

## Evaluasi Performa Kerja Pompa Pada *Tunnel* Gudang Bahan Peledak PT ANTAM UBPE Pongkor, Jawa Barat.

Salia Kartika Putri<sup>1</sup>, Ahmad Fauzan Haryono<sup>1</sup>, Nurmaya Arofah<sup>1</sup>

1. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Indonesia

Email: [salia.kartikaputri98@gmail.com](mailto:salia.kartikaputri98@gmail.com)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi performa pompa air yang terletak pada tambang bawah tanah *Tunnel* Gudang Bahan Peledak PT ANTAM UBPE Pongkor, Jawa Barat. Kajian ini dilakukan untuk meningkatkan sistem *dewatering* akibat adanya *overflow* air bawah tanah di Jalan akses *cross-cut* 450. Penelitian ini berhasil dilakukan menggunakan metode terpenuhinya neraca air, dimana air yang masuk dan air yang keluar sama, yaitu debit air 7,521 m<sup>3</sup> per menit ditangani oleh 4 buah pompa Tsurumi LH 875, 4 buah pompa Tsurumi 637 dan 1 buah pompa Warman 4/3 EEHH. Estimasi penghematan biaya telah selesai dilakukan. Sebagai hasilnya, sistem *dewatering* bekerja sangat baik dengan penghematan biaya sebesar 33%.

**Kata kunci:** *Biaya, Overflow, Water Balance.*

**DOI:** 10.15408/jipl.v1i2.22718

### ABSTRACT

*The aim of the study is to estimate the water pump performance located at Gudang Bahan Peledak Tunnel gold mine owned by PT ANTAM UBPE Pongkor, West Java. This study has been carried out to support the success of dewatering system due to the overflow of underground water at 450 Cross-cut access roads. This study has been successfully undertaken to meet a water balance that is inflow equal to outflow which is 7,521 m<sup>3</sup> per minute using 4 pumps of Tsurumi LH 875, 4 pumps of Tsurumi LH 637, and 1 pump of Warman 4/3 EEHH. Further, a cost saving estimation has been completed. As a result, dewatering system worked properly at 33% of cost saving.*

**Keywords:** *Cost, Overflow, Water Balance.*

### PENDAHULUAN

Pengembangan atau kemajuan tambang, ekstraksi bijih dan pemeliharaan akses bawah tanah merupakan kegiatan yang memiliki dampak sangat besar untuk pergerakan air tambang (Pichtel, 2003). Sedangkan, penggalan yang terbatas dan bukaan yang relatif kecil diperlukan untuk sebagian besar tambang bawah tanah (Hartman & Mutmanský, 2002) dan air tanah dengan volume yang besar merupakan masalah pada terowongan (Hoek, 2007). Seperti halnya lokasi Ciurug Level 450 (L. 450) masalah yang sering terjadi yaitu banyak air yang masuk atau tergenang yang mengakibatkan aktivitas penambangan terhenti (Pane, 2013). Begitu pula pada Jalan akses *Cross-cut* 450 di *Tunnel* Gudang Bahan Peledak PT ANTAM terdapat luapan air di Jalan tersebut. Hal ini disebabkan adanya air tanah yang keluar dari sisi dinding jalan, air tanah tersebut berasal dari akuifer rembesan yang dikontrol oleh rekahan di zona alterasi *vein*. Pada penelitian ini peneliti melakukan metode analisis *water balance* yang bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan pompa aktual, merencanakan kebutuhan pompa yang tepat dan mengevaluasi biaya penggunaan pompa agar masalah genangan air tersebut dapat teratasi.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif dengan cara mengumpulkan data sekunder yang disediakan oleh PT ANTAM UBPE Pongkor, referensi dari berbagai jurnal dan buku. Kemudian data tersebut diolah dan dianalisis sebagai berikut:

### Perhitungan Debit Air Tanah

Data debit air diukur menggunakan sistem paritan dan diolah berdasarkan persamaan kontinuitas. Kemudian berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 untuk sistem pengolahan air tambang bawah tanah menyebutkan bahwa jumlah dan kapasitas pompa utama dan cadangan yang mempertimbangkan debit air tambang terbesar ditambah 15%. Sehingga debit air dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$\text{Debit Air tanah } (Q) : Q_{max} + (15\% \times Q_{max}) \quad (1)$$

