

Studi Kinerja Sistem Ventilasi pada Tambang Emas *Block Cibitung* PT Cibaliung Sumberdaya Kecamatan Cimanggu Kabupaten Pandeglang Provinsi Banten

Nandika Reza Faisal*, Dr Stefano Munir, Sriyanti

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*nandikafaisal10@gmail.com

Abstract. PT Cibaliung Sumberdaya's underground gold mine ventilation system uses a fan exhaust system. Air discharge entering the Cibitung block is 66.15 m³ / second. Fan efficiency is 70.37% and fan efficiency is 92%. The average discharge for each stope is 7.68 m³ / second, this condition has not been able to meet the needs of mining activities. Underground mining ventilation has an important role in mining, especially in underground mining, one of which is providing comfort in the work area. Regarding air quality and quantity control, it has been regulated in the Decree of the Director General of Mineral and Coal No 185 K / 37.04 / DJB / 2019, the minimum air flow for one worker is 0.03 m³ / second. This research was conducted by monitoring the quantity and quality of mine air flow using conventional methods and software. Judging from the condition of the location of the installation of the Main fan according to geographical parameters at an altitude of 985 masl with air sources sucked through the Cikoneng portal which is at an elevation of 1160 masl, climate conditions are tropical with an annual average temperature of 27.5 °C and humidity 85%. Based on the geological conditions the location of the study area is in the Bojongmanik Formation with a low sulfidation epithermal deposition type with mineralized zones in andesitic and basaltic volcanic rocks that have been elevated. This type of epithermal deposits are formed at shallow depths which are generally in volcanic arcs that are close to the surface. Geotechnical conditions the main main fan is in the footwall position due to a more stable area and minimal structure. The mining method chosen is overhand cut and fill due to the type of sediment in the form of vein with medium grade-high grade content. In the Cibitung block ventilation system there are 3 booster fans consisting of 2 (two) 55 kw booster fan units and 1 (one) 37 kw booster fan unit. A 2x55 kw booster fan is placed at 930.8 elevation to fill the air at X-Cutt 14 and X-Cutt 15. While a 1x37 kw fan is placed at an elevation of 898.7 meters above sea level to supply air at X-Cutt 16, and the development of access decline. Air entering X-Cutt 14 and X-Cutt 15 is 11.14 m³ / sec, while air entering X-Cutt 16 and development decline access is 16.8 m³ / sec. Improvement efforts are made to increase the average flowrate by moving the 2x55 fan that was previously at an elevation of 930 meters above sea level to an elevation of 891 meters above sea level to supply air discharge to X-Cutt 16, X-Cutt 17, and access development. Subsequent removal of the fan by installing a 2x37 kw fan at an elevation of 904 masl for the supply of air discharge to X-Cutt 14 and X-Cutt 15. Of the total removal of the feeding fan will suffice mucking

activities and increase the quantity of clean air by 33.72% (ventsim software simulation 5.2) from the previous condition..

Keywords: Nature of air psychrometry, mine ventilation system, ventsim software 5.2

