

Optimalisasi Kinerja Pompa pada Sistem Penyaliran Tambang Sirkulasi Tertutup Penambangan Timah Alluvial

Optimization of Pump Performance in Alluvial Tin Mining Closed Circulation Mining System

Nadya Mavis^{*1}, A. A. Inung Arie Adnyano²

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
e-mail : ^{*1}nadyamavis@gmail.com, ²inungarie@itny.ac.id

ABSTRAK

Sistem penambangan semprot dilakukan untuk proses penirisan dan produksi timah alluvial di PT. Timah unit produksi darat Bangka. Pada proses penambangan, pompa yang dipakai adalah pompa Diesel DongFeng S1115 dimana pompa tersebut belum mampu mengatasi air yang tertampung dalam lubang bukaan *front* kerja secara efisien. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kondisi hidrologi terhadap daerah penambangan dalam penerapan sistem penyaliran tambang sirkulasi tertutup, mengetahui debit air pada lokasi penambangan dan mengetahui kapasitas pompa ideal agar air yang tertampung pada *front* kerja tidak menghambat aktivitas penambangan terhadap waktu produksi. Metode yang diterapkan diantaranya analisis curah air hujan dengan mengaplikasikan metode “distribusi Gumbell”, menghitung nilai intensitas curah air hujan melalui persamaan mononobe, menentukan luas daerah tangkapan hujan menggunakan *software Autocad 2020* dalam kalkulasi debit air limpasan dengan metode rasional, perhitungan debit pompa aktual melalui metode *discharge* dan tingkat efisiensi pompa berdasarkan *plotting* kurva efisiensi pompa. Hasil analisis curah air hujan rencana sebesar 186,954 mm/bulan, nilai perhitungan intensitas hujan 4,64 mm/jam, total luas daerah tangkapan hujan adalah 3464 m², hasil perhitungan debit limpasan adalah 0,0018 m³/s, hasil perhitungan debit pompa aktual adalah 0,28 m³/s dengan total 1008 m³/jam, julang total kerugian pompa adalah 31,452 meter dan efisiensi pompa yang dipakai adalah 57% serta lama waktu pemompaan 7,69 jam dalam 12 jam kerja. Dengan hasil ini, maka diperlukan optimalisasi mesin pompa yang dipakai. Pompa yang direkomendasikan adalah pompa Warman WGR dengan kapasitas, *head* total pompa dan kecepatan putaran pompa yang mampu secara spesifikasi meningkatkan efisiensi produksi. Tingkat efisiensi pompa tersebut sebesar 77% berdasarkan kurva efisiensi pompa serta lama waktu pemompaan 3,58 jam.

Kata kunci : Air, Efisiensi, Penambangan, Pompa dan Timah.

ABSTRACT

The hydraulic mining system is carried out for the alluvial tin production and drainage process at PT. Bangka onshore tin production unit. In the mining process, the pump used is the Diesel DongFeng S1115 pump where the pump has not been able to efficiently handle the water contained in the work front opening pit. The research was conducted to determine the hydrological conditions of the mining area in the application of a closed circulation mine drainage system, to determine the water discharge at the mining site, and to determine the ideal pump capacity so that the water stored in the work front does not hinder mining activities during production. The methods applied include analysis of planned rainfall by applying the Gumbell distribution method, calculating rain intensity values through the mononobe equation, determining the area of the catchment area using Autocad 2020 software in calculating runoff water discharge using the rational method, calculating actual pump discharge through the discharge method and efficiency levels pump based on plotting the pump efficiency curve. The results of the analysis of the planned rainfall is 186.954 mm/month, the calculated value of the rain intensity is 4.64 mm/hour, the total area of the catchment area is 3464 m², the result of calculating the runoff discharge is 0.0018 m³/s, the calculation result of the actual pump discharge is 0.28 m³/s with a total of 1008 m³/hour, the head of the total pump loss is 31.452 meters and the efficiency of the pump used is 57% and the pumping time is 7.69 hours in 12 working hours. With these results, it is necessary to optimize the pump used. The recommended pump is the Warman WGR pump with a capacity, total pump head, and pump rotation speed that can specifically increase production efficiency. The pump efficiency level is 77% based on the pump efficiency curve and the pumping time is 3.58 hours..

Keywords : Efficiency, Mining, Tin, Pumps and Water.

Submitted: 12-01-2023; Revised: 23-10-2023; Accepted: 29-01-2024; Available Online: 20-02-2024

Published by: Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lambung Mangkurat

This is an open access article under the CC BYND license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

©2024, Geosapta

PENDAHULUAN

PT. Timah, Tbk merupakan salahsatu badan usaha milik negara Indonesia yang mampu menguasai sektor industri bahan galian timah. Performa perusahaan yang telah beroperasi sejak tahun 1976. PT. Timah, Tbk telah mengantongi Izin Usaha Pertambangan (IUP) seluas 512.369 Ha di darat dan lepas pantai Pulau Bangka, Belitung dan Kundur (PT. Timah, Tbk, 2019). Produksi timah menjadi salah satu fokus dunia pada pemanfaatan

bijih timah. Tata kelola penambangan timah alluvial dibagi menjadi dua metode, yakni penambangan timah lepas pantai dengan mengoperasikan kapal keruk dan kapal isap sebagai alat berat eksploitasi timah di bawah laut. Metode lainnya yaitu penambangan timah di darat yaitu tambang semprot (*hydraulicking method*).