### Perhitungan Kapasitas Sump

Dalam tambang bawah tanah mungkin sering dibutuhkan beberapa rangkaian atau instalasi *sump* di beberapa elevasi dengan beberapa pompa untuk mengangkat air dari *sump* pertama ke *sump* lainnya. Hal ini mungkin diperlukan untuk memastikan ketercukupan drainase dari seluruh tambang (Pichtel, 2003). Untuk mendapatkan besar volume *sump* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$V = P \times L \times T \quad (2)$$

Dimana:

V	= Volume, m <sup>3</sup>	L	= Lebar, meter
P	= Panjang, meter	T	= Tinggi, meter

### Perhitungan Head Total Pompa

Berdasarkan mekanika fluida menurut persamaan Bernoulli, total *head* disebuah titik pada air yang bergerak didapatkan dari jumlah *head* tekanan, kecepatan dan elevasi (Das & Sobhan, 2009).

$$H = \frac{P}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g} + z \quad (3)$$

Dimana:

P	= tekanan, atm	g	= gravitasi, m/s <sup>2</sup>
$\gamma_w$	= berat jenis air, N/m <sup>3</sup>	z	= elevasi, meter
v	= kecepatan, m/s		

Untuk pompa yang diinstalasi secara parallel dapat menggunakan Persamaan 4. Sebagai berikut:

$$H_{total} = \frac{1}{2}(Z + \Delta H_p + H_L + H_v) \quad (4)$$

$H_{total}$	= head total (m)	$H_L$	= berbagai kerugian head pada pipa, valve, belokan, dan komponen lainnya.
Z	= beda tinggi sisi inlet dan outlet	$H_v$	= head kecepatan (m)
$\Delta H_p$	= perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)		

**a) Static Head**

Nilai static head didapatkan dari perbedaan elevasi pada sisi *inlet* pompa dan sisi *outlet* pompa. *Head* statis dapat dicari menggunakan Persamaan 5 berikut ini:

$$H_s = Z_2 - Z_1 \tag{5}$$

Dimana:

$$\begin{array}{ll} H_s & = \text{static head, meter} \\ Z_2 & = \text{elevasi sisi outlet, meter} \\ Z_1 & = \text{elevasi sisi inlet, meter} \end{array}$$

**b) Velocity Head**

*Velocity Head* atau *head* kecepatan dapat dihitung dengan mengetahui kecepatan aliran pada pipa, sedangkan kecepatan aliran pada pipa dihitung dengan mengetahui besar *flowrate* aktual dibagi dengan luas area atau diameter pipa. *Velocity head* dapat dicari menggunakan Persamaan 6 di bawah ini:

$$H_v = \frac{v^2}{2g} \tag{6}$$

Dimana:

$$\begin{array}{ll} H_v & = \text{velocity head, meter} \\ v & = \text{kecepatan aliran dalam pipa, m/s} \\ g & = \text{gravitasi, m/s}^2 \end{array}$$

Untuk mencari *velocity head* diperlukan data kecepatan aliran dalam pipa. kecepatan aliran dalam pipa dapat menggunakan Persamaan 7 sebagai berikut:

$$\begin{array}{l} \text{Kecepatan aliran } \left(\frac{m}{s}\right) = \frac{Q}{A} \\ \text{Kecepatan aliran } \left(\frac{m}{s}\right) = \frac{Q}{\frac{\pi D_{keluar}^2}{4}} \end{array} \tag{7}$$

Dimana:

$$\begin{array}{ll} Q & = \text{Debit aliran (m}^3\text{/s)} \\ A & = \text{Luas area} \\ \pi & = \text{Phi (3,14 atau 22/7)} \\ D & = \text{Diameter pipa keluar, meter} \end{array}$$

Karena kecepatan yang dihitung merupakan kecepatan aliran di dalam pipa, maka luas area dihitung menggunakan rumus luas lingkaran.

**c) Head Friction Losses**

Kerugian gesek pada pipa dikategorikan menjadi 2 macam yaitu kerugian gesek mayor dan minor. Kerugian gesek yang termasuk dalam mayor adalah kerugian gesekan dalam pipa yaitu gesekan antara fluida dengan pipa. Sedangkan kerugian minor yaitu kerugian pada sambungan, katup dan percabangan (*Valve, Fitting*) pada pipa.