Abstrak. Sistem ventilasi tambang emas bawah tanah PT Cibaliung Sumberdaya menggunakan sistem fan exhaust (hisap). Debit udara yang masuk ke blok Cibitung sebesar 66,15 m³/detik. Efisiensi fan sebesar 70,37% dan fan efficiency sebesar 92%. Debit rata-rata pada setiap stope 7,68 m³/detik kondisi ini belum mampu mencukupi kebutuhan aktifitas tambang. Ventilasi tambang bawah tanah memiliki peranan penting dalam pertambangan khususnya dalam tambang bawah tanah, salah satunya yaitu memberikan kenyamanan pada area kerja. Terkait dengan control kuantitas dan kualitas udara telah diatur dalam dalam, Keputusan Dirjen Minerba No 185 K/37.04/DJB/2019, debit minimum udara minimum untuk satu orang pekerja sebesar 0,03 m³/detik. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengawasan quantity dan quality aliran udara tambang baik menggunakan metode konvensional dan software. Ditinjau dari kondisi lokasi pemasangan Main fan menurut parameter geografis berada pada ketinggian 985 mdpl dengan sumber udara dihisap melalui portal Cikoneng yang berada pada elevasi 1160 mdpl, kondisi iklim yaitu tropis dengan suhu rata-rata tahunan sebesar 27,5° dan kelembapan 85%. Berdasarkan kondisi geologi lokasi daerah penelitian berada di Formasi Bojongmanik dengan tipe endapan epitermal low sulfidation dengan zona mineralisasi pada batuan gunungapi andesitic dan basaltic yang telah tersesarkan. Tipe endapan epithermal ini terbentuk pada kedalaman dangkal yang umumnya pada busur vulkanik yang dekat dengan permukaan. Kondisi geoteknik maka main fan utama berada pada posisi footwall dikarenakan daerah yang lebih stabil dan minim struktur. Metode penambangan yang dipilih adalah overhand cut and fill akibat jenis endapan yang berupa vein dengan kadar medium grade-high grade. Pada sistem ventilasi blok Cibitung terdapat 3 booster fan yang terdiri dari 2 (dua) unit booster fan 55 kw dan 1 (satu) unit booster fan 37 kw. Booster fan 2x55 kw diletakan pada elevasi 930,8 untuk memenuhi udara pada X-Cutt 14 dan X-Cutt 15. Sementara fan 1x37 kw diletakan pada elevasi 898,7 mdpl untuk mensuplai udara pada X-Cutt 16, dan development decline akses. Udara yang masuk ke X-Cutt 14 dan X-Cutt 15 sebesar 11,14 m³/detik, sementara udara yang masuk ke X-Cutt 16 dan development decline akses sebesar 16,8 m³/detik. Upaya perbaikan yang dilakukan untuk meningkatkan debit rata-rata dengan memindahkan fan 2x55 yang sebelumnya berada di elevasi 930 mdpl ke elevasi 891 mdpl untuk suplai debit udara ke X-Cutt 16, X-Cutt 17, dan development akses. Pemindahan fan selanjutnya dengan memasang fan 2x37 kw pada elevasi 904 mdpl untuk suplai debit udara ke X-Cutt 14 dan X-Cutt 15. Dari total pemindahan fan maka akan mencukupi aktifitas mucking dan meningkatkan kuantitas udara bersih sebesar 33,72% (simulasi software ventsim 5.2) dari kondisi sebelumnya.

Kata Kunci: Sifat psychrometri udara, sistem ventilasi tambang, software ventsim 5.2

1. Pendahuluan

Tambang emas bawah tanah yang dioperasikan oleh PT Cibaliung Sumberdaya (PT CSD)

merupakan perusahaan patungan antara PT ANTAM TBK dan PT ARI dengan komposisi pemegang saham masing-masing 99,15% dan 0,85%. PT CSD telah memegang secara resmi Izin Usaha Pertambangan (IUP) dengan no 541/118-BPPT-XI/2010. Cadangan bijih emas yang dimiliki ditaksir sebesar 1.752.000 wmt (*wet metric ton*) dengan kadar emas rata-rata 6,8 gr/ton. Cadangan ditambang menggunakan metode tambang bawah tanah *cutt and fill (C&F)*. Target produksi untuk kedua blok penambangan yaitu Cikoneng dan Cibitung sebesar 7300 wmt bijih emas. Untuk memenuhi target produksi yang telah ditetapkan maka dibutuhkan sistem ventilasi yang baik. Kondisi ventilasi pada blok Cibitung memiliki permasalahan kurangnya aliran udara bersih, debit rata-rata pada setiap *stope* sebesar 7,68 m³/detik. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi tidak tercapainya debit udara bersih pada area *stope*, diantaranya : *head loss* pada *booster fan*, besarnya kebocoran udara (*leakage*) pada *fan duct*, debit kapasitas *fan* yang terlalu kecil, dan belum selsainya pembuatan *LS 5*.

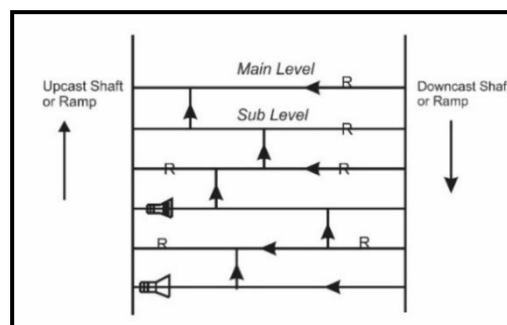
Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka maksud dalam penelitian ini sebagai berikut: “Untuk mengetahui sistem ventilasi yang dioperasikan pada blok Cibitung”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Mengetahui kinerja sistem ventilasi di blok Cibitung.
2. Memantau dan mengontrol kuantitas dan kualitas aliran udara tambang di blok Cibitung.
3. Menganalisis sistem ventilasi tambang blok Cibitung baik secara konvensional maupun secara *software ventsim 5.2*.

