

KINERJA PRIMARY FAN T1 TOG PT NHM

Patrisia Pulu

Jurusan Geologi Pertambangan, SMKN1 Kota Sorong
Jl. Pendidikan Km. 8 Kota Sorong
Email: patrisiapulu92@gmail.com

Abstract

PT NHM is a gold mining company located in North Maluku Province that uses an underground mining system. The TOG mine has a relatively high groundwater temperature due to the contact of tectonic activity in the area with meteoric water from the surface. Therefore, the level of clean air required is relatively more so that mining activities in the tunnel can run effectively. To achieve this, the supply of clean air must be balanced with the amount of dirty air released using Axial fan Howden type AF50 1200/2450 with 560 kW/690 V motors, which are installed in parallel with a fan diameter of 2,450 mm, speed of 989 rpm with a suction capacity of 315 m³/s. The performance of the primary fan T1 TOG in PT NHM was analyzed by calculating the psychrometric value of air in the fan, the value of inlet volume, resistance, air power, and efficiency values. Based on the results of data processing, there were three different conditions. The inlet volume value of the 019 fan is 170.753 m³/s, with a resistance of 0.04 Ns/m⁸ and an efficiency value of 81%. Meanwhile, the inlet volume value of the 018 fan is approximately 173.27 m³/s, with a resistance of 0.04 Ns/m⁸ and the fan efficiency value of 85%. For the conditions when both fans are operated simultaneously, the inlet volume value is 306 m³/s, with a resistance value of 0.85 Ns/m⁸, and the value of fan efficiency of 91%. This means that the performance of the primary fan T1 TOG in PT NHM is in good condition even though the inlet volume produced has not reached the production target according to the company's needs of 315 m³/s.

Keywords: inlet volume, resistance, air power, efficiency, collar pressure

Abstrak

PT NHM yang terletak di Provinsi Maluku Utara adalah salah satu perusahaan penambangan emas yang menerapkan sistem tambang bawah tanah. Tambang TOG memiliki suhu air tanah yang relatif tinggi hasil kontak aktivitas tektonik yang ada pada daerah tersebut dengan air meteorik dari permukaan, dengan demikian dapat dikatakan bahwa tingkat kebutuhan udara bersih yang dibutuhkan relatif lebih banyak, agar aktifitas penambangan di dalam *tunnel* dapat berjalan dengan efektif. Untuk mencapai hal tersebut maka suplai udara bersih harus seimbang dengan jumlah udara kotor yang dikeluarkan menggunakan Axial fan Howden type AF50 1200/2450 dengan 560 kW/690 V motors yang dipasang secara paralel dengan diameter fan 2.450 mm, berkecepatan 989 rpm dengan kapasitas hisapan 315 m³/s. Kinerja primary fan T1 TOG PT NHM dikaji dengan memperhitungkan nilai psikometri udara dalam fan, nilai inlet volume, resistensi, air power, dan nilai efisiensi. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh tiga kondisi yang berbeda. Untuk fan 019 nilai inlet volume sebesar 170.753 m³/s dengan resistensi 0.04 Ns/m⁸ dan nilai efisiensi 81%. Untuk fan 018, nilai inlet volume yang dihasilkan sebesar 173.27 m³/s, resistensi 0.04 Ns/m⁸ dan nilai efisiensi fan mencapai 85%. Untuk kondisi ketika kedua fan dioperasikan secara bersamaan, nilai inlet volume yang dihasilkan sebesar 306 m³/s, nilai resistensi 0.85 Ns/m⁸ dan efisiensi fan sebesar 91%. Hal ini berarti bahwa kinerja primary fan T1 TOG PT NHM dalam kondisi baik sekalipun inlet volume yang dihasilkan belum mencapai target produksi sesuai kebutuhan perusahaan sebesar 315 m³/s.

Kata kunci: inlet volume, resistensi, air power, efisiensi, collar pressure.