**d) Head Friction Losses Mayor**

Kerugian mayor dalam pipa dapat dihitung dengan menggunakan rumus Darcy-Weisbach atau Hazzen Williams (Weir SLurry Group, 2009). Formula Darcy-Weisbach dinyatakan pada Persamaan 8:

$$H_{f \text{ mayor}} = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \tag{8}$$

Dimana:

$H_{f\text{ mayor}}$	= <i>head friction losses mayor</i> ,	$d$	= diameter pipa keluar, meter
meter		$v$	= kecepatan aliran dalam pipa, m/s
$f$	= faktor kerugian gesek mayor	$g$	= gravitasi, m/s <sup>2</sup>
$L$	= panjang pipa, meter		

**e) Head Friction Losses Minor**

Nilai k dihitung berdasarkan jumlah belokan, sambungan dan katup pada instalasi pompa. Besar *head friction losses* minor dapat dihasilkan dari Persamaan 9, sebagai berikut:

$$H_{f\text{ minor}} = k \frac{v^2}{2g} \tag{9}$$

Dimana:

$h_{f\text{ minor}}$	= <i>head friction losses</i> minor, meter	$v$	= kecepatan aliran dalam pipa, m/s
$k$	= faktor kerugian	$g$	= gravitasi, m/s <sup>2</sup>

**Perhitungan NPSH Pompa Sentrifugal**

NPSH diperhitungkan untuk mengetahui apakah pada pompa sentrifugal terjadi kavitasi atau tidak, dengan syarat tidak terjadinya kavitasi yaitu NPSH *require* lebih kecil daripada NPSH *available*. Terjadinya kavitasi dapat menurunkan performa pompa, meningkatkan kebisingan serta getaran. Hal ini terjadi karena saat tekanan air di bawah tekanan uap jenuh air maka akan tercipta gelembung udara, saat gelembung udara ini pecah terkena *impeller* maka tercipta gelombang kejut yang menyebabkan rusaknya *impeller* dan rumah pompa. Untuk menghitung NPSH *require* pompa dapat dilihat pada kurva performa pompa sedangkan untuk menghitung NPSH *available* dapat menggunakan Persamaan 10 sebagai berikut:

$$NPSH_a > NPSH_r \tag{10}$$

$$NPSH_a = \frac{P_{total}}{\rho \times g} - h - H_l - \frac{P_{vp}}{\rho \times g} \tag{11}$$

Dimana:

$NPSH_a$	= <i>net positive suction head available</i>	$h$	= tinggi air dari permukaan air hingga ke pipa (meter)
(meter)		$H_l$	= <i>head losses</i> pompa (meter)
$P_{total}$	= tekanan hidrostatis air (Pa)	$g$	= gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
$P_{vp}$	= tekanan uap jenuh air (Pa)	$\rho$	= densitas fluida (Kg/m <sup>3</sup> )

Sedangkan untuk mencari tekanan total dapat menggunakan Persamaan 12 sebagai berikut ini:

$$P_{total} = (\rho \times g \times h) + P_{atm} \tag{12}$$

Dimana:

$P_{total}$	= tekanan hidrostatis pada <i>sump</i> (Pascal)	$g$	= gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
$\rho$	= densitas fluida (Kg/m <sup>3</sup> )	$P_{atm}$	= tekanan atmosfer (Pascal)
$h$	= tinggi dari permukaan air hingga pipa (meter)		

### Analisis Water Balance

*Water balance* dalam proses sirkulasi air menjelaskan hubungan antara aliran ke dalam (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*) di suatu daerah atau suatu periode tertentu (Sosrodarsono, 1973) atau berdasarkan KEPMEN ESDM No.1827 K/30/MEM/2018 berbunyi bahwa neraca air (*Water balance*) adalah perhitungan jumlah total volume air yang masuk dan keluar sistem atau peralatan yang mana volume air masuk sama dengan volume air keluar.

$$P = D + E + G + M \quad (13)$$

Dimana:

$P$	= presipitasi	$G$	= penambahan ( <i>supply</i> ) air tanah
$D$	= limpasan /debit	$M$	= penambahan kadar kelembaban tanah ( <i>moisture content</i> )
$E$	= Evaporasi		

### Perhitungan Biaya Pompa

$$\text{Daya Pompa} = \frac{H \times Q \times (\rho \times g)}{\eta} \quad (14)$$

Dimana:

$H$	= <i>head</i> total pompa (m)	$g$	= gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
$Q$	= debit (m <sup>3</sup> /detik)	$\eta$	= efisiensi pompa (%)
$\rho$	= densitas fluida (Kg/m <sup>3</sup> )		

$$\text{Biaya Pemompan} = kWh \times \text{Jam Operasional} \times \text{harga listrik} \quad (15)$$

$$\text{Selisih Biaya} = \text{Biaya Normal} - \text{Biaya Hasil Evaluasi} \quad (16)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Debit Air Tanah

