

Analisis Penurunan Muka Air Tanah pada Penambangan Emas Area TD-5010A Tambang Bawah Tanah Toguraci PT Nusa Halmahera Mineral, Kab. Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara

¹Priema Wardani, ²Yuliadi, ³Dudi Nasrudin Usman

^{1,2,3}Program Studi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,

Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116

e-mail: ¹primawardani31@yahoo.com

Abstract. Toguraci underground mine PT NHM is an underground mining that has a problem on groundwater inflow. It has reached room temperature 38 – 42°C and the average temperature of groundwater 70 – 74°C. One of the highest temperature cause the presence of groundwater flow in front of mining work. Besides the groundwater flow inhibits production activity as worker and the heavy equipment can't entrance on that area, so need an efforts to reduce the groundwater in the area of TD-5010A decline 09. An Investigation doing to some determine the characteristics of the aquifer at the location, including packer test on the ore body, rock permeability values of 0.007 m/day were classified as igneous rock types. The other of test is pumping test, output of that test is hydraulic coefficient 22.77 m/day, transmissivity 388.84 m²/day, storativity 8.78 x 10⁻⁵. The result of characterize the rock is classified as fracture aquifers. Based on the result of above the calculated, groundwater flow rate obtained at 1036.98 m³/day/m, if the progress of mining is 3 m so discharge of groundwater counted 36 L/s. Additional recommended is to change 16,7 L/s pump specification with pumping capacity.

Key Words : Toguraci, Permeabilitas, Transmisivitas, *Submersible*.

Abstrak. Tambang bawah tanah Toguraci PT NHM merupakan tambang bawah tanah yang memiliki masalah pada aliran air tanah. Tambang bawah tanah tersebut memiliki suhu ruangan mencapai 38 – 42°C serta suhu rata-rata airtanah ± 70 – 74°C. Salah satu penyebab tingginya temperatur ruangan adalah adanya aliran airtanah pada *front* kerja penambangan. Selain itu adanya aliran air tanah ini menghambat kegiatan produksi karena pekerja dan alat berat tidak dapat masuk pada area tersebut, sehingga perlunya upaya penurunan muka air tanah pada area tersebut tepatnya pada area TD-5010A *decline* 09. Dilakukan beberapa penyelidikan untuk mengetahui karakteristik akuifer pada lokasi tersebut, diantaranya uji packer pada batuan pengikat ore body dengan nilai permeabilitas sebesar 0,007 m/hari yang tergolong jenis batuan beku. Pengujian lainnya adalah uji pemompaan yang mendapat nilai koefisien hidrolik sebesar 22,77 m/hari, nilai transmisivitas 388,84 m²/hari, storativitas 8,78 x 10⁻⁵. Hasil uji pemompaan mencirikan batuan tersebut tergolong akuifer rekahan. Berdasarkan hasil-hasil diatas dihitung nilai debit aliran air tanah yang didapat sebesar 1036,98 m³/hari/m, maka pada kemajuan tambang 3 m debit tersebut terhitung 36 L/s. Rekomendasi dewatering adalah dengan mengganti pompa spesifikasi 16,7 L/s menggunakan pompa berkapasitas 36,1 L/s pada sumur pemompaan VD04-YW02.

Kata Kunci : Toguraci, Permeabilitas, Transmisivitas, *Submersible*.

A. Pendahuluan

Latar Belakang

PT Nusa Halmahera Minerals (PT NHM) merupakan salah satu perusahaan tambang yang menerapkan sistem penambangan bawah tanah, dengan kedalaman penambangan mencapai 5010 mRL (aktual 10 mdpl pada Juni 2015). Tambang bawah tanah tersebut mempunyai beberapa permasalahan terkait sistem dewatering tambang. Pada level penambangan terbawah (TD-5010A) terdapat aliran air tanah dengan suhu tinggi mengalir masuk ke area penambangan. Suhu air tanah yang tinggi menaikkan suhu ruangan hingga mencapai 38 – 42°C yang mengakibatkan tidak dapat

dilakukannya kegiatan penambangan pada area tersebut.