PENDAHULUAN

PT NHM merupakan perusahaan yang melakukan penambangan emas menggunakan sistem tambang bawah tanah dengan perpaduan dua metode penambangan yakni *cut and fill* dan *long hole stopping*. Area tambang bawah tanah TOG merupakan tambang bawah tanah PT NHM yang

cukup unik. Hal ini dikarenakan Tambang TOG memiliki suhu air tanah yang relatif tinggi hasil kontak aktivitas tektonik yang ada pada daerah tersebut dengan air meteorik dari permukaan, dengan demikian dapat dikatakan bahwa tingkat kebutuhan udara bersih yang dibutuhkan relatif lebih banyak, agar aktifitas penambangan di dalam *tunnel* dapat

berjalan dengan efektif. Untuk mencapai hal tersebut maka suplai udara bersih harus *balance* dengan jumlah udara kotor yang dikeluarkan. Untuk mengeluarkan udara kotor dari Tambang TOG digunakan *Axial fan* Howden type AF50 1200/2450 dengan 560 kW/690 V *motors* yang dipasang secara paralel dengan diameter *fan* 2.450 mm, berkecepatan 989 rpm dengan kapasitas hisapan 315 m³/s disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan.

Pada tahun 2017 *primary fan* yang digunakan dan dipasang secara paralel pernah mengalami kerusakan pada salah satu motor *fan* sehingga berdampak pada jumlah pasokan udara yang dikeluarkan dari dalam *tunnel*, sehingga perlu untuk mengetahui seberapa efektif kinerja *primary fan* yang beroperasi.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Penelitian dilakukan selama lima bulan di Area TOG PT NHM, Provinsi Maluku Utara.



Gambar 1. *Primary fan* T1 TOG

Alat-alat yang digunakan adalah *pitot tube*, manometer, *thermometer*, kestrel anemometer dan *sling psychrometer*.

Variabel yang diamati meliputi *temperature dry and wet bulb*, *barometric pressure*, *collar pressure*, *total pressure*, *static pressure*, dan *velocity pressure*.

Ventilasi Tambang

Ventilasi tambang adalah pengendalian sejumlah udara segar ke dalam tambang.

Ventilasi tambang yang paling sering digunakan yakni ventilasi mekanik dibanding ventilasi alami. Sistem ventilasi mekanik ini dibangkitkan dengan bantuan listrik. Sebagai alat *supply* udaranya digunakan *fan*.

Fan pada sistem ini bertugas sebagai pengatur sirkulasi udara sehingga setiap *front* kerja pada tambang tersebut akan tersuplai udara yang cukup. Mesin angin yang memasok kebutuhan udara untuk seluruh tambang dinamakan mesin angin utama (*main fan*). Mesin angin yang digunakan untuk mempercepat aliran udara pada percabangan atau suatu lokasi tertentu di dalam tambang, tetapi tidak menambah volume total udara di dalam tambang disebut mesin angin penguat (*booster fans*), sedangkan mesin angin yang digunakan pada lokasi kemajuan atau saluran udara tertutup (*lubang buntu*) dinamakan mesin angin bantu (*auxiliary fans*).

Berdasarkan cara menimbulkan udaranya serta letak mesinnya, ventilasi mekanis dibedakan menjadi tiga metode yaitu:

1. Sistem Hisap (Exhausting sistem)

Pada sistem ini mesin angin induk diletakkan pada jalan udara keluar. Dengan adanya isapan mesin angin ini, maka tekanan udara di dalam tambang akan mengecil dan udara dari luar tambang yang bertekanan besar akan masuk ke dalam tambang. Setelah melalui tempat kerja maka udara akan menjadi kotor dan dihisap oleh mesin angin untuk dialirkan keluar tambang.

2. Sistem Hembus (Forcing Sistem)

Pada sistem ini mesin angin utama diletakkan pada jalan udara masuk. Mesin angin ini akan menekan udara ke dalam tambang, sehingga udara mengalir melalui jalan-jalan udara di dalam tambang.

3. *Overlap* Sistem

Sistem ini merupakan gabungan dari sistem *exhausting* dan *forcing*. Berbeda dengan kedua sistem sebelumnya, sistem ini menggunakan dua *fan* yang memiliki tugas berbeda satu sama lain. Ada *fan* yang bertugas menyuplai udara ke *front* (*intake fan*), ada *fan* yang bertugas untuk menghisap udara dari *front* (*exhausting fan*). *Exhaust fan* dipasang lebih jauh dari *front* penambangan, sedangkan *duct* akhir dari *intake fan* dipasang lebih dekat dengan *front* penambangan. Hal ini untuk mencegah agar udara yang disuplai langsung dihisap oleh *exhaust fan* sehingga udara akan memiliki waktu untuk bersirkulasi pada *front* penambangan.