Metode tambang semprot (*hidraulicking*) merupakan metode dengan menggunakan air sebagai subjek penambangan timah alluvial di darat. Pada tambang

semprot digunakan alat semprot sebagai monitor dan mediator untuk membraikan batuan yang akan terberai menjadi *slurry* kemudian dialirkan menuju instalasi konsentari (*sluicibox*). Cara kerja metode ini meliputi pengupasan lapiran atas permukaan tanah, pembongkaran bijih hingga pemisahan dilanjutkan dengan pemurnian antara konsentrat mineral berharga dan limbah penambangan atau *tailing*. Indikator utama yang diperlukan adalah air. Maka pada penambangan yang menggunakan metode ini harus membuat rencana penyaliran air menggunakan pompa yang baik agar produksi bisa berjalan efektif dan efisien. Jika air tidak dialirkan dengan baik maka dapat menghambat aktivitas penambangan. Dimana pada proses ini harus membuka kolam air sebagai prasarana dalam produksi timah. Sirkulasi dari peredaran air dalam *front* kerja diupayakan pada sistem aliran tertutup. Air yang digunakan harus tetap terkendali mengalir dalam lingkup bukaan yang disediakan. Agar *front* kerja tidak mengalami kelebihan air dan atau banjir.

Kajian pada penelitian ini sudah pernah dilakukan dalam pembahasan yang sama namun objek yang berbeda. Fokus pembahasan dengan daerah dan kondisi geologi yang berbeda. Mengacu peta geologi daerah penelitian gambar-2, batuan penyusun daerah penelitian dan sekitarnya menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (2015) terdiri dari Formasi Tanjung Genting, kelompok batuan terobosan Granit Klabat, Formasi Ranggalang dan Endapan Aluvial. Formasi Tanjung Genting terdiri dari perselingan batupasir malih, batupasir, batupasir lempungan dan batulempung dengan lensa batugamping dan oksida besi yang berumur Trias Akhir. Dimana pada formasi ini memiliki dominasi batuan sedimen.

Faktor-faktor penting dalam penyaliran air tambang adalah curah hujan, periode ulang hujan, intensitas hujan, daerah tangkapan hujan, air limpasan, pompa yang digunakan hingga peletakkan pipa sebagai alat untuk penyaliran air. Sistem pemompaan yang dilakukan harus bekerja efektif dan efisien agar dapat mencapai target produksi. Pentingnya hal ini menjadi pokok pembahasan dalam penelitian ini.

METODOLOGI

Upaya optimalisasi kinerja pompa, ada beberapa faktor yang dapat dijadikan pertimbangan dalam pemilihan pompa. Melalui diagram proses penelitian pada gambar-1 secara sistematis penelitian ini dilakukan seperti yang sudah direncanakan pada gambar tersebut. Dalam kajian teori jurnal *GeoMine* (2022), dengan mengetahui kapasitas aliran, *head* pompa dan putaran pompa. Rumusan permasalahan yang dibahas sebagai berikut.

1. Perhitungan Curah Hujan “Distribusi Gumbell”

Analisis curah hujan yang melalui data yang diperoleh dari lokasi penelitian TK. 3.3994 unit produksi darat bangka PT. Timah, Tbk. Data tersebut diolah dengan mengaplikasikan metode Distribusi Gumbell. Sebelum data dikalkulasikan, terlebih dahulu menentukan curah hujan maksimum berdasarkan data sekunder curah hujan 5 tahun terakhir dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika daerah penelitain. Rumus dalam menghitung curah hujan rencana adalah sebagai berikut.

$$X_t = \bar{X} + k \cdot S \quad (1)$$

$$k = (Y_t - Y_n) / S_n \quad (2)$$

\bar{X} merupakan curah air hujan rata-rata (mm/hari) dari data sekunder Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika daerah penelitian.

2. Intensitas Hujan dengan Persamaan Mononobe

Penentuan intensitas curah hujan dihitung dengan menggunakan rumus nilai R24 adalah besarnya curah hujan maksimum atau curah hujan rencana yang sudah dihitung sebelumnya dalam analisis curah hujan. Nilai t dalam rumus perhitungan intensitas hujan sebesar 1 jam, disebabkan tidak ada data curah air hujan yang dikalkulasikan dalam rentang waktu 1 jam lebih atau kurang. Pada perhitungan intensitas curah hujan, dikonversikan dari curah hujan bulanan kemudian pada bulan curah hujan maksimum dihitung jumlah curah hujan dalam satuan jam maka satuan yang digunakan dalam intensitas adalah mm/jam.