Salah satu penanganan yang telah dilakukan PT NHM adalah membuat lubang-lubang bor untuk memompa air tanah dan menurunkan level permukaannya. Namun, hingga saat ini penurunan level air tanah cenderung tidak mencapai target yang ditentukan. Hal ini terjadi karena sistem dewatering tambang yang tidak dapat mengimbangi besarnya aliran air tanah yang keluar disekitar front kerja penambangan.

Maka dari itu penyelidikan ini dilakukan untuk menangani permasalahan pada sistem dewatering tambang bawah tanah PT NHM site Toguraci terutama untuk front kerja TD-5010A agar dapat dilakukannya penambangan pada level tersebut.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik akuifer pada batuan sekitar lokasi penambangan TD-5010A.
2. Mengetahui debit aliran air tanah yang masuk pada *front* penambangan.
3. Menentukan pemilihan jenis pompa untuk sistem dewatering terbaik area TD-5010A.

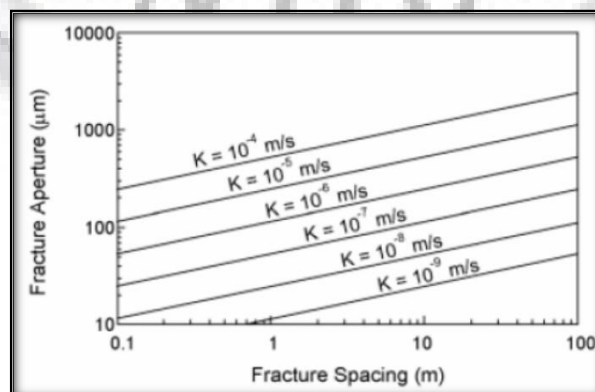
B. Landasan Teori

Air Tanah

Air tanah adalah sejumlah air di bawah permukaan bumi yang dapat dikumpulkan dengan sumur-sumur, terowongan, sistem drainase atau dengan pemompaan. Dapat juga disebut aliran yang secara alami mengalir ke permukaan tanah melalui pancaran atau rembesan (Bouwer, 1978; Freeze dan Cherry, 1979; Kodoatie, 1996). Sedangkan menurut Soemarto (1989) air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi.

Akuifer Rekahan (*Fractured Aquifer*)

Bidang diskontinu seperti kekar-kekar, rekahan, dan zona hancuran pada massa batuan mengambil peranan yang besar dalam pergerakan aliran air tanah dan membentuk suatu sistem akuifer rekahan. Massa batuan yang terkekarkan (*fractured rock*) dapat dianggap sebagai batuan utuh (*intact rock*) yang dipisah-pisahkan oleh bidang-bidang diskontinyu. Walaupun batuan itu sendiri bersifat impermeabel, namun keberadaan bidang-bidang diskontinu tersebut dapat menaikkan nilai permeabilitas massa batuan secara keseluruhan (*permeabilitas ekuivalen*).



Gambar 1. Grafik Hubungan Jarak Antar Kekar dengan Permeabilitas Batuan

Sifat- Sifat Akuifer Rekahan

1. Porositas, didefinisikan sebagai persentase volume pori (V_v) terhadap volume keseluruhan batuan (V).
2. Permeabilitas (konduktivitas hidraulik) adalah parameter yang menyatakan kemudahan air atau fluida lainnya untuk mengalir melalui pori-pori.
3. Transmisivitas adalah kecepatan air yang dibawa melewati satu meter lebar akuifer untuk membawa air (UNESCO, 1981).
4. *Storage Coefficient* atau storativitas adalah koefisien cadangan air bawah tanah yang dapat disimpan atau dilepaskan oleh suatu akuifer setiap satu satuan luas akuifer pada satu satuan perubahan kedudukan muka air bawah tanah atau bidang piezometrik (Todd, 1995).
5. *Radius of influence* adalah radius pengaruh pemompaan dari suatu sumur dimana pada jarak R_o , muka air tanah tidak lagi terpengaruh dengan pemompaan.