Pengukuran Kecepatan Udara

Kecepatan aliran udara di dalam tambang merupakan salah satu parameter dalam perhitungan kuantitas udara. Dalam pengukuran ini menggunakan manometer yang dipadukan dengan *pitot tube*.

Pitot tube berbentuk L yang pada bagian ujung pipa terbuka sebagai tempat mengalirnya udara yang masuk. Apabila pipa bagian luar tersumbat ujungnya, maka akan terbentuk di sekeliling lubang-lubang yang kecil sebagai udara masuk.

Tekanan yang mengalir pada aliran udara melalui *pitot tube* akan diukur menggunakan manometer yang disambungkan dengan selang plastik atau karet pada ujung *pitot tube* lainnya.

Pengukuran kecepatan aliran udara di dalam tambang menggunakan teknik *continuous* artinya dilakukan secara terus menerus dan konsisten pada arah horizontal atau vertikal dari atas atau dari bawah, dari ujung yang satu ke ujung yang lain pada penampang lubang bukaan dengan jalur yang teratur sehingga seluruh penampang lubang bukaan terukur.



Gambar 2. Pengukuran *velocity pressure*

Pengukuran Luas Penampang Jalur Udara

Selain mengukur kecepatan udara untuk menentukan kuantitas aliran udara dilakukan

pengukuran terhadap luas penampang jalur udara pada setiap titik pengukuran. Persamaan yang digunakan yakni rumus luas lingkaran, karena bentuk dari motor *fan* sendiri melingkar.

Pengukuran Temperatur

Pengukuran temperatur di dalam lubang bukaan tambang bawah tanah menggunakan *sling psychrometer*.

Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur kering (*dry bulb*) dan temperatur basah (*wet bulb*) untuk mengetahui kelembaban udara dan *density* udara pada setiap jalur aliran udara.

Prinsip *sling psychrometer* adalah pada kondisi jenuh penguapan tidak terjadi sehingga temperatur kering (t_{db}) sama dengan temperatur basah (t_{wd}), sedangkan pada kondisi tidak jenuh air pada kain yang dibasahi di salah satu ujung *thermometer* akan menguap sehingga menyerap kalor dan pada *thermometer* akan terbaca sebagai temperatur basah.



Gambar 3. Pengukuran temperatur dan *barometric pressure*

Pengukuran Tekanan Udara

Pengukuran tekanan udara menggunakan kestrel anemometer yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan tekanan udara pada setiap titik pengukuran.

Dengan mengetahui perbedaan tekanan udara, maka dapat diperkirakan arah pergerakan udara, di mana udara akan selalu bergerak dari tempat yang bertekanan tinggi ketempat yang bertekanan yang lebih rendah.



Gambar 4. Pengukuran *collar pressure*



Gambar 5. Pengukuran *total pressure*



Gambar 6. Pengukuran *static pressure*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menganalisa kinerja *primary fan*, yang menjadi parameter adalah spesifikasi atau standar kinerja yang telah ditetapkan dari pabrik pembuat *fan* tersebut. Berdasarkan pengolahan data, terdapat tiga kondisi yang berbeda pada *primary fan* T1 TOG PT NHM.

Hasil pengukuran Pressure

Berikut merupakan nilai *pressure* rata-rata dari 15 data yang diperoleh pada *Primary Fan* 019 T1 TOG:

Static Pressure (S_p) : 1647 Pa
 Velocity Pressure (V_p) : 203 Pa
 Total Pressure (T_p) : 1850 Pa
 Collar Pressure : 1174 Pa

Perhitungan Psikometri

Berikut adalah perhitungan psikometri berdasarkan kumulatif dari pengukuran *temperature fan* dan *barometric pressure* pada *Primary Fan* 019 T1 TOG:

Dry bulb temperature (T_{db}) : 33.52⁰ C
 Wet bulb temperature (T_{wb}) : 31.05⁰ C
 Barometric Pressure (P) : 98.78 Pa

