*, volume total dan harga pipa.

4.2.6.1. Pemilihan Pompa dan Pipa

Pipa yang direkomendasikan adalah jenis pipa HDPE (*High Density Poly Ethnyl*) yaitu pipa HDPE diameter 8 inci untuk sisi *inlet* dan 16 inci untuk sisi *outlet*. Pipa jenis ini dikenal sebagai pipa yang mudah dalam penanganannya. Beberapa keunggulan pipa HDPE dibandingkan dengan pipa baja antara lain ^[16]:

- Pipa HDPE lebih elastis dan tidak mudah pecah.
- Pipa HDPE terbuat dari bahan plastik, sehingga pipa tersebut tahan karat.
- Pemasangan atau instalasi pipa HDPE lebih mudah.
- Radius belokan pipa HDPE mampu melingkar dengan diameter sebesar dua puluh kali diameter pipa, sehingga tidak mudah patah.

4.2.6.2. Rencana Sistem Pemompaan

a. Rekomendasi 1

Pada rekomendasi I ini, dirancang *outlet* pompa dengan posisi 2 di *highwall* yang berada di elevasi +60 mdpl dengan panjang pipa 400 m, dan 2 di *sidewall* dengan elevasi 45 mdpl dengan panjang pipa 1000 m. Dengan rancangan ini kita membutuhkan tambahan 612 m pipa HDPE untuk pemindahan instalasi dari *highwall* ke *sidewall*. Adapun analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Debit total} &= 3.294 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Fuel Consumption} &= 738 \text{ liter/jam} \\ \text{Harga Fuel} &= \text{Fuel Consumption} \times \text{Harga Solar} \\ &= 738 \text{ liter/jam} \times \text{Rp. } 9.800 \\ &= \text{Rp } 7.232.400 / \text{jam} \\ \text{Harga per debit} &= \frac{\text{Harga Fuel}}{\text{Debit Total}} = \frac{\text{Rp } 7.232.400/\text{jam}}{3.294 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= \text{Rp } 2.195 / \text{m}^3 \\ \text{Waktu Pemompaan} &= \frac{\text{Volume Total}}{\text{Debit Total}} = \frac{2.981.526 \text{ m}^3}{3.294 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= \frac{905 \text{ jam}}{22} = 41 \text{ hari} \\ \text{Biaya Pemompaan} &= \text{Volume Total} \times \text{Harga per debit} \\ &= 2.981.526 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 2.195 / \text{m}^3 \\ &= \text{Rp } 6.544.455.638 \\ \text{Biaya Pemipaan} &= \text{Panjang Pipa} \times \text{Harga} \\ &= 612 \text{ m} \times \text{Rp } 2.587.000 / \text{m} \\ &= \text{Rp } 1.583.244.000 \\ \text{Biaya Total} &= \text{Biaya Pemompaan} + \text{Biaya Pemipaan} \\ &= \text{Rp } 6.544.455.638 + \text{Rp } 1.583.244.000 \\ &= \text{Rp } 8.127.699.638,29 \end{aligned}$$

Dari analisis di atas dapat diketahui bahwa dengan rekomendasi ini, penggunaan *fuel* dapat berbanding lurus dengan debit pemompaan. Dan pemompaan diperkirakan akan bekerja selama 41 hari hingga air di *Pit A* dapat mengering, untuk itu perlu adanya perbaikan dan penambahan instalasi pipa HDPE sepanjang 612 m untuk menunjang kegiatan pemompaan di *Pit A*.