Uji Akuifer

Untuk mengetahui karakteristik hidrolis akuifer serta potensi air tanah maka perlu dilakukan pengujian. Jenis-jenis pengujian yang umum dilakukan:

1. Uji Packer,

Uji *packer* dilakukan dengan cara menginjeksikan air bertekanan ke dalam lubang bor untuk mendapatkan koefisien kelulusan air dan nilai Lugeon dari batuan tersebut. Uji packer menggunakan lapisan pembungkus (*packer*) untuk mengisolasi interval batuan dalam lubang bor yang akan diuji.

Setelah uji *packer*, dilakukan perhitungan Nilai Lugeon. Nilai Lugeon didefinisikan sebagai tingkat kecepatan aliran air dalam satuan liter per menit pada kondisi air bertekanan 1 Mpa per satuan meter panjang material yang diuji.

$$1 \text{ Lu} = 1 \text{ Liter} / \text{menit} / \text{meter pada tekanan 1 Mpa}$$

Metode ini sebagian besar digunakan untuk masalah rock grouting dalam pekerjaan geoteknik. Nilai Lugeon adalah angka yang menunjukkan kemampuan tanah atau batuan mengalirkan air dan dinyatakan dalam satuan Lugeon, dimana satu Lugeon artinya banyaknya air dalam liter per menit yang masuk kedalam tanah melalui lubang bor (SNI 2411-2008)

2. Uji Pemompaan,

Uji ini merupakan tahapan yang dilakukan untuk menguji kapasitas debit dari akuifer yang berada disekitar lubang pemboran dengan tujuan mengetahui sifat permeabilitas atau karakteristik akuifer pada batuan yang diuji. Pengujian ini dilakukan untuk memperkirakan nilai transmissivity, storage coefficient, dan radius of influence. Dalam pengujian pemompaan diperlukan lebih dari satu sumur, satu sumur berfungsi sebagai sumur pompa dan sumur lainnya berfungsi sebagai sumur observasi. Jarak antar sumur tersebut antara 25-100 m atau menyesuaikan dengan lokasi yang memungkinkan.

Perhitungan uji pemompaan dilakukan dengan Metoda Cooper dan Jacob, metoda ini dapat digunakan dengan asumsi akuifer yang diujikan merupakan akuifer tertekan, akuifer homogen dan isotropic, akuifer dipompa dengan debit konstan, aliran

pada sumur berupa aliran tak *steady*. Dalam Krusemen and De Ridder (1991), ilmuwan bernama Bouwer (1978) membuat klasifikasi nilai konduktivitas hidrolis pada berbagai jenis batuan atau material.

Geological classification	K (m/d)
Unconsolidated materials:	
Clay	10^{-8} – 10^{-2}
Fine sand	1 – 5
Medium sand	5 – 2×10^1
Coarse sand	2×10^1 – 10^2
Gravel	10^2 – 10^3
Sand and gravel mixes	5 – 10^2
Clay, sand, gravel mixes (e.g. till)	10^{-3} – 10^{-1}
Rocks:	
Sandstone	10^{-3} – 1
Carbonate rock with secondary porosity	10^{-2} – 1
Shale	10^{-7}
Dense solid rock	$< 10^{-5}$
Fractured or weathered rock (Core samples)	Almost 0 – 3×10^2
Volcanic rock	Almost 0 – 10^3

Gambar 3. Klasifikasi Nilai Konduktivitas Hidrolis

3. Aliran Air tanah dalam Lubang Buka

Parameter yang menunjukkan besarnya debit air tanah yang masuk ke dalam lubang bukaan sangat penting untuk diketahui sebagai langkah awal untuk mendesain sistem pencegahan dan penyaliran air tanah yang masuk ke dalam lubang bukaan.

C. Hasil Penelitian

Hasil penelitian didasarkan pada pengamatan aktual mengenai keadaan batuan disekitar lokasi pengamatan yang berpotensi menjadi akuifer berjenis akuifer rekahan. Hasil penelitian mengacu pada hasil uji *packer* dan uji pemompaan.

- Hasil Uji Packer

Uji ini menunjukkan nilai konduktivitas hidrolis pada sekitar batuan yang diujikan.