1. In Drift Barometric Pressure (P')

$$P' = P - \left(\frac{T_p}{1000} \right); T_p = \sum S_p + \sum V_p = 1850 Pa$$

$$P' = 97 kPa$$

2. Vapour Pressure (P_w)

$$P_w = P'_{ws} - A P'(t_{db} - t_{wb}); A = 0.000644^{\circ}C^{-1};$$

$$P'_{ws} = 0.6105 \exp \frac{17.27 t_{wb}}{237.3 + t_{wb}}$$

$$P_w = 3.39 kPa$$

3. Moisture Content (r)

$$r = 0.622 \left(\frac{P_w}{P - P_w} \right)$$

$$r = 0.023 g/kg$$

4. Apparent Specific Volume (v)

$$v = 0.287 \left(\frac{t_{db} + 273.15}{P - P_w} \right)$$

$$v = 0.94 m^3/kg$$

5. Density (ρ)

$$\rho = \frac{1}{v}$$

$$\rho = 1.06 kg/m^3$$

Perhitungan Kinerja Primary Fan

Berikut adalah perhitungan kinerja *Primary Fan* 019 T1 TOG:

1. Inlet Volume

a. Luas Penampang (A)

$$d = 3.6m$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = 10.174 m^2$$

b. Kecepatan Aliran (V_p)

$$V_p = \sqrt{\frac{2V_p}{\rho}}$$

$$V_p = 19 m/s$$

c. Quantity (Q)

$$Q = V_p \times A$$

$$Q = 193.306 m^3/s$$

d. Mass Flow (kg/s)

$$Mass Flow = Q \times \rho$$

$$Mass Flow = 204.904 kg/s$$

e. Inlet Fan T1 Volume @1.2 kg/m³

$$Inlet Volume = \frac{Mass Flow}{\rho}$$

$$Inlet Volume = 170.753 m^3/s$$

2. Nilai Resistensi (Ns^2/m^8)

$$R = \frac{P_s}{Q^2}$$

$$R = 0.04 Ns^2/m^8$$

3. Air Power (kW)

$$Air Power = T_p \times \frac{Q}{1000}$$

$$Air Power = 315.893 kW$$

4. Fan Efficiency (%)

$$Fan Efficiency = \frac{Air Power}{Input power} \times 100\%$$

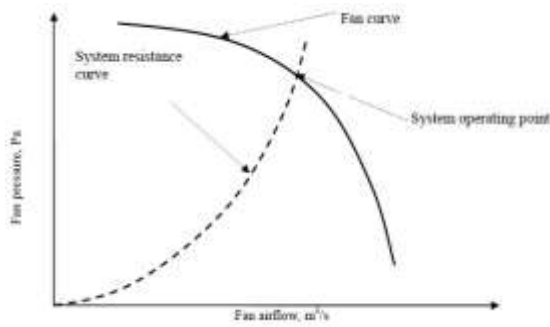
$$Fan Efficiency = 81\%$$

Kinerja *primary fan* 018 dan *primary fan* 018 dan 0.19 dihitung dengan cara yang sama, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 1.

Penggambaran Grafik Kinerja

Tahapan penggambaran kurva adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai inlet volume yang meningkat secara eksponensial sampai melewati nilai inlet volume sesuai hasil pengolahan data. Nilai flow ini akan digunakan sebagai sumbu horizontal pada kurva.
2. Menghitung nilai *pressure* (kPa) yang digunakan sebagai sumbu vertikal pada kurva.
3. Menggambar kurva kinerja actual dan kurva standar pabrik berdasarkan spesifikasi alat, kemiringan blade yang digunakan adalah 55⁰ dengan besar nilai 989 rpm.



Gambar 7. Kurva kinerja

Penggambaran kurva kinerja *primary fan* T1 TOG untuk tiga kondisi yang berbeda (019, 018 serta 018 dan 019) dapat dilihat berturut-turut pada gambar 8, 9 dan 10.