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

3. Perhitungan Debit Limpasan Metode Rasional

Air limpasan (*surface run off*) adalah bagian dari curah hujan yang jatuh dan mengalir pada permukaan tanah kemudian masuk permukaan tanah dengan elevasi permukaan menurun atau elevasi permukaan tanah yang tinggi ke rendah yang kemudian bergabung menjadi aliran air dan akhirnya menjadi aliran sungai menuju permukaan dengan bukaan air yang lebih besar seperti danau maupun laut. Perhitungan debit air limpasan dilakukan dengan menggunakan rumus rasional sebagai berikut :

$$Q_{\text{air limpasan}} = 0,278 \times C \times I \times A \quad (4)$$

Koefisien yang digunakan dalam perhitungan berdasarkan jenis lahan tutup pada lokasi penelitian yaitu hutan dan perkebunan. Berikut tabel nilai koefisien limpasan :

Tabel-1. Nilai Koefisien Limpasan (Rinaldi, 2016)

Kemiringan	Tutupan Lahan	Nilai C
<3%	Sawah, Rawa	0,2
	Hutan, Perkebunan	0,3
	Perumahan dengan Kebun	0,4
3-15%	Hutan, Perkebunan	0,4
	Perumahan	0,5
	Tumbuhan yang Jarang	0,6
	Tanpa Tumbuhan, Daerah Penimbunan Batuan	0,7
	Hutan, Perkebunan	0,6
>15%	Perumahan dengan Kebun	0,7
	Tumbuhan yang Jarang	0,8
	Tanpa Tumbuhan, Daerah Penimbunan Batuan	0,9

Untuk menentukan nilai kemiringan lereng didapatkan dengan menghitung variabel berikut ini.

$$\text{Kemiringan (\%)} : \frac{\text{beda tinggi (x-y)}}{\text{jarak sebenarnya} \times 100\%} \quad (5)$$

Satuan yang digunakan adalah m³/s dengan variabel C merupakan koefisien ataupun ketetapan, variabel I dalam intensitas hujan mm/jam dan variabel A merupakan luas dari bukaan daerah tangkapan hujan dalam km².

4. Debit Air Hujan

Salah satu sumber terbesar air dalam daerah penambangan berasal dari air hujan. Dengan itu, debit aliran air hujan yang masuk pada daerah bukaan penambangan dapat dihitung melalui persamaan berikut ini.

$$Q = X_t \times A \quad (6)$$

Keterangan :

- Q = Debit air (m³/s)
- X_t = Curah hujan rencana maks (mm/hari)
- A = Luas Bukaan Tambang (m²)

5. Evapotraspirasi

Evapotraspirasi merupakan proses penting dalam daur hidrologi, didaratan dapat sampai sekitar 70-75% dari total presipitasi tahunan akan kembali ke atmosfer melalui evaporasi dan transpirasi (BMKG, 2022).

6. Debit Total Air pada Bukaan Tambang

Debit total air pada bukaan tambang merupakan jumlah air limpasan (*run off*) ditambah dengan jumlah debit air hujan yang masuk ke dalam bukaan tambang (Rinaldi, 2016). Besarnya air tambang yang masuk dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{limpasan}} + Q_{\text{air hujan}} - \text{Evaprotranspirasi} \quad (7)$$

Berdasarkan perhitungan debit limpasan dan debit air hujan diatas, maka dapat dihitung total debit air tambang yang masuk pada daerah penambangan.

7. Nilai Head Pompa

Dalam penggunaan pompa pada suatu penyaliran tambang diperlukan parameter karakteristik pompa yang terlebih dahulu harus dipahami adalah julang (*head*) pompa. *Head* total pompa digunakan sebagai acuan aliran sejumlah air seperti yang direncanakan yang dapat ditentukan dari kondisi instalasi pompa tersebut, sehingga julang total pompa dapat dihitung menggunakan beberapa persamaan : *head* statis, *head* kerugian gesek, jumlah kerugian belokan, *head* kerugian kecepatan dan kerugian katup isap (Tukiman, 2013).

$$H = h_s + h_p + h_f + \left(\frac{v^2}{2g} \right) \quad (8)$$

Keterangan :

- H = *Head* total pompa (m)
- h_s = *Head* statis pompa (m)
- h_p = Beda *head* tekanan pada kedua permukaan air (m)
- h_f = *Head* untuk mengatasi berbagai hambatan pada pompa dan pipa (m)
- $\frac{v^2}{2g}$ = *Head* kecepatan (m)

a. Head Statis (H_s)

$$H_s = H_2 - H_1 \quad (9)$$

Keterangan :

- H₂ = (sisi kluaran)
- H₁ = (sisi isap)

b. Head kerugian gesek pipa (H_{f1})

$$H_{f1} = \lambda \times L/D \times (v^2)/(2 \times g) \quad (10)$$

Keterangan :

- λ = koefisien kerugian gesek
- L = panjang pipa 217 m
- D = diameter dalam pipa (4 inch)
- V = kecepatan rata-rata air dalam pipa
- g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

c. Jumlah kerugian belokan pipa (H_{f2})

$$R = d/\tan(0,5 \Theta)$$

$$k = ((0,191 + 1,827(d/2R)^{3,5}) (\Theta/90)^{0,3})$$

$$H_{f2} = kV^2/2g \quad (11)$$

Keterangan :

- V = kecepatan rata-rata air didalam pipa (3,57 m/s)
- g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

d. Head kerugian katup isap (H_{f3})

$$H_{f3} = f_3 \times (V^2/2 \times g) \quad (12)$$

Keterangan :