2. Landasan Teori

Sistem Ventilasi Tambang

Ada dua tujuan dari ventilasi tambang. Pertama ventilasi utama harus mengalirkan udara melalui saluran utama ke *front* kerja sehingga keterbutuhan udara segar terpenuhi. Kemudian udara kotor hasil aktifitas penambangan bawah tanah dihisap kembali ke permukaan. Kedua sistem ventilasi harus dirancang agar menghilangkan debu dangas berbahaya. Tanpa adanya sistem ventilasi yang baik siklus produksi menjadi tidak efisien.



Sumber : Malcom and Mc Pherson, 1993.

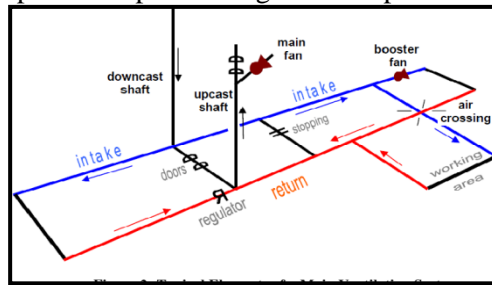
Gambar 1 Bagian-Bagian Dalam Sistem Ventilasi Untuk Tambang Logam

Control Device

Komponen utama *control device* dalam sistem ventilasi tambang terdiri atas :

4. *Stopping*, yang merupakan dinding untuk pembatas udara.
5. *Overcast* atau *Undercast*, yaitu sebagai jembatan udara dimana aliran masuk maupun keluar.
6. *Regulator*, yaitu untuk mengurangi aliran udara yang masuk ke nilai yang diinginkan.
7. *Doors*, yang merupakan pintu, ini terpasang di *stopping* antara *intake* dan *return*.
8. *Air lock*, yaitu untuk mencegah hubungan arus pendek saat pintu dibuka untuk kendaraan atau orang.
9. *Line Brattice* atau *Vent Tubbing*, yang merupakan tabung ventilasi yang digunakan di dalam dan di sekitar area kerja untuk menyalurkan udara segar ketempat operasi penambangan.

- 10. *Booster* atau *Auxiliary Fans*, ini berfungsi untuk meningkatkan aliran udara.
- 11. *Machine – Mounted Watersprays and Scrubbers*, ini berfungsi untuk meningkatkan aliran udara segar pada area penambangan dan dapat membersihkan debu.



Sumber : Sumber : Malcom and Mc Pherson 1993

Gambar 2 Komponen Control Device Dalam Ventilasi Tambang

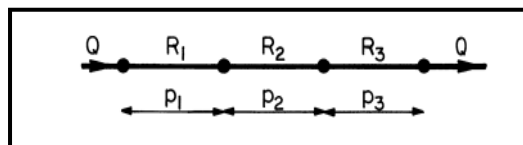
Di PT CSD menggunakan *main fan* bertipe *swedvent* dengan kapasitas daya 132 kw dan debit udara hisap maksimum 94 m³/detik. *Fan* dipasang secara parallel dengan jalur udara masuk melalui pintu *LS* yang akan terhubung dengan *upper shaft*.

- 12. Sistem Blowing (Push)
- 13. Pada sistem ini fan dipasang pada inti air shaft untuk menghasilkan efek tiup atau hembus. Pada prinsipnya udara dihembuskan masuk kedalam tambang bawah tanah. Pada sistem ini, tekanan udara dalam terowongan akan lebih tinggi (positif) jika dibandingkan dengan tekanan diluar terowongan.
- 14. Sistem Exhaust (Pull)
- 15. Pada sistem ini fan dipasang pada puncak dari inti air shaft untuk menarik keluar udara dari dalam tambang. Sistem ini berlawanan dengan sistem hembus, tekanan udara dalam terowongan menjadi lebih kecil (negatif) dibanding tekanan luar.
- 16. Sistem Kombinasi (Push – Pull)
- 17. Pada sistem ini merupakan gabungan dari sistem blowing (push) dan sistem exhaust (pull) dengan fan dipasang dikeduanya, baik di intake dan return shaft.