Dilakukan pengukuran debit air tanah pada Jalan akses *cross-cut* 450 menggunakan metode paritan. Debit air tertinggi di dapatkan sebesar 6,579 m<sup>3</sup>/menit, sehingga pada perhitungan digunakan debit air tertinggi dan ditambah 15% menjadi 7,521 m<sup>3</sup>/menit. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini:

**Tabel 1.** Hasil pengukuran debit air tanah

Tanggal	Luas	Kecepatan	Debit Air Tanah	
	Area m <sup>2</sup>	m/s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /m
09-Jan-20	0,312	0,348	0,108	6,501
20-Jan-20	0,436	0,174	0,076	4,557
24-Jan-20	0,475	0,147	0,070	4,177
02-Feb-20	0,231	0,475	0,110	6,579
09-Feb-20	0,269	0,233	0,063	3,765
12-Feb-20	0,483	0,190	0,092	5,500
	<b>Rata – rata</b>			<b>5,180</b>
	<b>Tertinggi</b>			<b>6,579</b>
	<b>Debit air tanah Maksimum + 15%</b>			<b>7,521</b>

### Kapasitas Sump

Volume *sump* pada *Tunnel* gudang handak hanya berkisar dari 52 m<sup>3</sup> hingga 56 m<sup>3</sup>, sehingga dengan besar debit air yang masuk sebesar 7,521 m<sup>3</sup>/menit, *sump* tersebut akan terisi penuh dalam jangka waktu rata-rata ± 7 menit. Dan memperluas dimensi *sump* tidak dapat dilakukan mengingat bukaan yang sempit pada tambang bawah tanah, sehingga penggunaan pompa sangat perlu dioptimalkan. Selain itu, jarak antara

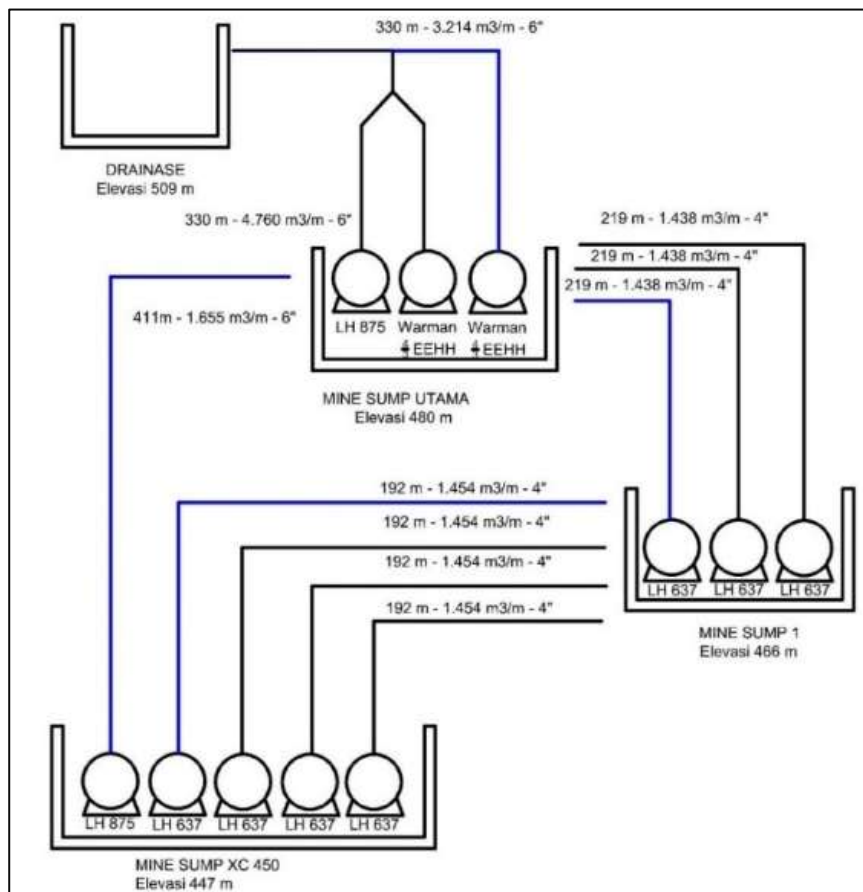
Mine Sump 450 ke Mine Sump 1 sejauh 192 m, kemudian jarak Mine Sump 1 ke Mine Sump Utama sejauh 219 m dan jarak Mine Sump Utama ke drainase luar sejauh 330 m. volume pada masing-masing sump dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