- f₃ = koefisien kerugian katup (katup isap 1,91)
- V = kecepatan rata-rata air didalam pipa (3,57 m/s)
- g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

e. Head kerugian kecepatan (H_{f4})

$$H_{f4} = V^2/(2 \times g) \quad (13)$$

8. Debit Pompa dengan Metode *Discharge*

Perhitungan menggunakan Metode *Discharge* (Lakat, 2018) dengan pendekatan rumus, debit aktual pompa sebagai berikut.

$$Q = X. 1,28. D^2 \quad (14)$$

Keterangan :

- Q = debit pompa (gpm)
- X = jarak horizontal (inch)
- D = diameter dalam pipa (inch)

9. Daya dan Efisiensi Pompa

$$P_w = \gamma. H. Q \quad (15)$$

Keterangan :

- P_w = daya air
- γ = berat jenis (kg/m^3)
- H = head total (m)
- Q = debit air (m^3/s)

$$P = \frac{P_w}{\eta} \quad (16)$$

Keterangan :

- P = daya pompa (Kwatt)
- P_w = daya air
- η = efisiensi pompa (%)

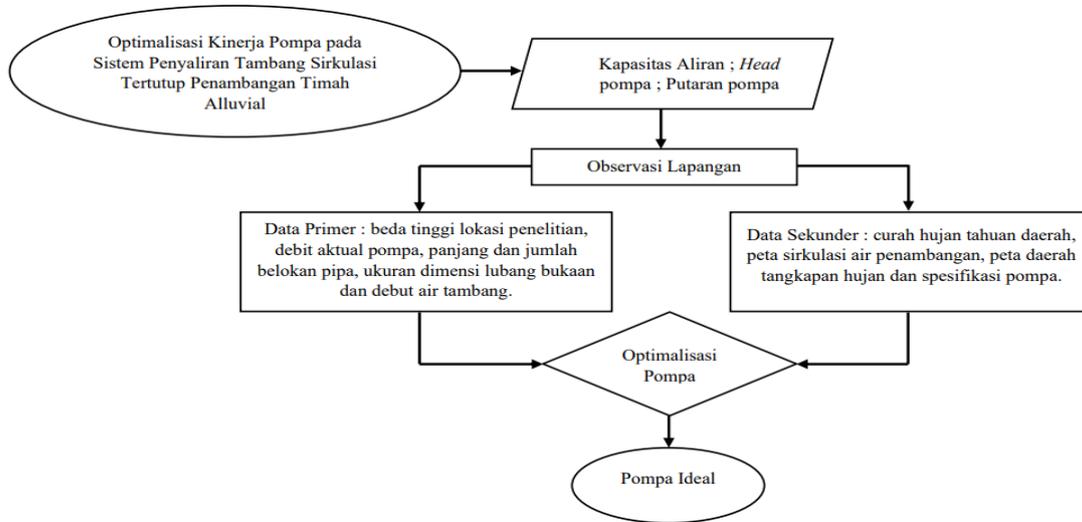
$$\text{Daya total pompa} = \left(\frac{\omega \times H \times Q}{102 \times \eta \times 100} \right) \quad (17)$$

Keterangan :

- ω = specific liquid gravity 1000 kg/m^3
- H = head total (m)
- Q = debit pompa (m^3/s)

$$\text{Lama waktu pemompaan} \quad t = \frac{V \text{ air yang harus dikeluarkan}}{Q \text{ air yang masuk} - Q \text{ air yang keluar}} \quad (18)$$

$$V \text{ air yang harus di keluarkan} \quad V = V_{\text{total camuy}} \times 15\% \quad (19)$$



Gambar-1. Diagram Proses Penelitian

HASIL DAN DISKUSI

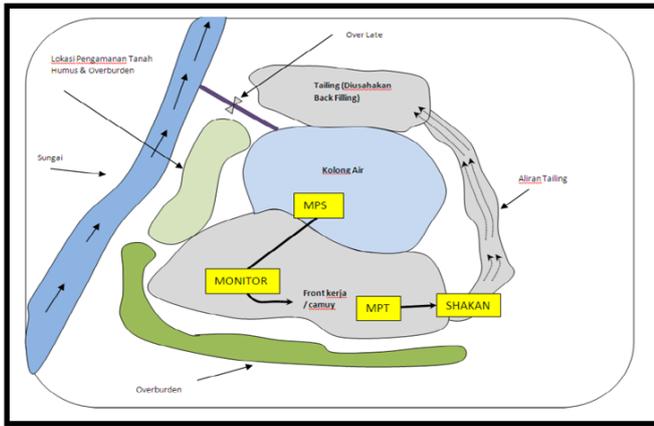
Ada beberapa kondisi yang dapat mempengaruhi kinerja pompa dalam pemindahan air untuk proses produksi. Kondisi lapangan, hidrologi bahkan alat yang digunakan. Kondisi lapangan yang berkaitan dengan elevasi dari kontur tanah dapat membuat genangan air. Secara rasional, air akan menggenangi pada elevasi tinggi ke rendah dengan elevasi yang memiliki permukaan dalam dan lebar. Fenomena tersebut dinamakan air limpasan dan berpengaruh juga pada air tanah pada lokasi tersebut. Pada lokasi yang diteliti, terdapat air limpasan pada satu permukaan yang memiliki kontur rendah dan permukaan disekitarnya tinggi. Air limpasan tersebut juga disebabkan bekas *front* kerja yang belum direklamasi.