b. Rekomendasi 2

Pada rekomendasi II ini, dirancang *outlet* pompa dengan posisi 1 di *highwall* yang berada di elevasi +60 mdpl dengan panjang pipa 400 m, dan 3 di *sidewall* dengan elevasi 45 mdpl dengan panjang pipa 1000 m. Dengan rancangan ini kita membutuhkan tambahan 1212 m pipa HDPE untuk pemindahan instalasi dari *highwall* ke *sidewall*. Adapun analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Debit total} &= 3.546 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Fuel Consumption} &= 778 \text{ liter/jam} \\ \text{Harga Fuel} &= \text{Fuel Consumption} \times \text{Harga Solar} \\ &= 778 \text{ liter/jam} \times \text{Rp } 9.800 \\ &= \text{Rp } 7.624.400 / \text{jam} \\ \text{Harga per debit} &= \frac{\text{Harga Fuel}}{\text{Debit Total}} = \frac{\text{Rp } 7.624.400/\text{jam}}{3.546 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= \text{Rp } 2.149 / \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Pemompaan} &= \frac{\text{Volume Total}}{\text{Debit Total}} = \frac{2.981.526 \text{ m}^3}{3.546 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= \frac{841 \text{ jam}}{22} = 38 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Pemompaan} &= \text{Volume Total} \times \text{Harga per debit} \\ &= 2.981.526 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 2.149 / \text{m}^3 \\ &= \text{Rp } 6.408.671.388,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Pemipaan} &= \text{Panjang Pipa} \times \text{Harga} \\ &= (612 + 600) \text{ m} \times \text{Rp } 2.587.000 / \text{m} \\ &= \text{Rp } 3.135.444.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Total} &= \text{Biaya Pemompaan} + \text{Biaya Pemipaan} \\ &= \text{Rp } 6.408.671.388,54 + \text{Rp } 3.135.444.000 \\ &= \text{Rp } 9.544.115.388,54 \end{aligned}$$

Dari analisis di atas dapat diketahui bahwa dengan rekomendasi ini, penggunaan *fuel* dapat berbanding lurus dengan debit pemompaan. Dan pemompaan diperkirakan akan bekerja selama 38 hari hingga air di *Pit A* dapat mengering, hal ini lebih cepat dari perkiraan waktu pemompaan untuk rekomendasi I. Namun, perlu adanya perbaikan dan penambahan instalasi pipa HDPE sepanjang 1212 m untuk menunjang kegiatan pemompaan di *Pit A*.

c. Rekomendasi 3

Pada rekomendasi II ini, dirancang *outlet* pompa dengan memindahkan ke 4 unit *outlet* pompa ke *sidewall* dengan elevasi 45 mdpl dengan panjang pipa 1000 m. Dengan rancangan ini kita membutuhkan tambahan 1812 m pipa HDPE untuk pemindahan instalasi dari *highwall* ke *sidewall*. Adapun analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Debit total} &= 3.636 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Fuel Consumption} &= 780 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Fuel} &= \text{Fuel Consumption} \times \text{Harga Solar} \\ &= 780 \text{ liter/jam} \times \text{Rp } 9.800 \\ &= \text{Rp } 7.644.000 / \text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga per debit} &= \frac{\text{Harga Fuel}}{\text{Debit Total}} = \frac{\text{Rp } 7.644.000/\text{jam}}{3.636 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= \text{Rp } 2.101 / \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Pemompaan} &= \frac{\text{Volume Total}}{\text{Debit Total}} = \frac{2.981.526 \text{ m}^3}{3.636 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= \frac{820 \text{ jam}}{22} = 37 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Pemompaan} &= \text{Volume Total} \times \text{Harga per debit} \\ &= 2.981.526 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 2.101 \text{ m}^3 \\ &= \text{Rp } 6.264.600.238,06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Pemipaan} &= \text{Panjang Pipa} \times \text{Harga} \\ &= (612 + 600 + 600) \text{ m} \times \text{Rp } 2.587.000 / \text{m} \\ &= \text{Rp } 4.687.644.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Total} &= \text{Biaya Pemompaan} + \text{Biaya Pemipaan} \\ &= \text{Rp } 6.264.600.238,06 + \text{Rp } 4.687.644,000 \\ &= \text{Rp } 10.952.244.238,06 \end{aligned}$$

Dari analisis di atas dapat diketahui bahwa dengan rekomendasi ini, penggunaan *fuel* dapat berbanding lurus dengan debit pemompaan. Dan pemompaan diperkirakan akan bekerja selama 37 hari hingga air di *Pit A* dapat mengering, hal ini lebih cepat dari perkiraan waktu pemompaan untuk rekomendasi I dan rekomendasi II. Namun, perlu adanya perbaikan dan penambahan instalasi pipa HDPE sepanjang 1812 m untuk menunjang kegiatan pemompaan di *Pit A*, dan ini tentu dengan biaya yang lebih besar.