Jaringan Ventilasi

Ventilasi tambang bawah tanah merupakan gabungan dari beberapa jalur udara yang saling berhubungan antara satu sama lain. Jalur-jalu udara tersebut digambarkan dengan titik-titik (node) yang saling berhubungan untuk membentuk suatu jaringan, oleh karena itu suatu jalur udara dapat terbagi lagi menjadi beberapa jalur udara. Jaringan ventilasi dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu jaringan ventilasi seri dan jaringan ventilasi paralel.

- 18. Jaringan Seri
- 19. Rangkaian seri didefinisikan sebagai rangkaian yang saluran udara diatur dari ujung ke ujung, jumlah udara yang mengalir melalui setiap saluran udara adalah sama. Contoh rangkaian seri ditampilkan dalam Gambar 3.



Sumber : Malcom and Mc Pherson,1993.

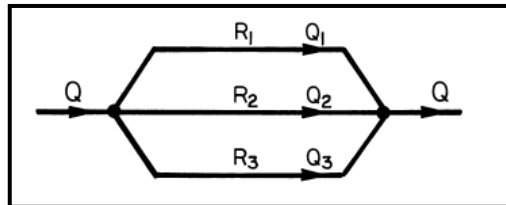
Gambar 3 Jalur Udara Seri

Jumlah aliran udara yang mengalir melalui masing-masing saluran adalah sama sehingga rumus tahanan ekuivalen menjadi :

$$HL = R_1Q^2 + R_2Q^2 + R_3Q^2 .. R_nQ^2.....(1)$$

$$Req. = HL / Q^2.....(2)$$

- 20. Jaringan Paralel
- 21. Bila jaringan ventilasi dihubungkan secara paralel, maka aliran udara dibagi menurut jumlah cabang paralel, yang besarnya masing-masing tergantung kepada tahanan salurannya. Di dalam ventilasi tambang, percabangan paralel ini disebut sebagai ‘splitting’ sedangkan cabangnya sendiri disebut ‘split’.



Sumber : Sumber : Malcom and Mc Pherson,1993.

Gambar 4 Saluran Udara Paralel

Jumlah aliran udara yang mengalir melalui masing-masing saluran adalah sama sehingga rumus tahanan ekuivalen menjadi :

$$Q = \sqrt{HL/R_1} + \sqrt{HL/R_2} + \sqrt{HL/R_3} \dots (3)$$

$$\sqrt{1/Req} = 1/\sqrt{R_1} + 1/\sqrt{R_2} + 1/\sqrt{R_3} \dots (4)$$

$$Req. = HL / Q^2 \dots (5)$$

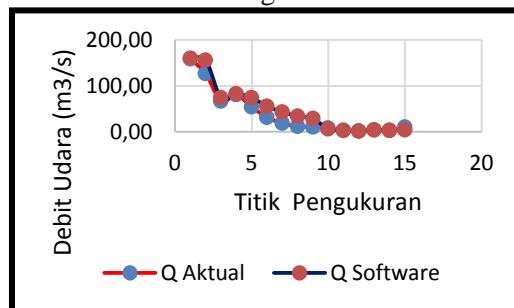
Software Ventsim 5.2

Perangkat lunak ventsim ini bertujuan mempermudah proses simulasi ventilasi tambang bawah tanah bagi setiap insinyur tambang, sekalipun mereka tidak memiliki pengalaman yang luas di lapangan. Perangkat lunak ventsim telah diperkenalkan pada tahun 1991. Secara umum perangkat lunak ini sudah membantu meakukan analisis-analisis berikut ini.

- 22. Mensimulasikan dan merencanakan debit udara dan tekanan.
- 23. Membantu perencanaan ventilasi jangka pendek dan jangka panjang.
- 24. Membantu dalam menentukan pemilihan tipe fan yang sesuai dengan desain tambang.
- 25. Mensimulasikan jalur dan konsentrasi dari asap, debu, atau gas untuk perencanaan atau situasi darurat.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan Hasil Monitoring Kuantitas dan Kualitas Udara menggunakan metode konvensional dan software ventsim 5.2