**Tabel 2.** Volume Sump Tunnel Gudang Handak

Lokasi	Area	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
MS ACCES RD CONNECT	G/H	7,00	4,00	2,00	<b>56,00</b>
MSI RD CONNECT		6,00	4,50	2,00	<b>54,00</b>
MS Utama Gudang Handak		6,50	4,00	2,00	<b>52,00</b>

**Ketersediaan Pompa dan Pipa**

Jenis pompa yang digunakan pada Tunnel Gudang Handak merupakan pompa sentrifugal dan pompa *submersible*, yaitu 2 buah pompa sentrifugal Warman 4/3 EEHH, 2 buah pompa *submersible* Tsurumi LH 875 serta 7 buah pompa *submersible* Tsurumi LH 637. Jenis pipa yang digunakan yaitu HDPE ukuran 6 inchi pada pompa Warman 4/3 EEHH dan Tsurumi LH 875 serta ukuran 4 inchi pada pompa Tsurumi LH 637. Skema penggunaan pompa dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini:



**Gambar 1.** Penggunaan pompa aktual pada Tunnel Gudang Handak

**Head Total Pompa**

Berdasarkan hasil perhitungan *head* total pompa, *head* total pada pompa Tsurumi LH 875 di Mine Sump Utama melebihi kapasitas *head* maksimumnya, sehingga untuk menangani masalah tersebut diperlukan instalasi secara paralel. Sehingga setelah *head* total pompa pada Mine Sump utama dihitung secara paralel didapatkan hasil pada Tabel 3 sebagai berikut:

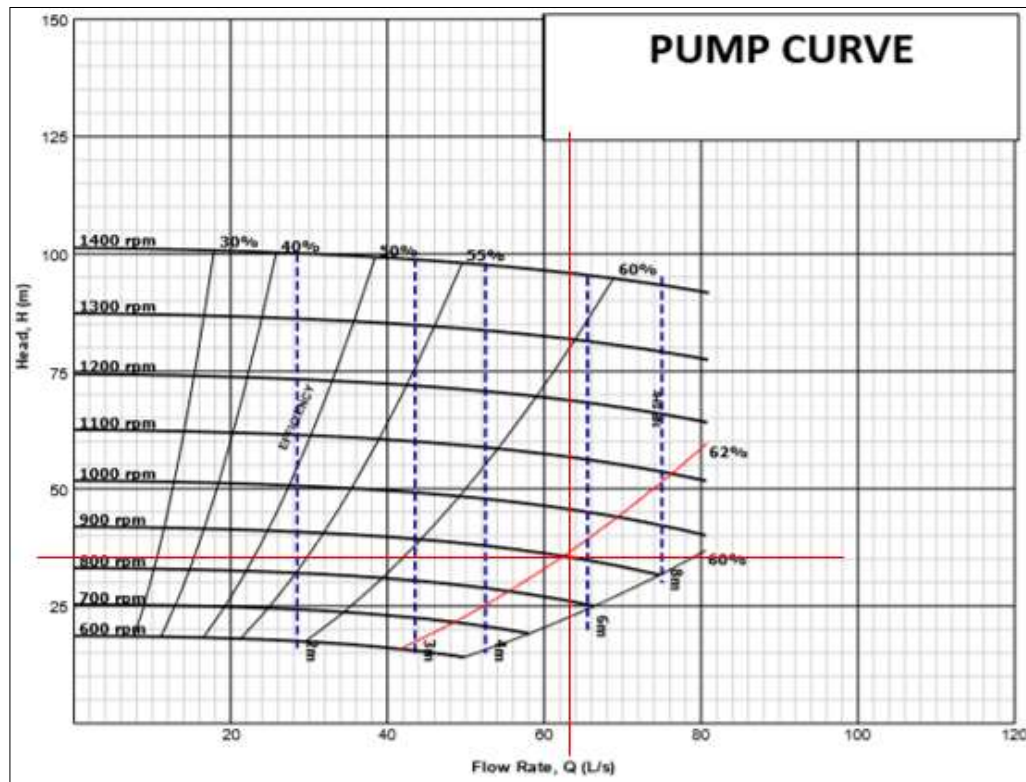
**Tabel 3.** Head total pompa Tunnel Gudang Handak  
*Net Positive Suction Head Pompa*