4.3 Pembahasan

Rekomendasi-rekomendasi pemecahan masalah yang telah dilakukan proses pengolahan dan analisis data di atas dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan terkait dengan penanganan atau pemompaan air yang masuk menggenangi *front* penambangan *Pit A* Bengalon Coal Project, PT. Darma Henwa Tbk agar didapat sistem penyaliran tambang yang optimal dalam kinerja pompa dan efisien untuk biaya pemompaan, sebagai proyeksi penambangan di *Pit A* sehingga proses penambangan dapat segera dimulai kembali. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data pada setiap rekomendasi pemecahan masalah, selanjutnya didapatkan rekapitulasi hasil analisis data pada Tabel 21.

Tabel 21. Rekapitulasi Hasil Analisis Data

Indikator	Rekomendasi 1	Rekomendasi 2	Rekomendasi 3
Volume Total (m ³)	2,981,526	2,981,526	2,981,526
Debit Total 4 Unit Pompa (m ³ /jam)	3294	3546	3636
Fuel Consumption 4 Unit Pompa (L/jam)	738	778	780
Harga Solar (IDR)	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800
Harga Perdebit (IDR)	Rp 2,195	Rp 2,149	Rp 2,101
Waktu Kerja Pompa (jam)	905	841	820
Waktu Kerja Pompa (hari)	41	38	37
Biaya Total Pemompaan (IDR)	Rp 6,544,455,638.29	Rp 6,408,671,388.54	Rp 6,264,600,238.06
Pipa (IDR)	Rp 1,583,244,000	Rp 3,135,444,000	Rp 4,687,644,000
Total (IDR)	Rp 8,127,699,638.29	Rp 9,544,115,388.54	Rp 10,952,244,238.06

Rekomendasi I, dari analisis di atas dapat diketahui bahwa dengan rekomendasi ini, penggunaan *fuel* dapat berbanding lurus dengan debit pemompaan dengan harga pemompaan perdebit yaitu sebesar Rp 2.195. Dan pemompaan diperkirakan akan bekerja selama 41 hari hingga air di *Pit A* dapat mengering, Untuk itu perlu adanya perbaikan dan penambahan instalasi pipa HDPE sepanjang 612 m untuk menunjang kegiatan pemompaan di *Pit A*.

Rekomendasi II, dari analisis di atas dapat diketahui bahwa dengan rekomendasi ini, penggunaan *fuel* dapat berbanding lurus dengan debit pemompaan dengan harga pemompaan perdebit yaitu sebesar Rp 2.149. Dan pemompaan diperkirakan akan bekerja selama 38 hari

hingga air di *Pit A* dapat mengering, Untuk itu perlu adanya perbaikan dan penambahan instalasi pipa HDPE sepanjang 1112 m untuk menunjang kegiatan pemompaan di *Pit A*. Pada rekomendasi ini diperlukan biaya penambahan pipa lebih besar dari pada biaya pada rekomendasi I dengan selisih panjang pipa HDPE sebesar 600 m.

Rekomendasi III dari analisis di atas dapat diketahui bahwa dengan rekomendasi ini, penggunaan *fuel* dapat berbanding lurus dengan debit pemompaan dengan harga pemompaan perdebit yaitu sebesar Rp 2.101. Dan pemompaan diperkirakan akan bekerja selama 37 hari hingga air di *Pit A* dapat mengering, Untuk itu perlu adanya perbaikan dan penambahan instalasi pipa HDPE sepanjang 1712 m untuk menunjang kegiatan pemompaan di *Pit A*. Pada rekomendasi ini diperlukan biaya penambahan pipa lebih besar dari pada biaya pada rekomendasi I dan rekomendasi II, hal ini membuat biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk pemindahan *outlet* pompa lebih besar sehingga biaya pemompaan secara keseluruhan lebih besar.