Tabel 1. Perhitungan Konduktivitas Hidrolis TND-130

Tahap	Debit (Q)	hp	hs	h	L	r	k	
	cm ³ /s	cm	cm	cm			cm/s	m/day
1	133,34	3300	16500	15300	200	4,8	0,0000200	0,0173
2	200,00	5700	16500	17700			0,0000268	0,0231
3	83,34	11400	16500	23400			0,0000089	0,0077
4	50,00	5700	16500	17700			0,0000067	0,0058
5	33,33	3300	16500	15300			0,0000050	0,0043

Hasil tersebut dipilih berdasarkan nilai Lugeon yang ditentukan berdasarkan grafik. Maka nilai k yang dipilih dengan nilai Lugeon sebesar 2,04 Lu adalah 0,007 m/day yang berdasarkan klasifikasi konduktivitas hidrolis tergolong dalam kelas rendah hingga sangat rendah.

- Hasil Uji Pemompaan

Hasil uji pemompaan adalah berupa data perubahan muka air tanah ketika dilakukan pemompaan dan kambuh. Ketika pemompaan dihentikan maka dicatat seberapa besar air masuk pada media yang diujikan. Hasil akhir dari uji ini adalah

seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Perhitungan Nilai *Transmissivitas* dan *Storage Coefficient* (Storativitas)

Condition	Debit (m ³ /s)	r (m)	t ₀	Δs (m)	T (m ² /day)	S	K (m/day)
Drawdown	1252,8	20,01	3,47	0,59	388,84	8,78E-05	32,03
Recovery		20,01	4	0,83	276,4	7,19E-05	22,77

Nilai konduktivitas hidrolik hasil uji *packer* dan uji pemompaan sangat berbeda jauh, hal ini karena pengujian tersebut dilakukan pada media yang berbeda. Uji *packer* pada batuan sampung pengikat *ore body* sedangkan uji pemompaan pada *ore body* secara langsung. Keadaan *front* kerja TD-5010A berada langsung pada *ore body* Damar, sehingga hasil pengujian diambil dari uji pemompaan karena dianggap lebih sesuai dengan keadaan langsung pada *front* kerja penambangan.

1. Rekomendasi Sistem Dewatering

- Perkiraan Debit Air Disekitar Lubang Bukaan

Nilai K hasil uji pemompaan tahap recovery adalah 22,77 m/hari. Maka, menurut Freeze dan Cherry (1979) perhitungan debit air yang masuk pada lubang bukaan dapat dihitung sebagai berikut.

$$q = \frac{2\pi Kh}{2,3 \log\left[2\frac{h}{r}\right]}$$

$$q = \frac{2 \times 3,14 \times 22,77 \times 18}{2,3 \log\left[\frac{2 \times 18}{3}\right]} = 1036,98 \text{ m}^3/\text{hari/m}$$

Nilai debit tersebut adalah nilai debit aliran yang dihitung dari satu penampang luas. Kemungkinan adanya water flow pada kondisi ini sangat besar sehingga untuk perhitungan perkiraan debit yang masuk pada front penambangan dikalikan dengan keadaan kritis yaitu 3 meter. Maka didapat debit yang diperkirakan masuk pada front TD-5010A adalah 1036,98 m³/hari/m x 3 m = 3110,96 m³/hari atau sama dengan 36 L/s.

Berdasarkan nilai debit tersebut dengan menggunakan spesifikasi pemompaan yang digunakan saat ini dapat dihitung besarnya genangan air pada *front* kerja penambangan bila pompa dimatikan selama 1 jam, akan naik sekitar 0,34 m. Agar hal tersebut tidak terjadi maka sangat disarankan pompa submersible tidak dimatikan meskipun saat peledakan, mengingat power yang digunakan pompa tersebut adalah listrik sehingga tidak begitu berbahaya jika tidak dimatikan.

- Skenario Sistem Pemompaan

PT NHM mempunyai 2 jenis pompa submersible berkapasitas 22 kW dan 55 kW, yang masing-masing mempunyai spesifikasi debit 16,7 L/s (minimum efisiensi 75 %) dan 36,1 L/s (minimum efisiensi 74,7 %). Bila debit aliran air yang masuk 36 L/s dan dapat ditangani dengan pompa berkapasitas 36,1 L/s dengan catatan efisiensi kerja pompa tidak kurang dari 74,7 %. Maka skenarionya sebagai berikut.