26. Perbandingan Kuantitas Udara Tambang

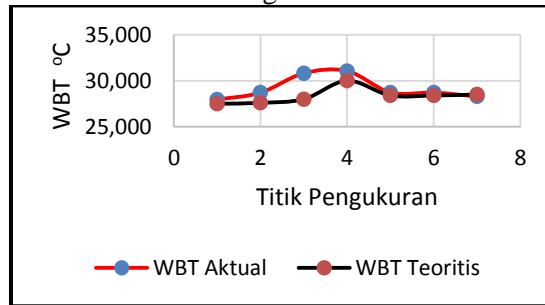


Grafik 1 Perbandingan Kuantitas Udara

Debit aliran udara terbagi dua yaitu untuk alat dan manusia. Kebutuhan udara menurut Dirjen Minerba no 185.k/2019 adalah 0,03 m³/detik/ orang. dilihat bahwa udara bersih di semua front kerja tidak tercukupi. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa kuantitas udara di setiap front

tidak sesuai standar hal ini yang menyebabkan keluhan dari setiap pekerja karena menyebabkan temperature meningkat.

27. Perbandingan Kualitas Udara Tambang



Grafik 2 Perbandingan Kualitas Udara

Untuk mengevaluasi suhu dan kelembaban udara menggunakan standar ISBB. ISBB adalah standar temperatur berdasarkan kondisi suhu basah,,standar ini ditetapkan oleh PERMEN KEMENKES no 11 tahun 2011 . Pada kegiatan penambangan di PT Cibaliug Sumberdaya maksimal pekerja tambang dengan aktifitas fisik adalah 12 jam dengan waktu istirahat selama 1 jam untuk kegiatan development. Sementara untuk kegiatan produksi maksimal kerja adalah 8 jam dengan waktu istirahat 1 jam. Kegiatan dapat dikategorikan termasuk ringan-berat.

Kondisi Sistem Ventilasi

28. Kondisi Pintu Angin

Kondisi saat ini pintu-pintu *lower shaft* banyak mengalami kebocoran yang mengakibatkan udara bersih dari portal Cikoneng akan terhisap langsung sehingga tidak optimal dalam mengalirkan udara bersih ke setiap *stope*. Udara yang masuk ke Blok Cibitung harus sama dengan udara yang masuk pada *lower shaft 5* ,disebabkan ada kebocoran maka udara ke pintu udara pada *lower shaft 1,2,3, dan 4*. Dari data tersebut udara yang masuk ke Blok Cibitung sebesar 66,53 m3/detik kemudian udara terhisap pada lower shaft 1,2,3,dan 4 sehingga pada lower shaft 5 udara yang masuk sebesar 10,57 m3/detik. Kondisi ini mengakibatkan debit udara pada setiap stope tidak optimal karena hanya mengandalkan udara bersih yang disuplai oleh booster fan sementara udara dari portal akan terhisap oleh main fan melalui lower shaft.

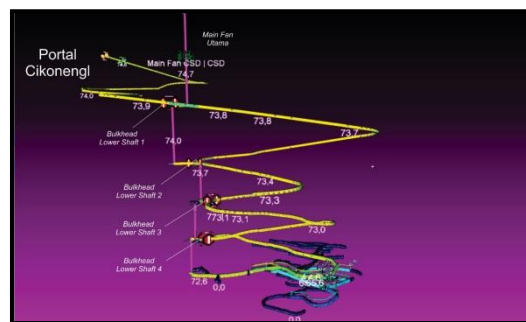
| Lokasi Pengukuran | Debit (m ³ /s) | Selisih |
|--------------------------|---------------------------|---------|
| Intersection to Cibitung | 66,53 | |
| SLS 1 | 54,15 | 12,38 |
| SLS 2 | 31,26 | 22,88 |
| SLS 3 | 18,64 | 12,63 |
| SLS 4 | 11,63 | 7,01 |
| LS 5 | 10,57 | 1,06 |



Gambar 5 Kondisi Pintu Angin

29. Kondisi Pintu Angin Setelah Perbaikan

Pergantian pintu *lower shaft* untuk menghindari udara bersih terhisap langsung oleh *main fan* 132 kw. Bahan yang digunakan merupakan *concreate*. *Lower Shaft* yang memiliki fungsi lain sebagai jalur evakuasi maka diperlukan *steel door* pada pintu sebagai akses evakuasi ke *lowershaft*. Pintu dengan bahan *concreate* memiliki hambatan yang lebih besar dibandingkan pintu dengan bahan kain *ventduct* yang rusak.