Kinerja Primary Fan 019 T1 TOG

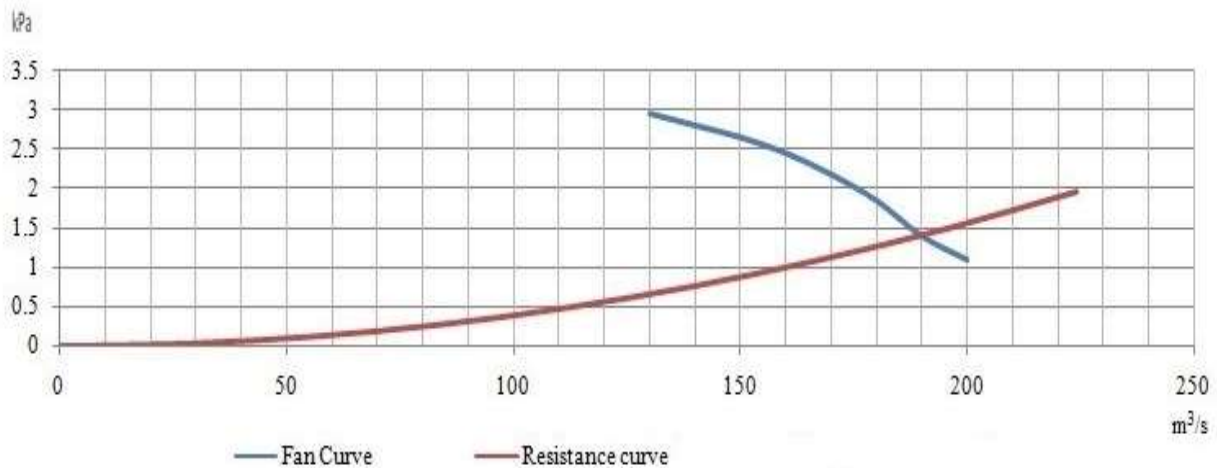
Berdasarkan hasil perhitungan, dapat dinyatakan bahwa kinerja dari *primary fan* tidak memenuhi standar karena *inlet volume* yang dihasilkan hanya senilai 170.753 m³/s.

Hal ini dikarenakan jumlah *fan* yang beroperasi hanya satu sehingga tidak dapat memenuhi jumlah *volume flow* standar maupun *volume flow* yang dibutuhkan sebesar 315 m³/s untuk mengeluarkan udara dalam *tunnel* walaupun efisiensi alat telah mencapai 81% yang artinya alat telah bekerja secara maksimal.

Sedangkan nilai resistensi untuk *fan* 019 yang dihasilkan sebesar 0,04 Ns²/m⁸, yang berarti bahwa jumlah kehilangan udara di dalam *fan* sangat kecil disebabkan oleh ukuran dan bentuk dari *fan mounting*.

Tabel 1. Kinerja *primary fan* T1 TOG

No	Keterangan	Design	Kinerja Primary fan T1 TOG PT. NHM		
			Fan 019	Fan 018	Fan 018 & 019
1	Volume flow fan total	340 m ³ /s	170.753 m ³ /s	173.27 m ³ /s	306.342 m ³ /s
2	Specified collar pressure	1500 Pa	1225 Pa	1259 Pa	1980 Pa
3	Air density	1.2 kg/m ³	1.06 kg/m ³	1.06 kg/m ³	1.06 kg/m ³
4	Velocity pressure	461 Pa	203 Pa	209 Pa	286 Pa
5	Fan total pressure	1961 Pa	1850 Pa	1933 Pa	2322 Pa
6	Total efficiency	87%	81 %	85 %	91 %
7	Fan shaft power	384 kW	315.893 kW	334.930 kW	355.556 kW
8	Shaft collar (diameter)	4550 mm	4500 mm	4500 mm	4500 mm