Pompa	Lokasi	Transfer	Hs (m)	Hv (m)	Hf Mayor (m)	Hf Minor (m)	Head total (m)	Flowrate (m <sup>3</sup> /s)	
Tsurumi LH 875	MS XC 450	MSU	33	0,12	11,64	0,46	45,22	5,70	
Tsurumi LH 637	MS XC 450	MS1	19	0,46	37,04	1,10	57,59	2,10	
Tsurumi LH 638	MS XC 450	MS1	19	0,46	37,04	1,10	57,59	2,10	
Tsurumi LH 639	MS XC 450	MS1	19	0,46	37,04	1,10	57,59	2,10	
Tsurumi LH 640	MS XC 450	MS1	19	0,46	37,04	1,10	57,59	2,10	
Tsurumi LH 637	MS 1	MSU	14	0,45	41,33	0,70	56,47	2,12	
Tsurumi LH 637	MS 1	MSU	14	0,45	41,33	0,70	56,47	2,12	
Tsurumi LH 638	MS 1	MSU	14	0,45	41,33	0,70	56,47	2,12	
Warman 4/3 EEH (Paralel)	MSU	Drainase	29	0,44	35,89	2,03	<b>70,36</b>	<b>35,18</b>	3,84
Warman 4/3 EEH (Paralel)	MSU	Drainase	29	0,44	35,89	2,03	<b>70,36</b>	<b>35,18</b>	3,84
Tsurumi LH 875	MSU	Drainase	29	0,97	78,72	4,34	<b>113,02</b>	<b>56,51</b>	4,90

NPSH *require* yang didapatkan pada pompa Warman 4/3 EEHH sebesar 5,7 m sedangkan untuk NPSH *available* yang telah dihitung didapatkan sebesar 10,271 meter. Dengan begitu maka NPSH *available* pompa lebih besar dari NPSH *require* maka dapat disimpulkan maka tidak dapat terjadi kavitasi pada pompa setrifugal Warman 4/3 EEHH. Analisis NPSH *require* dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:

$$NPSH_a > NPSH_r$$

$$10,271 \text{ m} > 5,7 \text{ m} \text{ (Tidak terjadi kavitasi)}$$



**Gambar 2.** Perhitungan NPSH *require* pada Kurva Performa Pompa Warman 4/3 EEHH

### Analisis *Water Balance*

Dalam analisis *water balance* perlu diketahui terlebih dahulu sumber air yang masuk dan air yang keluar dalam sistem. Pada tambang bawah tanah sumber air yang masuk dapat berasal dari bukaan *tunnel*, air servis pekerjaan, air tanah dan air rembesan. Sedangkan untuk air yang keluar pada *tunnel* hanya air yang dipompakan oleh pompa. Analisis pada *Tunnel Gudang Handak* dijelaskan pada Tabel 4 sebagai berikut:

**Tabel 4.** Sumber air yang masuk pada *Tunnel Gudang Handak*

Sumber Air Masuk	Ya/Tidak	Keterangan
Bukaan <i>Tunnel Gudang Handak</i>	Tidak	Dikarenakan didesain dengan <i>Ramp Up</i> 1%.
Air servis pekerjaan	Tidak	Karena air hanya tergenang pada <i>front</i> kerja tidak sampai ke <i>Mine Sump</i> .
Air tanah	Tidak	Karena <i>Tunnel Gudang Handak</i> tidak memotong lapisan akuifer.
Air rembesan	Ya	Karena adanya kekar – kekar di <i>Tunnel Gudang Handak</i> khususnya pada lokasi Jalan Akses <i>Cross-cut</i> 450.

Setelah mengetahui sumber air yang masuk hanya berupa air rembesan dan sumber air yang keluar berasal dari pompa, maka dapat dibandingkan besar *flowrate* pompa dan besar debit air yang masuk pada tiap *sump*. Hasil analisis pada kondisi aktual dengan debit air yang masuk di *Mine Sump* 450 sebesar 7,521 m<sup>3</sup>/menit dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini:

**Tabel 5.** Perhitungan *water balance* pada *Tunnel Gudang Handak*

Skema	Pompa	Lokasi	Transfer	Flowrate (m <sup>3</sup> /m)	In Flow (m <sup>3</sup> /m)	Out Flow (m <sup>3</sup> /m)
1	Tsurumi LH 875	MS 450	MSU	5,70	7,521	7,80
	Tsurumi LH 637 (1)		MS1	2,10		
	Tsurumi LH 637 (1)	MS 1	MSU	2,12	2,10	2,12
	Warman 4/3 EEH (1)	MSU	Drainase	3,84	7,82	7,68
	Warman 4/3 EEH (2)			3,84		
2	Tsurumi LH 637 (1)	MS 450	MS1	2,10	7,521	6,30
	Tsurumi LH 637 (2)			2,10		
	Tsurumi LH 637 (3)			2,10		
	Tsurumi LH 637 (1)	MS 1	MSU	2,12	6,30	6,36
	Tsurumi LH 637 (2)			2,12		
	Tsurumi LH 637 (3)			2,12		
	Warman 4/3 EEH (1)	MSU	Drainase	3,84	7,82	8,74
	Tsurumi LH 875			4,90		