Berdasarkan hasil tangkapan kamera *drone* perusahaan dan analisis peta topografi melalui kontur area penambangan. Pada area penelitian tidak terdapat daerah aliran sungai. Maka dari itu ditentukan letak daerah tangkapan hujan dan aliran yang tertuju pada *front* kerja. Dapat dilihat pada gambar-4. Dapat dilihat pada gambar-2 bahwa penyaliran dalam proses penambangan secara tertutup.



Gambar-2. Peta Lokasi Penelitian

Air yang dialirkan dari lubang bukaan penampungan air bersih dialirkan menuju *front* kerja sebagai mediator pengangkutan *slurry* bahan galian yang diproduksi. Namun pada peta *layout* dalam gambar-2 masih banyak lubang bukaan lainnya yang belum ditutup atau ditimbun. Penimbunan seharusnya dilakukan sebagai upaya pencegahan banjir atau longsor akibat dari air tambang.



Gambar-3. Layout Penyaliran Tambang Sirkulasi Tertutup

Hasil perhitungan intensitas hujan rencana untuk durasi 1 jam sebesar 4,64 mm/jam berdasarkan **tabel-2** data curah hujan rata-rata perbulan dan melalui data statistik curah hujan bulanan 5 tahun terakhir pada **tabel-3**. Nilai intensitas hujan 1 jam ini bersama dengan hujan harian akan digunakan dalam perhitungan sarana penyaliran berikutnya. Dengan rata-rata curah hujam perbulan sebesar 234,13 mm/bulan untuk tahun 2017, 206,21 mm/bulan untuk tahun 2018, 161,21 mm/bulan untuk tahun 2019, 216,42 mm/bulan untuk tahun 2020 dan 260,08 mm/bulan untuk tahun 2021. Maka dalam perhitungan intensitas hujan dan analisis curah hujan dibutuhkan curah hujan yang sudah didapatkan melalui institusi pemerintah badan meteorologi, klimatologi dan geofisika daerah penelitian.

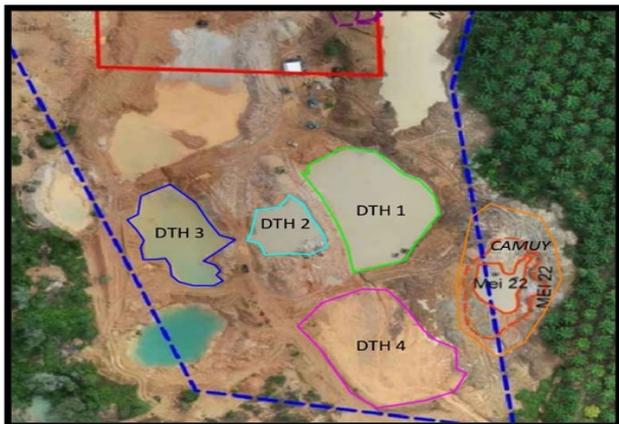
Tabel-2. Data Curah Hujan Rata-rata per Bulan

Bulan	Tahun					Rata-rata
	2017	2018	2019	2020	2021	
Januari	303	81	211	234	263	218,4
Februari	230	44	369,5	219,5	192	211
Maret	313	427,5	163	168,5	516,5	317,7
April	341	227,5	353	249,5	137	261,6
Mei	279	288	184	378,5	224,5	270,8
Juni	131,5	427	118	319	160,5	231,2
Juli	229,5	69,5	43	215,5	81	127,7
Agustus	119,5	17	28	31,5	256,5	90,5
September	76	160	6,5	127,5	252,5	124,5
Oktober	280,5	133	11	202	178	160,9
November	239,5	257	98	257,5	495	269,4
Desember	267	343	349,5	194	364,5	303,6
Total	2809,5	2474,5	1934,5	2597	3121	
Rata-Rata	243,13	206,21	161,21	216,42	260,08	
Jumlah Curah Hujan Maksimum						2033
Jumlah Curah Hujan Rata-rata						1078,04

Tabel-3. Statistik Perhitungan Curah Hujan Rencana

No	Tahun	Max. (Xi)	Jumlah (n)	Mean (m)	Reduced Mean (Yn)	Reduced Variate (Yr)	Standart Deviasi (SD)	Reduced Standart Deviasi (Sn)
1	2017	341		234,13	1,7	1,55		
2	2018	427,5		206,21	0,9	0,2		
3	2019	369,5	5	161,21	0,37	0,01	125,77	0,79
4	2020	378,5		216,42	-0,09	0,31		
5	2021	516,5		260,08	-0,58	1,09		
Jumlah		1078,05			2,29	3,14		
Rata-rata		215,61			0,46	0,63		

Hasil perhitungan selanjutnya digunakan pada kalkulasi air limpasan dengan luasan daerah tangkapan hujan. Daerah tangkapan hujan didapatkan menggunakan bantuan perangkat lunak *Autocad 2020* berdasarkan elevasi permukaan daerah penelitian.