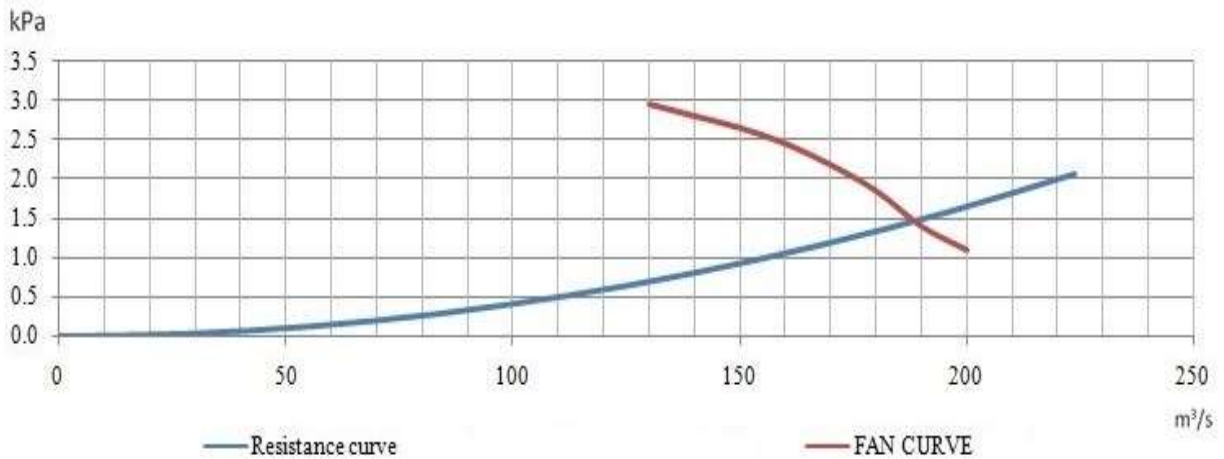


Gambar 8. Kurva kinerja *fan* 019 T1 TOG

Kinerja Primary Fan 018 T1 TOG

Kinerja *fan* 018 tidak jauh berbeda dengan kinerja *fan* 019, hanya saja nilai *volume flow fan total* yang dihasilkan lebih besar yakni 173,27 m³/s. Hal ini disebabkan karena *fan* 018 telah diperbaiki sehingga performanya cukup baik dibanding *fan* 019. Nilai resistensi diperoleh sebesar 0,04 Ns²/m⁸ dengan kecepatan aliran 19,28 m/s. Dari beberapa pengukuran yang dilakukan pada *fan* 018, diperoleh nilai *collar pressure* melebihi standar kinerja yakni 1990 Pa dengan *fan shaft power* 437 kW tetapi *inlet volume* tidak mengalami peningkatan, nilai *inlet volume* yang

dihasilkan sebesar 172 m³/s saja. Dengan adanya kondisi ini, dapat dikatakan bahwa seberapa besar nilai *collar pressure* yang dihasilkan tidak akan mempengaruhi *inlet volume*, tetapi apabila kondisi ini tetap dibiarkan untuk beberapa waktu ke depan maka akan terjadi *Stall*, yaitu kondisi di mana tekanan yang dihasilkan lebih besar dibanding volume udara yang dihisap. Hal ini akan memaksa *fan* untuk bekerja lebih, yang berdampak pada nilai *fan shaft power* yang tinggi, berimbas pada kinerja *fan* itu sendiri, yaitu dalam waktu singkat *fan* tersebut akan mengalami kerusakan kembali.



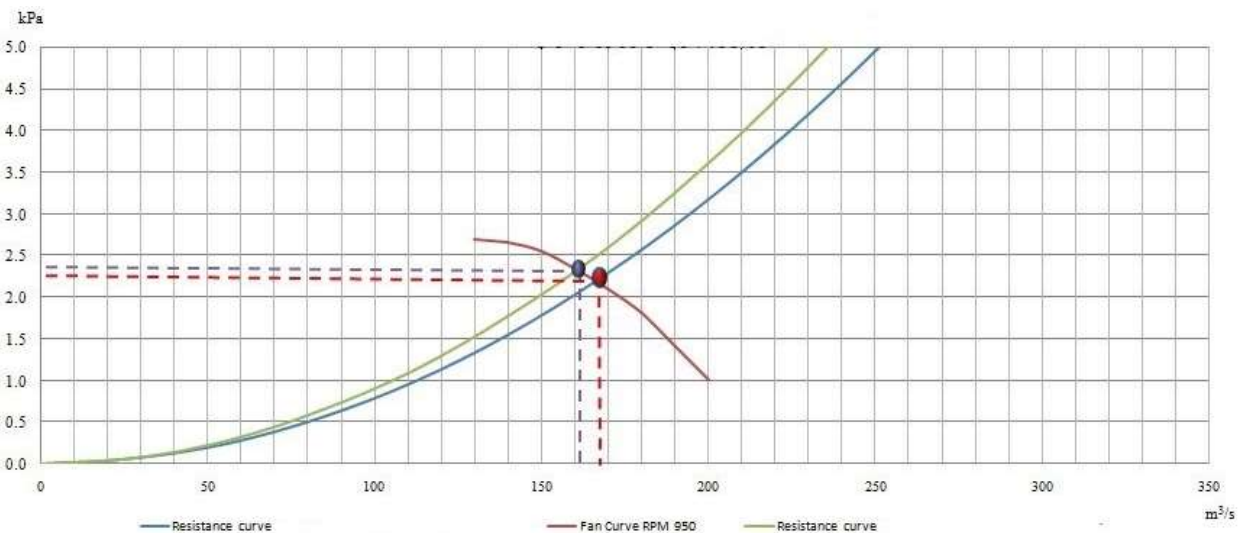
Gambar 9. Kurva Kinerja Fan 018 T1 TOG

Kinerja Primary Fan 018 dan 019 T1 TOG

Kecepatan aliran yang dihasilkan fan 018 dan 019 lebih kecil dibandingkan ketika salah satu fan mengalami kerusakan. Berdasarkan hasil perhitungan fan 018 kecepatan alirannya sebesar 15.53 m³/s sedangkan fan 019 menghasilkan kecepatan aliran sebesar 16.66 m³/s dengan besaran nilai resistensi 0.08 Ns²/m⁸ dan 0.09 Ns²/m⁸.