Berdasarkan analisis pada setiap rekomendasi pemecahan masalah dan rekapitulasi hasil analisis data diatas, maka penulis merekomendasikan pemecahan masalah yang lebih efektif dan efisien untuk pemecahan masalah terkait pengoptimalan sistem *mine dewatering* atau sistem pemompaan di *Pit A* Bengalon Coal Project PT. Darma Henwa Tbk yaitu Rekomendasi I (rekomendasi 2 *outlet* pompa di *sidewall* dan 2 di *highwall*), dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Berdasarkan tabel rekapitulasi hasil analisis data dapat dilihat bahwa sistem pemompaan yang direncanakan pada rekomendasi I dapat menghasilkan debit pemompaan sebesar 3294 m³/jam, nilai tersebut jauh lebih besar dari pada debit aktual pemompaan di *Pit A* yaitu sebesar 1960 m³/jam.
- Penggunaan *fuel* untuk proses pemompaan pada rekomendasi I, rekomendasi II, dan rekomendasi III tidak jauh berbeda ini dapat dilihat dari harga pemompaan perdebit dari tiap-tiap rekomendasi.
- Waktu pemompaan yang dibutuhkan pada rekomendasi I adalah selama 41 hari pada rekomendasi II 38 hari dan rekomendasi III yaitu selama 37 hari hingga air di *Pit A* mengering sesuai target, namun biaya yang dikeluarkan pada rekomendasi II dan III jauh lebih besar.
- Semakin banyak *outlet* pompa yang di pindahkan ke *sidewall* maka semakin besar pula biaya penambahan pipa yang harus dikeluarkan perusahaan, maka dari itu rekomendasi I dirasa lebih tepat karena penambahan pipa tidak terlalu banyak yaitu sebesar 612 m dan sistem pemompaan dapat berjalan optimal sesuai dengan debit yang dihasilkan .
- Pemindahan 1 *outlet* pompa ke *sidewall* (Rekomendasi I) lebih efektif dan efisien untuk dilakukan dibandingkan dengan memindahkan lebih banyak *outlet* pompa ke *sidewall* (Rekomendasi II dan Rekomendasi III), hal ini dapat dilihat dari segi nilai debit pemompaan,

penggunaan *fuel* atau harga pemompaan perdebit, waktu pemompaan, biaya penambahan pipa, dan biaya total keseluruhan pada sistem pemompa.

5 PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Kondisi sistem penyaliran di *Pit A* PT. Darma Henwa Bengalon Coal Project secara aktual tidak sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan perusahaan, hal ini berdasarkan analisis sistem pemompaan ke 4 unit pompa Multiflo 420 EX yang berada di *pit A*, debit pemompaan ke 4 pompa tersebut sebesar 1960 m³/jam tidak sesuai dengan target rencana yang telah ditetapkan 2800 m³/jam dengan efektifitas kerja pompa sebesar 70%. Kemudian dibuktikan juga dengan penggunaan *fuel* yang melebihi yaitu sebesar 413 liter/detik. Hal ini membuat proses *mine dewatering* di *pit A* menjadi lambat sehingga, proses penambangan yang direncanakan akan dimulai pada Juni 2019 tertunda.
2. Rekomendasi rancangan instalasi pompa dan pipa untuk mengoptimalkan kinerja pada sistem pemompaan adalah sebagai berikut:
 - a. Rekomendasi I: harga pemompaan perdebit sebesar Rp 2.195, diperkirakan akan bekerja selama 41 hari hingga air di *Pit A* dapat mengering, untuk itu perlu adanya perbaikan dan penambahan instalasi pipa HDPE sepanjang 612 m untuk menunjang kegiatan pemompaan di *Pit A*.
 - b. Rekomendasi II: harga pemompaan perdebit sebesar Rp 2.149, diperkirakan akan bekerja selama 38 hari hingga air di *Pit A* dapat mengering, untuk itu perlu adanya perbaikan dan penambahan instalasi pipa HDPE sepanjang 1112 m untuk menunjang kegiatan pemompaan di *Pit A*.
 - c. Rekomendasi III: harga pemompaan perdebit sebesar Rp 2.101, diperkirakan akan bekerja selama 37 hari hingga air di *Pit A* dapat mengering, untuk itu perlu adanya perbaikan dan penambahan instalasi pipa HDPE sepanjang 1712 m untuk menunjang kegiatan pemompaan di *Pit A*.
3. Berdasarkan analisis pada setiap rekomendasi pemecahan masalah dan rekapitulasi hasil analisis data dan beberapa pertimbangan, maka penulis merekomendasikan pemecahan masalah yang lebih efektif dan efisien untuk pemecahan masalah terkait pengoptimalan sistem *mine dewatering* atau sistem pemompaan di *Pit A* Bengalon Coal Project PT. Darma Henwa Tbk yaitu Rekomendasi I (rekomendasi 2 *outlet* pompa di *sidewall* dan 2 di *highwall*).