Gambar-4. Peta Daerah Tangkapan Hujan

Daerah tangkapan hujan yang berada di sekitar sump merupakan bekan lahan tambang sebelumnya. Maka dari data primer perusahaan dan pengawasan tambang PT. Timah, Tbk didapatkan luasan daerah tangkapan hujan dan luasan *front kerja* sebagai berikut.

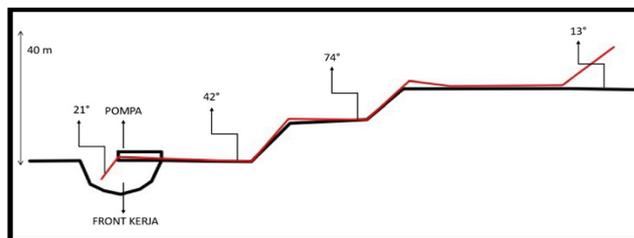
Tabel-4. Luasan Bukan dan Daerah Tangkapan Hujan

Luasan	Luas (m ²)	Luas (km ²)
Camuy/Front Kerja	1.657	0,0001657
DTH 1	1157	0,0012
DTH 2	451	0,0005
DTH 3	803	0,0008
DTH 4	1053	0,0011

Peta topografi yang ditinjau untuk menentukan debit air limpasan memiliki kontur yang tidak terlalu tinggi. Sehingga koefisien limpasan yang digunakan dalam menghitung debit air limpasan adalah 0,4. Tutupan lahan pada daerah sekitaran lokasi penambangan adalah hutan dan perkebunan sawit. Kemiringan lereng dapat dihitung dari skala peta dan jarak sebenarnya menggunakan rumus *Ci* atau *Contour Interval* sebesar 14,31%. Pada permukaan lahan penambangan juga dikelilingi lubang-lubang bekas tambang sebelumnya. Daerah tangkapan hujan yang dikalkulasikan dalam menghitung debit air limpasan berjumlah 4 daerah tangkapan hujan dengan luasan pada tabel-4. Relevansi daerah tangkapan hujan terhadap *front kerja* dapat dilihat pada gambar-4. Maka didapatkan debit air limpasan pada lokasi penelitian sebesar 0,0018 m³/s.

Sudut belokan pada pipa terdapat 4 belokan dengan sudut sebesar 21 derajat, 42 derajat, 74 derajat dan 13 derajat. Dapat diperhatikan pada gambar-5 ilustrasi dilapangan terhadap sudut belokan pipa.

Pipa penyaliran untuk memindahkan air sepanjang 217 meter dengan menggunakan 2 jenis pipa, yaitu pipa terpal dan pipa vinilion. Elevasi permukaan letak pipa dapat dilihat pada gambar-5



Gambar-5. Layout Elevasi Pipa

Hasil dari perhitungan julang total kerugian pompa terhadap kondisi penempatan pompa dan pipa sebesar 20 meter untuk *head* statis, 2,152 meter untuk julang kerugian gesek, 8,30 meter untuk jumlah kerugian belokan terhadap elevasi belokan pipa pada gambar diatas. Julang kerugian katup isap sebesar 0,35 meter hingga julang kerugian kecepatan sebesar 0,65 meter. Jumlah julang kerugian pompa yang didapatkan sebesar 31,452 meter.

Total debit air tambang berdasarkan nilai debit air hujan sebesar 0,3098 m³/detik dan jumlah air limpasan 0,0018 m³/s dalam jumlah luasan daerah tangkapan hujan 3463 m². Selanjutnya penjumlahan tersebut dikurangi nilai evatransporasi pada daerah penelitian yang didapatkan dari data primer BMKG Kabupaten Bangka Tengah dengan nilai 0,0002992 m³/s. Maka total nilai debit air tambang pada daerah penelitian adalah 0,3113 m³/s. Nilai total *head* pompa sebesar 31,452 meter dengan efisiensi pompa yang dipakai adalah 57%.

Kemudian dalam efisiensi produktivitas jam kerja dapat dihitung melalui lama waktu pemompaan dengan membagi nilai volume air yang dikeluarkan terhadap debit air yang masuk kemudian dikurangi debit air yang keluaran. Satuan lama waktu pemompaan dapat dikonversikan dalam satuan jam.

Tabel-5. Aktualisasi dan Spesifikasi Pompa

Pompa Diesel DongFeng S1115	Nilai
Debit Aktual Pompa	0,28 m ³ /s
Debit Spesifikasi Pompa	0,30 m ³ /s
Total <i>Head</i> Aktual Pompa	31,452 m
Total <i>Head</i> Spesifikasi Pompa	25 m

Hasil penelitian pada pompa yang dipakai perusahaan belum mampu dan efisien terhadap produktivitas kerja. Optimalisasi dilakukan berdasarkan *head* pompa, kapasitas aliran dan putaran mesin pompa serta waktu pemompaan. Pertimbangan tingkatan pompa yang sudah dipakai dan direkomendasikan terdapat pada *head* pompa serta debit pompa yang harus melampaui *head* aktual sebesar 31,452 meter. Air yang masuk pada lokasi penambangan dan masuk pada *front kerja* dibagi menjadi 2 bagian. Bagian pertama, air yang masuk pada *front kerja* termasuk dalam air yang disempatkan pada *front kerja* sebagai mediasi penirisan timah alluvial. Bagian kedua adalah air tambang yang masuk dari kondisi hidrologi.