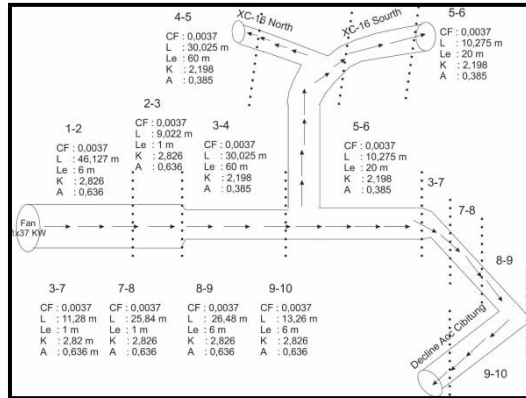


Gambar 6 Hasil Pemodelan *software ventsim 5.2*

Dari hasil pemodelan dapat dilihat bahwa adanya kebocoran pada pintu angin (regulator) hal ini menyebabkan debit udara bersih dari portal akan terhisap langsung oleh *main fan*. Hal ini dirasa merugikan karena dapat menghambat *smoke clearing* dan udara masuk \neq udara keluar. Untuk itu dilakukan perbaikan dengan mengganti regulator menjadi *bulkhead* sehingga debit udara dari mulut portal tidak mengalami kebocoran dan udara masuk = udara keluar

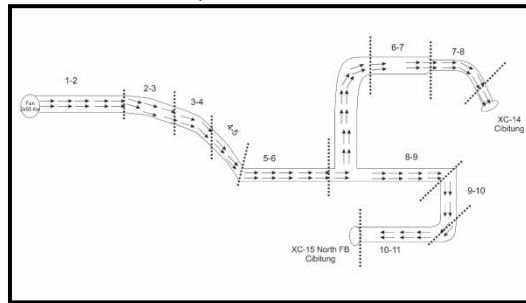
30. Resistensi Udara Pada *Fan Duct*

Untuk mengetahui nilai resistensi udara maka dilakukan pengukuran pada terowongan dan *fan duct*. Pengukuran dipengaruhi beberapa variable diantaranya, debit udara, koefisien gesekan, luas penampang, keliling penampang, dan panjang *airways*. Nilai koefisien gesekan adalah sebesar 0,0195 kg/m³ dan untuk koefisien gesek fleksibel duct sebesar 0,0037 kg/m³. Berikut merupakan hasil pengukuran tahanan udara pada jaringan *fan duct* yang merupakan penghubung *booster fan* 2x55 kw dan 1x37 kw ke area *stope*.



Gambar 7 Sketsa Pengukuran Hambatan Udara Pada Booster Fan 1x37 Kw

Dari hasil pengukuran pada fan 1x37 kw didapat bahwa tahanan ekuivalen *airways* sebesar 0,131 ($N \cdot S^2/m^8$) dan *head loss* sebesar 23,10 Pa.



Gambar 8 Sketsa Pengukuran Hambatan Udara Pada Booster Fan 1x37 Kw

Dari pengukuran resistensi pada *booster fan* 2x55 Kw diketahui nilai tahanan ekuivalen sebesar 0,034 $N \cdot S^2/m^8$ dan total *head loss* sebesar 39,76 pa.

31. Kondisi Pipa Ventilasi

Kondisi *fan duct* banyak mengalami kerusakan hal ini menyebabkan udara bersih terbangun ke *decline* dan tidak sampai ke *front kerja* (gambar 9). Kerusakan biasanya disebabkan oleh alat berat yang menyenggol *fan duct*.



Gambar 9 Kondisi *Fan Duct* Yang Robek

Untuk mengetahui besarnya debit udara yang bocor pada *fan duct* maka dilakukan pengukuran kecepatan udara pada lokasi kebocoran. Pada tabel 5.2 merupakan rekapitulasi pengukuran kebocoran udara pada *fan duct* yang menghubungkan *booster fan* 2x55 ke X-Cutt 14 dan X-Cutt 15. Dari hasil rekapitulasi pengukuran didapat bahwa total debit yang mengalami kebocoran sebesar 2,606 $m^3/detik$.