5.2. Saran

1. Agar dapat mengevaluasi kembali sistem penyaliran tambang (*mine dewatering*) sesuai dengan kondisi aktual di lapangan.
2. Dalam proses pemompaan sebaiknya perlu disesuaikan dengan *operating speed* pompa dan *head* yang diatasi, agar pompa bekerja pada titik efisiensi terbaik, hal ini berpengaruh terhadap penggunaan *fuel* dan umur pompa.
3. Perlu adanya perbaikan dan instalasi ulang pipa HDPE pada pompa sesuai dengan hasil evaluasi agar dapat menunjang proses pemompaan untuk bekerja secara optimal, efektif dan efisien.

Daftar Pustaka

- [1] Endriantho, M., Ramli, M., Hasanuddin, T.P.U. and Hasanuddin, T.G.U., 2013. Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara. *Jurnal Geosains*, 9(01).
- [2] Triatmodjo, Bambang. 2008. Hidrologi Terapan. *Yogyakarta : Beta Offset*.
- [3] Rudy, S., Gautama. 1999. Sistem Penyaliran Tambang. *Bandung : ITB*.
- [4] Suwandhi, Awang. 2004. Perencanaan Tambang Terbuka. *Unisba : Bandung*.
- [5] Suripin. 2004. Sistem Drainase Yang Berkelanjutan. *Yogyakarta : Andi Offset*.
- [6] Mudya, D.R. and Murad, M., 2019. Evaluasi Kebutuhan Pipa dan Pompa untuk Area Pit Inul East Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal Hingga Akhir Kuartal IV Tahun 2018. *Bina Tambang*, 4(1), pp.37-48.
- [7] Widodo, L.E., 2012. Hidrologi, Hidrogeologi Serta Penyaliran Tambang
- [8] Asdak, C. 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. *Yogyakarta Gadjah Mada University Press*.
- [9] Todd, D.K. and Mays, L.W., 1980. Groundwater hydrology. John Willey Sons. Inc., New York, 535.
- [10] Sularso dkk. 2006. Pompa dan Kompresor : Pemilihan, Pemakaian, Pemeliharaan. *Jakarta : PT. Pradnya Paramita*
- [11] Sugiyono, P.D., 2008. Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif dan R&D. *Bandung (ID): Alfabeta*.
- [12] Anonim. 2019. *Engineering Department* PT. Darma Henwa Tbk. Bengalon.
- [13] Anonim. 2019. *HSE Department* PT. Darma Henwa Tbk. Bengalon.
- [14] Girsang, T.R. and Ibrahim, E., 2017. Perencanaan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Di Pt. Bara Anugrah Sejahtera Lokasi Pulau Panggung Muara Enim Sumatera Selatan. *Jurnal Pertambangan*, 1(2).

- [15]Febrian, F. and Murad, M., 2019. EVALUASI KONDISI SISTEM PENYALIRAN AKTUAL UNTUK MEMBUAT PERENCANAAN SISTEM PENYALIRAN DI PIT B RAWA SELATAN TAMBANG BATUBARA PT. MANDALA KARYA PRIMA JOB SITE PT. MANDIRI INTIPERKASA, KALIMANTAN UTARA. *Bina Tambang*, 4(1), pp.1-14.
- [16]Agustian, R. and Murad, M., 2019. Evaluasi Sistem Penyaliran Tambang Untuk Mendapatkan Sistem Penyaliran Ideal Tahun 2019 di Pit Markona Penambangan Batubara PT. Bumi Karya Makmur Jobsite PT. Cakrawala Dinamika Energi, Desa Air Sebayur, Kecamatan Pinang Raya, Kabupaten Bengkulu Utara. *Bina Tambang*, 4(3), pp.271-281.