Tabel 3. Skenario Percobaan Pemilihan Pompa

Skenario	Type	Power (kW)	Delivery rate max (Q)
			l/s

1	po-so-100-8/8,2	55	36,1
2	po-so-100-8/8,2 & po-so-100-8/8,2	(55 + 22) x 2	50,1
3	po-so-100-3/8,3	(22 x 3) x 2	52,8

Dari skenario diatas yang paling memungkinkan untuk dipilih adalah pada skenario pertama berdasarkan pertimbangan dari segala aspek terutama lokasi *front* penambangan.

- Penurunan Muka Air tanah

Perhitungan penurunan muka air tanah perlu dilakukan dengan melakukan pengujian seperti ini pada beberapa lokasi penambangan disekitar daerah level terbawah (TD-5010A). Berdasarkan pengujian pemompaan menggunakan pompa spesifikasi 16,7 L/s didapatkan penurunan muka air tanah selama pemompaan 300 menit yaitu 0,59 m.

Perhitungan penurunan muka air tanah berdasarkan skenario penggunaan pompa dengan spesifikasi 36,1 L/s menggunakan persamaan transmisivitas berikut ini.

$$T = \frac{2,3Q}{4\pi \Delta s}, \text{ menjadi } \Delta s = \frac{2,3 \times Q}{4\pi \times T}$$

Tabel 4. Penurunan Muka Air tanah

No	Debit		Transimisivitas (m ² /s)	Waktu (menit)	Penurunan (m)	Penurunan m/s	Target Waktu Penurunan (Jam)
	(L/s)	(m/s)					
1	14.5	0.0145	0.0045	18000	0.59	3.27778E-05	425.4
2	36.1	0.0361			1.47	8.16132E-05	170.9
3	50.1	0.0501			2.04	0.000113264	123.1
4	52.8	0.0528			2.15	0.000119368	116.8

Dari tabel diatas yang paling memungkinkan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan skenario pertama pompa yang direkomendasikan, itu artinya pemilihan waktu penurunan muka air tanah sesuai dengan No 2 dimana air tanah akan mencapai level yang diinginkan pada waktu 170,9 jam.

Setelah itu dilakukan kembali perhitungan pengembalian muka air tanah jika pompa dimatikan ketika level air tanah sudah mencapai titik yang diinginkan. Maka air tanah akan mencapai posisi kritis dengan perbandingan sebagai berikut.

$$\frac{0,83 \text{ m}}{22,22 \text{ m}} = \frac{120 \text{ menit}}{x}$$

$$x = \frac{22,22 \text{ m} \cdot 120 \text{ menit}}{0,83} = 3212,53 \text{ menit atau } 53,54 \text{ jam}$$

Setelah mencapai level yang diinginkan pompa dapat dimatikan selama 53,54 jam atau selama 2 hari 5 jam 32 menit hingga akhirnya mencapai titik kritis.

D. Kesimpulan

1. Hasil pengujian packer menunjukkan nilai koefisien permeabilitas 0,0077 m/hari. Berdasarkan nilai koefisien permeabilitas, klasifikasi nilai tersebut menunjukkan jenis akuifer rendah hingga sangat rendah dan tergolong batuan massif (batuan beku). Hasil uji pemompaan drawdown menunjukkan nilai transmisivitas 388,84 m²/hari, storativitas 8,78 x 10⁻⁵ serta nilai konduktivitas hidrolis 32,03 m/hari. Sedangkan hasil uji pompa recovery nilai transmisivitas 276,4 m²/hari, storativitas 7,19 x 10⁻⁵ serta nilai konduktivitas hidrolis 22,77 m/hari. Berdasarkan parameter geologi dengan nilai koefisien permeabilitas tersebut