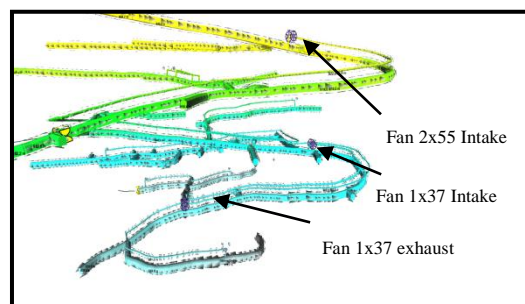
Upaya Peningkatan Debit Pada *Front Kerja*

Mengingat udara yang masuk ke blok Cibitung sebesar 65,14 $m^3/detik$ dan debit rata-rata pada

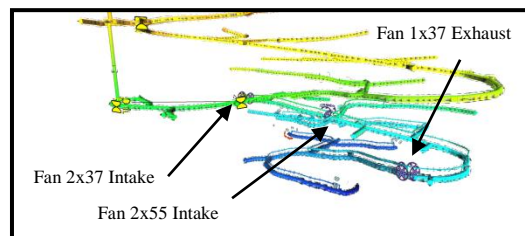
stope sebesar 7,08 m³/detik maka dbelum mampu untuk memenuhi kebutuhan udara untuk manusia dan alat. Kebutuhan udara minimum untuk memenuhi aktifitas penambangan sebesar 15,52 m³/detik (menurut Keputusan Dirjen Minerba no 185.K/2018). Untuk itu dilakukan rekayasa pemindahan booster fan. Rekayasa dilakukan menggunakan software ventsim 5.2 dengan tidak mempertimbangkan faktor kebocoran pada fan duct.

Tabel 2 Posisi *Booster Fan*

| Tipe Fan | Posisi Fan Sebelum Perubahan | Posisi Fan Setelah Perubahan |
|--------------|------------------------------|------------------------------|
| Fan 2 x37 kw | 898,7 mdpl | 904 mdpl |
| Fan 2x55 kw | 930,8 mdpl | 891 mdpl |
| Exhaust 1x37 | 885,9 mdpl | 885,6 mdpl |



Gambar 10 Posisi *booster Fan* Sebelum Perubahan



Gambar 11 Posisi *booster Fan* Setelah Perubahan

Tabel 3 Debit Udara Setelah Perbaikan

| Lokasi | Q Awal (m ³ /detik) | Q Setelah Perbaikan (m ³ /detik) | Peningkatan (%) | Rata-Rata (%) |
|----------|--------------------------------|---|-----------------|---------------|
| X-C 14 | 7,35 | 9,8 | 21 | 39,48 |
| X-C 15 N | 3,43 | 4,9 | 33,06 | |
| X-C 16 N | 4,38 | 7,8 | 48,71 | |
| X-C 16 S | 2,84 | 7,3 | 67,60 | |
| CBT-DC | 10,2 | 6,0 | 22,63 | |

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Sistem ventilasi pada blok penambangan Cibitung PT Cibaliung Sumberdaya terdiri dari *fan*, *control device*, *airways*, *quantity* dan *quality*. Pada blok Cibitung udara yang masuk sebesar 66,53 m³/detik, udara bersih tidak mengalir ke arean *stope* dikarenakan udara keluar menuju *lower shaft* 5. Kondisi ini dirasa tidak ideal karena aktifitas

penambangan terjadi di area *stope*. Ditinjau dari kondisi pintu angin sistem ventilasi mengalami masalah kebocoran udara, 84,1% udara bersih dari Portal Cikoneng terhisap melalui pintu angin *lower shaft* 1 - *lower shaft* 4. Tidak optimumnya debit udara pada *stope* dikarenakan pada sistem ventilasi terdapat kebocoran udara (*leakage*) dan *head loss*. Debit total pada *leakage* sebesar 2,606 m³/detik, debit tersebut terbuang ke *decline* akses Cibitung sehingga udara bersih di *decline* meningkat dan di *front* kerja menurun. *Head loss* yang dihasilkan sebesar 23,52 Pa untuk *booster fan* 1x37 kw dan 37,02 Pa untuk *booster fan* 2x55 Kw.