Pada *Mine sump* Utama terdapat selisih sebesar 0,14 m<sup>3</sup>/menit sedangkan pada *Mine Sump* 450 terdapat selisih pemompaan sebesar 2,04 m<sup>3</sup>/menit. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya air genangan pada Jalan akses *cross-cut* 450. Untuk penjelasan yang lebih dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini:

**Tabel 6.** Hasil analisis *water balance* pada *Tunnel Gudang Handak*

Sump	Keterangan
<i>Mine Sump</i> 450	Debit air yang masuk dapat teratasi dengan satu pompa Tsurumi LH 875 dan satu buah Tsurumi LH 637 pada skema pengaktifan 1, Tetapi 3 buah pompa Tsurumi LH 637 pada pola pengaktifan 2 belum dapat mengatasi debit air yang masuk.
<i>Mine Sump</i> 1	Debit air yang masuk dapat teratasi oleh 1 buah pompa Tsurumi LH 637 pada pola pengaktifan 1, dan juga dapat diatasi oleh 3 buah pompa



<i>Sump</i>	<b>Keterangan</b>
<i>Mine Sump</i> Utama	Tsurumi LH 637 pada skema pengaktifan 2. Pada pola pengaktifan 1 yaitu dua buah pompa warman yang dioperasikan secara paralel belum mampu untuk mengatasi debit air yang masuk. Pada pola pengaktifan 2 yaitu satu buah pompa warman dan pompa tsurumi yang dipasang secara paralel sudah dapat mengatasi debit yang masuk.

**Pompa Evaluasi**

Setelah dievaluasi didapatkan hasil pada *Mine Sump* 450 perlu adanya pergantian 2 buah pompa Tsurumi LH 637 dengan 1 buah pompa Tsurumi LH 875, dengan begitu pada *Mine Sump* 1 hanya memerlukan 2 buah pompa Tsurumi LH 637 dan pada *Mine Sump* Utama diperlukan pergantian 1 buah pompa Warman 4/3 EEH dengan 1 buah pompa Tsurumi LH 875 serta instalasi secara paralel. Perhitungan evaluasi dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini:

**Tabel 7.** Evaluasi penggunaan pompa berdasarkan *water balance*

<i>Shift</i>	<b>Pompa</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Transfer</b>	<i>Flowrate</i> (m <sup>3</sup> /m)	<i>In Flow</i> (m <sup>3</sup> /m)	<i>Out Flow</i> (m <sup>3</sup> /m)
1	Tsurumi LH 875 (1)	XC	MSU	5,70	7,521	7,80
	Tsurumi LH 637 (1)	450	MS1	2,10		
	Tsurumi LH 637 (1)	MS 1	MSU	2,12	2,10	2,12
	Warman 4/3 EEH (1)	MSU	Drainase	3,84	7,82	8,74
	Tsurumi LH 875 (1)			4,90		
2	Tsurumi LH 875 (2)	XC	MSU	5,70	7,521	8,40
	Tsurumi LH 637 (2)	450	MS1	2,10		
	Tsurumi LH 637 (2)	MS 1	MSU	2,12	2,10	2,12
	Warman 4/3 EEH (2)	MSU	Drainase	3,84	7,82	8,74
	Tsurumi LH 875 (1)			4,90		