Tabel-6. Kecepatan Putaran Mesin, Daya Pompa dan Efisiensi Waktu Kerja Pompa

Pompa Diesel DongFeng S1115	Nilai
Kecepatan Putaran Mesin	2600 rpm
Daya Pompa	8,63 kwatt
Efisiensi	57 %

Tabel-7. Debit, Pompa per Hari

Pompa Diesel DongFeng S1115	Nilai
Debit Aktual Pompa	1.008 m ³ /jam
Waktu Pemompaan	7,69 jam
Debit Aktual Pompa per Hari	12.096 m ³ /hari



Gambar-6. Pompa Diesel DongFeng S1115

Pompa yang dipakai pada kondisi hidrologi penelitian dengan spesifikasi dan nilai aktual kinerja pompa belum mampu secara efisien memompa air pada bukaan produksi timah. Dimana kondisi hidrologi meliputi air hujan, air limpasan dan Evapotranspirasi pada daerah penelitian. Dengan itu air yang harus dikeluarkan (dibuang) pada penambangan timah alluvial dihitung 15% dari air yang ada pada *front* kerja pada proses penirisan (*Annual Report* PT. Timah, Tbk, 2019). Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel-5 bahwa waktu pemompaan yang diperlukan menggunakan pompa tersebut selama 7,69 jam dalam 12 jam kerja. Hal ini sangat berpengaruh pada jam produksi timah alluvial dengan sisa waktu penirisan yang singkat.

Tabel-8. Optimalisasi Pompa

Pompa Warman WGR	Nilai
Debit Pompa	0,38 m ³ /s
Total Head Pompa	46 m
Kecepatan Putaran Mesin	2600 rpm
Efisiensi	77%

Tabel-9. Debit Setelah Dilakukan Optimalisasi Pompa

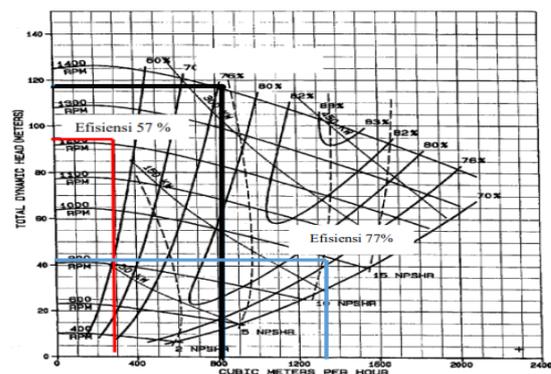
Pompa Warman WGR	Nilai
Debit Pompa	1.363 m ³ /jam
Waktu Pemompaan	3,58 jam
Debit Pompa per Hari	16.356 m ³ /hari

Waktu pemompaan didapatkan dari spesifikasi pompa. Dimana kalkulasi yang digunakan pada persamaan (16). Untuk nilai debit air yang dikeluarkan menggunakan nilai debit spesifikasi pompa pada tabel-9.



Gambar-7. Pompa Warman WGR (Warman Centrifugal Slurry Pumps, 2021)

Pada saat ini air yang masuk dan pompa yang digunakan untuk memindahkan air belum efisien terhadap jam kerja produksi. Upaya yang dilakukan dalam peningkatan produksi dengan mempersingkat waktu pengurasan air yang tidak diperlukan dalam pemompaan slurry. Melalui pertimbangan dan hasil penelitian diatas bahwa efisiensi masih dibawah angka 60% dapat dilihat pada *plotting* kurva gambar-8. Pompa yang digunakan dapat dioptimalisasi menggunakan pompa warman WGR dengan spesifikasi debit pompa 0,38 m³/s dan head total pompa 46 meter pada tabel-5. Melalui pompa tersebut 15% (Lubis, 2017) air yang tidak diperlukan dalam proses produksi timah alluvial dengan metode tambang semprot mampu dipindahkan secara efisien waktu pemompaan.