2. Debit udara rata-rata untuk pada *stope* sebesar 7,08 m³/detik kondisi ini masih dibawah standar yang ditetapkan Dirjen Minerba no 185.k/34.04/DJB/2019 yang sebesar 15,04 m³/detik. Debit terbesar dan terkecil pada area *stope* masing-masing pada X-Cutt 14 dan X-Cutt 16 *soutrth*, yaitu sebesar 7,97 m³/detik dan 2,84 m³/detik. Minimnya debit udara bersih pada X-Cutt 16 disebabkan suplai udara bersih dari *booster fan* 1x37 kw yang terlalu besar kearah *Development Decline* Akses. Kondisi WBT dan kelembaban relatif pada area *stope* secara keseluruhan berada diatas nilai ambang batas maka dibutuhkan peningkatan suplai udara agar dapat menurunkan temperatur, serta membuang gas hasil peledakan.
3. Dari hasil analisis secara konvensional terkait sistem ventilasi pada Blok Cibitung mengalami permasalahan kebutuhan udara bersih pada area *stope* yang tidak terpenuhi, hal ini dikarenakan udara bersih dari arah portal Cibitung mengalami kebocoran pada pintu angin. Tidak tepatnya penempatan *booster fan* 1x37 kw pada elevasi 898,7 membuat debit udara pada X-Cutt 16 menjadi rendah. Untuk itu dilakukan rekayasa pemindahan *booster fan* menggunakan *ventsim* 5.2. Pemasangan *bulkhead* pada pintu *lower shaft* akan membuat udara bersih tidak langsung terhisap oleh *main fan* sehingga dapat optimum dalam menghisap udara kotor pada area *stope*. Pemodelan dilakukan dengan memindahkan fan 2x55 ke elevasi 891 mdpl yang sebelumnya berada di elevasi 930 mdpl, pemindahan ini dilakukan mengingat aktifitas di X-Cutt 16 masih *continue* dan masih akan melakukan tahap *flat back*. Perubahan ini meningkatkan debit udara sebesar 40,86% dari sebelumnya. Perubahan posisi fan 1x37 yang sebelumnya berada di 898,7 mdpl dipindahkan ke 904 mdpl. Perubahan ini dapat meningkatkan debit udara pada X-Cutt 14 dan X-Cutt 15 sebesar 17,2%% dari kondisi sebelumnya.

5. Saran

1. Mengganti pintu *lower shaft* yang sebelumnya bahan plastik menjadi *bulkhead* agar tidak ada udara yang terhisap langsung oleh *main fan*.
2. Memasang kembali *fan* 1x37 yang sebelumnya *standbye*. *Fan* dipasang secara paralel untuk mensuplai udara ke X-Cutt 14 dan X-Cutt 15, lokasi pemasangan *fan* berada di elevasi 904 mdpl. *Fan* 2x55 kw dipasang secara paralel di elevasi 891 mdpl untuk dapat mensuplai udara ke X-CUTT 16, *decline* akses, dan X-Cutt 17.
3. Meminimalisir percabangan membentuk huruf Y karena menyebabkan nilai tahanan dan *head loss* yang besar. Jika *fan duct* masuk ke *intersection* maka harus dibuat semut jangan dibuat huruf L untuk meminimalisir kehilangan udara akibat belokan.
4. Pada fan 2x55 kw dapat dilakukan pengecekan secara berkala untuk meningkatkan efisiensi fan. Pengecekan 1 minggu 1 kali untuk perawatan, karena pada fan 2x55 nilai efisiensi berpengaruh terhadap total debit yang dikeluarkan.
5. Saat aktifitas *charging* untuk meningkatkan pasokan debit pada *stope* maka disarankan untuk menyalakan kompresor. Kompresor berguna untuk meningkatkan suplai udara bersih dan menurunkan temperatur efektif.

Daftar Pustaka

1. Anonim, 2011, *Ventilation of Underground Mines*, Draft Code of Practice, Australia.
2. Chekan G.J., Colinet J.F., dan Grau, R.H, 2006, *Impact of Fan Type for Reducing Repairable Dust an Underground Limestone Crushing Facility*, Proceedings of the 11th North American/Ninth US Ventilation Symposium, University Park, Pa.,

- June 5-7.
3. Hartman, H. L. 1982. *Mine Ventilation And Air Conditioning*. 3rd Edition. John Wiley & Sons, Inc. Canada
 4. McPherson, Malcolm J. 1992. *Subsurface Ventilation And Environmental Engineering*. Chapman and Hall Inc. USA
 5. Mc.Dermott, Hendry J. 1985. *Handbook of Ventilation for Contaminant Control*. Butterworth Publishers of America.
 6. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/ 30/ MEM/ 2018. "Pedoman Pelaksanaan Teknik Pertambangan Yang Baik" Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral
 7. Plessis, du J.J.L., 2014, *Ventilation and Occupational Environment Engineering in Mines*, Mine Ventilation