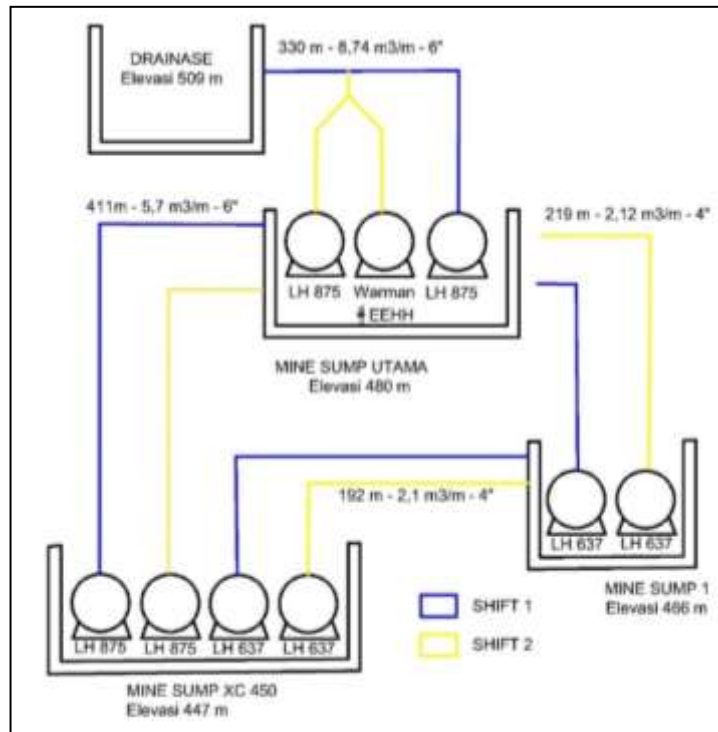
Untuk lebih mudah mengetahui penggunaan pompa hasil evaluasi pada tiap-tiap sump, maka dapat dilihat pada grafik yang menunjukkan letak tiap pompa. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

**Efisiensi dan Daya Pompa**

Efisiensi dan daya pompa didapatkan dengan menganalisis kurva performa pompa dengan mengetahui nilai *head* yang dibutuhkan pompa terlebih dahulu. Setelah mengetahui *head* total pada pompa Warman dan Tsurumi maka didapatkan besar daya dan efisiensi masing-masing pompa yang dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Besar daya yang dibutuhkan pada pompa *tunnel* gudang handak

<b>Pompa</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Transfer</b>	<b>SHP</b> (kWh)
LH 875	XC 450	MSU	72,0
LH 875			72,0
LH 637		MS1	34,0
LH 637	34,0		
LH 637	MS 1	MSU	33,5
LH 637			33,5
Warman 4/3 EEH	MSU	Drainase	43,7
LH 875			73,0
LH 875			73,0



**Gambar 3.** Diagram penggunaan pompa hasil evaluasi pada *Tunnel Gudang Handak*

### Biaya Penggunaan Pompa

Berdasarkan besar daya yang dibutuhkan pada tiap pompa dan jam operasional pemompaan aktual didapatkan biaya pompa aktual pada *Tunnel Gudang Handak* sebesar Rp. 8,341,149.43. Sedangkan pada biaya pemompaan hasil evaluasi dengan jam pemompaan 12 jam pada tiap pompa maka didapatkan besar biaya evaluasi sebesar Rp. 5,576,992.40. Maka besar selisih pemompaan pada *Tunnel Gudang Handak* sebesar Rp. 2,674,157.03 atau dapat menghemat sebesar 33% dari biaya pompa aktual.

### SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil evaluasi dapat disimpulkan bahwa terdapat selisih pada debit air yang masuk dan besar *flowrate* pompa yang mengakibatkan terjadinya genangan air di Jalan akses *cross-cut* 450. Dengan besar debit air masuk pada *Tunnel Gudang Handak* sebesar 7,521 m<sup>3</sup>/menit, sedangkan *flowrate* 3 buah pompa Tsurumi LH 637 pada skema pengaktifan 2 hanya sebesar 6,3 m<sup>3</sup>/menit, sehingga terdapat selisih sebesar 1,221 m<sup>3</sup>/menit. Pada *Mine Sump* utama juga terdapat selisih pemompaan sebesar 0,14 m<sup>3</sup>/menit pada skema pemompaan 1 yaitu 2 buah pompa warman 4/3 EEHH.

Dari analisis *water balance* dapat diketahui penggunaan pompa aktual kurang mampu dalam menangani debit air yang masuk, sehingga didapatkan kebutuhan pompa *Tunnel Gudang Handak* yaitu pada *Mine Sump* 450 sebanyak 2 buah pompa tsurumi LH 875 dan 2 buah pompa Tsurumi LH 637. Kemudian pada *Mine Sump* 1 diperlukan 2 buah pompa Tsurumi LH 637 dan pada *Mine Sump* utama dibutuhkan 1 buah pompa warman 4/3 EEHH dan 2 buah pompa tsurumi LH 875 yang diinstalasi secara paralel.

Biaya penggunaan pompa hasil evaluasi pada *Tunnel gudang handak* dapat menghemat hingga 33% dari biaya aktualnya yaitu dengan sebesar selisih Rp. 2,674,157.03 perharinya atau Rp. 82,924,710.84 setiap bulannya.