- akuifer tergolong jenis akuifer rekahan pada batuan massif.
2. Nilai debit aliran air tanah yang masuk pada lubang bukaan didapat dengan nilai 1036,98 m³/hari/m. Maka jika kemajuan tambang setiap 3 meter perkiraan debit aliran yang masuk adalah 1036,98 m³/hari/m x 3 m = 3110,96 m³/hari atau sama dengan 36 L/s.
 3. Sistem dewatering yang direkomendasikan adalah pada skenario pertama yaitu mengganti pompa pada sumur VD04-YW02 dengan pompa 55 kW yang memiliki flow rate 36,1 L/s dan total head mencapai 105 m. Berdasarkan pompa yang direkomendasikan, didapat nilai penurunan air tanah sebesar 8,16 x 10⁻⁵ m dalam 1 detik. Jika target airtanah diturunkan mencapai level 4977,78 mRL (50,2 m), maka untuk mencapai target pompa harus dilakukan selama 171 jam (7 Hari 2 Jam).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1981. "Regional Training Course on Groundwater". Lecture Notes., UNESCO Regional for Science and Technology for Southeast Asia. Thailand.
- Anonim 2008. "Cara Uji Kelulusan Air Bertekanan di Lapangan". Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta, Indonesia.
- Anonim, 1995, "Pasal 370 Tentang Standar Ventilasi Tambang Bawah Tanah". Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 555.K/26/M.PE/1995 Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral.
- Anonim, 2010. "Potensi Sumberdaya Maluku Utara". Departemen Kehutanan dalam dephut.go.id
- Anonim, 2015 "Toguraci Temperature Modelling March 2015" Ventilation Engineer PT NHM, Maluku Utara.
- Anonim, 2015 "TWL on Trigger for Hot Ventilation March 2015" Ventilation Engineer PT NHM, Maluku Utara.
- Apandi, T., dan Sudana, D., 2000, "Mandala Geologi Maluku Utara", Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Bessho, 1944, "Zona Sesar Maluku Utara", Dalam Hamilton 1979, Institut Teknologi Bandung Dep. Umum Research Nasional, Bandung.
- Driscoll, Fletcher G., 1989. "Groundwater and Wells", Johnson Filtration System Inc., Minesota.
- Domenico, Patrick A.; Schwartz, Franklin W., "Physical and Chemical"
- Fetter, C.W. 1994, "Applied Hydrogeology", Third Edition, Prentice-Hall Inc., USA.,
- Freeze, A.R., Cherry, J.A. 1979., "Groundwater". Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, NJ.
- Gautama, Dr. Ir. Rudy Sayoga, 1999."Diktat Kuliah Sistem Penyaliran Tambang", Jurusan Teknik Pertambangan ITB, Bandung.
- Hamilton, 1979, "Zona Sesar Maluku Utara", Institut Teknologi Bandung Dep. Umum Research Nasional, Bandung.
- Hartman, Howard L., 1987. "Introductory Mining Engineering", John Wiley & Sons Inc., Canada.
- Hidayat, Wahyu., 2012. "Penelitian Geologi Pulau Halmahera". Bina Karya Nusa, Halmahera Utara.
- John Wiley & Sons Inc., 1990. "Hydrogeology", Canada.,
- Katili, J.A., 1974, "Geologi Daerah Halmahera Barat", Institut Teknologi Bandung Dep.

Umum Research Nasional, Jakarta.

Karen J. Dawson & Jonathan D. Istok, 1991. "Aquifer Testing, Design, and Analysis of Pumping and Slug Tests", Lewis Publishers New York,

Kashef, Abdel-Aziz Ismail, 1987."Ground Water Engineering", McGraw-Hill Book Company, Singapore.

Kruseman, G.P. , & M.A de Ridder, 1994. "Analysis & Evaluation of Pumping Test Data", Publication 47, Wageningen, The Netherlands.

Peele, Robert; Church, A. John, 1941."Mining Engineering Hand Book", John Wiley & Sons Inc., Canada.

Supriatna, Sam., 1980, "Geolgi Regional Lembar Gosowong", Maluku Utara.

Soedarsono, Untung., 1998. "Prosedur Pompa Uji". Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.

Sprague, Tonny., 2013. "Toguraci Management Review August 2013" PT NHM, Maluku Utara.

Todd, D.K., 1980, "Groudwater Hydrology", John Wiley & Sons, New York.