Gambar-8. Kurva Efisiensi Pompa

Maka, untuk menguras air yang tergenang di camuy sebesar 866,61 m³ dari 15% volume total air tambang 5.777,48 m³ membutuhkan waktu 7,69 jam yang dimana waktu produksi perhari 12 jam. Maka dengan itu lebih dari setengah hari untuk proses pengeringan air pada kondisi curah hujan maksimal rata-rata. Pada grafik efisiensi pompa yang dihasilkan pada penggunaan penggunaan pompa adalah 57% dengan Diesel DongFeng S1115 dan butuh waktu 7,69 jam. Sedangkan untuk optimalisasi menggunakan pompa Warman WGR dengan efisiensi pompa 77% dan waktu 3,58 jam.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian pada kinerja pompa TK 3.394 unit produksi darat bangka PT. Timah dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sirkulasi air pada area penambangan diterapkan secara tertutup dengan proses penyaliran yang bergilir. Dari camuy/lubang bukaan air yang pertama yaitu penampungan air untuk penyemprotan dan dilanjutkan dengan camuy untuk *front* kerja setelah itu dialirkan kembali ke camuy penampungan air. Maka air yang digunakan selama proses produksi tidak keluar pada area penambangan.
2. Debit air tambang yang telah dihitung nilai luas camuy/*front* kerja yang menghasilkan debit limpasan sebesar 0,0018 m³/detik. Kemudian melalui perhitungan debit air hujan dihasilkan debit air hujan sebesar 0,3098 m³/detik. Untuk nilai evapotranspirasi sebesar 0,0002992 m³/detik berdasarkan pengukuran lysimeter oleh Badan Meteorologi Klimatologi Geografis Kabupaten Bangka Tengah. Maka dapat dikalkulasikan debit air yang masuk pada area penambangan sebesar 0,3113 m³/detik.
3. Pompa yang digunakan PT. Timah, Tbk di TK. 3.394 unit produksi darat bangka ialah pompa Diesel DongFeng S1115 dengan debit aktual 0,28 m³/detik, head total dilapangan sebesar 31,452 m. Debit spesifikasi yang digunakan pada mesin tersebut sebesar 0,30 m³/detik dengan head total spesifikasi pompa sebesar 25 m. Tingkat efisiensi yang didapatkan berdasarkan kurva efisiensi kerja pompa adalah 57% dan membutuhkan waktu 7,69 jam dari jam kerja 12 jam. Oleh sebab itu, diperlukan optimalisasi pompa untuk meningkatkan produksi kerja pada *front* penambangan. Pompa yang sebaiknya di pakai adalah pompa Warman WGR dengan spesifikasi debit pompa 0,38 m³/detik dengan head total sebesar 46 m untuk memenuhi kebutuhan kerja yang cepat dan produksi meningkat. Dengan efisiensi sebesar 77% pada plotting kurva efisiensi kerja pompa dan waktu 3,58 jam pada pengeringan air pada *front* kerja melalui curah hujan maksimal rata-rata.

Proses dan hasil penelitian pada TK. 3.394 unit produksi darat bangka PT. Timah, Tbk. Adapun saran yang bisa dioptimalkan agar dapat membantu dalam pengembangan materi penelitian, sebagai berikut :

1. Penimbunan pada bekas lahan penambangan sebaiknya dilakukan setelah penambangan selesai, guna mencegah resiko banjir ataupun bencana alam berdasarkan kondisi hidrologi area penambangan.
2. Pompa yang dipakai sebaiknya sesuai keadaan hidrologi agar produksi bisa efisien.
3. Perusahaan menyediakan stasiun curah hujan untuk menganalisis curah hujan daerah penambangan secara berkala.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada unit produksi darat bangka PT. Timah, Tbk Pangkalpinang yang telah memberikan kesempatan pada daerah penelitian serta legalitas penelitian. Terima kasih kepada instansi Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Kabupaten Bangka Tengah. Terima kasih kepada Institut Teknologi Nasional Yogyakarta. Serta tak lupa dosen pembimbing saya Bapak A. A. Inung Arie Adnyano, S. T., M. T. yang telah membimbing saya dalam pembuatan jurnal ini. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak.

DAFTAR ACUAN

1. Annual Report PT. Timah Tbk. Collaborative and Innovation. PT. Timah Tbk. Pangkalpinang. 2019.
2. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Curah Hujan Bulanan tahun 2017-2021. Kantor Pusat BMKG Kabupaten Koba. Bangka Belitung. 2022.
3. Gultom R, Yusuf M, Abro MA. Evaluasi Kapasitas Pemompaan Dalam Sistem Penyaliran Pada PIT 1 Timur Penambangan Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero), Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Jurnal Pertambangan. 2018 Jul 9;2(1).
4. Lakat AA. Perubahan Head Suction Terhadap Head Discharge Dan Kapasitas Pompa Hidram. Jurnal Tekno Mesin. 2018;4(2).
5. Lubis I. A.. Teknik Penambangan Timah Alluvial. PT. Timah Tbk, Pangkalpinang. 2017
6. Muksin I, Karangan C, Setiawan W, Agung LN. Prospeksi Zirkon, Pasir Kuarsa Dan Kaolin Di Kabupaten Bangka Tengah, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Kolokium Kegiatan Riset Pusat Sumberdaya Geologi Tahun 2015. 2015.
7. Ramadhan IK, Susetyo C. Prediksi debit limpasan air permukaan pada daerah rawan banjir di Kabupaten Jombang berdasarkan pemodelan penggunaan lahan. Jurnal Teknik ITS. 2021 Jan 25;9(2):C56-63.
8. Rinaldi A.. Analisis Keputusan Hidrogeologi : Optimasi Sump Pada Sistem Tambang Terbuka Hydrogeological Decision Analysis : Sump Optimization At An Open Pit Mine. Jurnal Ilmiah. November 2016. 16-17.
9. Tukiman PS, Satmoko A. Perhitungan dan pemilihan pompa pada instalasi pengolahan air bebas mineral iradiator gamma kapasitas 200 KCl. Prosiding Pertemuan Ilmiah Perekayasaan Perangkat Nuklir, PRPN-BATAN. 2013 Nov;14.
10. Weir Minerals. Warman *Centrifugal Slurry Pumps*. Catalogue Shop. Indonesia. 2021.