Di sisi lain nilai kecepatan aliran rendah tetapi nilai collar pressure dan total pressure sangat tinggi, bahkan nilai collar pressure melebihi nilai standar, sedangkan efisiensi alat mencapai 91% tetapi inlet volume yang dihasilkan hanya sebesar 306,342 m³/s.

Hal ini disebabkan karena diameter dari collar pressure lebih kecil dari standar kinerja alat yaitu 4500 mm, selisih 50 mm ketebalannya dengan standar kinerja alat yakni 4550 mm. Ukuran diameter collar yang kecil mengakibatkan tingginya tekanan pada dinding collar yang berdampak pada tingginya nilai total pressure pula. Tetapi karena rendahnya nilai kecepatan aliran udara maka inlet volume yang dihasilkan menjadi kecil. Walaupun nilai air power atau daya penggerak fan dalam menghisap udara besar, terlihat pada nilai efisiensi, namun tidak mempengaruhi nilai inlet volume yang dihasilkan fan. Kondisi ini serupa dengan kondisi yang terjadi pada fan 018.



Gambar 10. Kurva Kinerja Fan 018 T1 TOG

Berdasarkan hasil perhitungan untuk kinerja fan 018 dan 019 yang beroperasi bersamaan maka ada kemungkinan akan terjadi kerusakan kembali pada salah satu fan atau kedua fan tersebut karena tingginya tekanan pada dinding collar. Untuk mencegah terjadinya stall pada fan maka salah satu solusi yang perlu dilakukan adalah mengkaji kembali nilai rpm

yang digunakan. Hal ini karena adanya perbedaan nilai rpm ketika fan beroperasi.

Untuk kondisi di mana salah satu fan saja yang beroperasi nilai rpm yang digunakan sebesar 989 rpm sedangkan ketika kedua fan beroperasi secara bersamaan, nilai rpm yang digunakan hanya 950 rpm.

Selain hal tersebut, perlu dilakukan kajian kembali, mengingat beberapa kendala dalam pengukuran yang berdampak pada hasil pengukuran yang kurang tepat, seperti:

- a. Tingkat ketelitian pengukuran kecepatan aliran udara saat di lapangan. Pengukuran kecepatan aktual menjadi tugas yang sulit dalam pengkajian kinerja *fan*, karena terdapat empat titik pengukuran, tetapi pada kenyataannya pengukuran hanya dilakukan pada satu titik dari *fan mounting*. Faktor keselamatan kerja menjadi faktor utama dalam pengambilan data di lapangan.
- b. Nilai kalibrasi *pitot tube*, manometer dan anemometer. Seluruh instrumen harus dikalibrasi dengan benar untuk menghindari pengkajian kinerja *fan* yang salah.

KESIMPULAN

Hasil pembacaan kurva menunjukkan nilai *pressure* masih di bawah standar kinerja alat yakni 2.55 Pa untuk *inlet volume* per masing-masing fan 148 m³/s dan 158 m³/s, yang berarti kinerja *fan* dapat dikatakan baik karena *inlet volume* yang dihasilkan

lebih besar dari tekanan yang diberikan meskipun udara yang dikeluarkan tidak memenuhi target yakni 315 m³/s. Hal ini dipengaruhi oleh diameter *collar* dan adanya indikasi rendahnya nilai rpm, ketika kedua *fan* beroperasi secara bersamaan. Untuk menentukan berapa nilai rpm yang ideal agar mencapai nilai *inlet volume* yang sesuai nantinya maka perlu dilakukan perhitungan dan analisis lebih lanjut terkait hal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, (t.t), Limited Mining Newcrest, Ventilation Management Plan, PT NHM.
- Brake. D. J, (2012), Mine Ventilation a Practitioner's Manual, Mine Ventilation Australia Brisbane.
- Consulting. BBE, (2014), Mining Services Ventilation Work Book, Australia.
- Plessis du. J. J. L, (2014), Ventilation and Occupational Environment Engineering in Mines, Mine Ventilation Society of South Africa.