



ANALISIS SMOKE CLEARING DI LEVEL *UNDERCUTTING* TAMBANG BAWAH TANAH GRASBERG BLOCK CAVE (GBC) PT. FREEPORT INDONESIA TEMBAGAPURA, MIMIKA, PAPUA

Adi Supriyanto ^[1], Yudho Dwi Galih Cahyono ^[1],

^[1]Jurusan Teknik Pertambangan. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rachman Hakim No. 100 Surabaya

e-mail: abotadi86@gmail.com

ABSTRAK

PT. Freeport Indonesia adalah perusahaan yang bergerak pada bidang pertambangan Bijih. Perusahaan ini berada di Kecamatan Mimika Timur, Kabupaten Fakfak, Provinsi Papua. Penambangan yang dilakukan menggunakan metode tambang bawah tanah. Untuk memastikan kebutuhan udara yang diperlukan memenuhi kebutuhan aktifitas penambangan dan memastikan penguraian gas hasil produksi dibutuhkan analisis *smoke clearing* agar dapat mengetahui lamanya durasi *re-entry* hasil peledakan dengan begitu kita mengetahui masalah yang terjadi pada saat *re-entry* untuk mengevaluasi percepatan durasi *re-entry* agar dapat mempercepat dueasi dengan begitu waktu aktifitas produksi menjadi lebih banyak dan produksi meningkat. Salah satu analisis yang dilakukan untuk mengetahui durasi *re-entry* yaitu mengetahui *operating point auxiliary fan* yang bekerja pada *setting* yang sebenarnya, menganalisis saluran *vent bag*, menganalisis penyebab lamanya durasi *re-entry*. Tujuan penelitian ialah mempercepat durasi *re-entry* hasil peledakan dengan begitu dapat meningkatkan produksi. Metode pengolahan data dilakukan secara komputasi berdasarkan penelitian sebelumnya, dengan bantuan software *microsoft excel*, pembacaan grafik standar yang dikeluarkan perusahaan *auxiliary fan*. Hasil analisis *smoke clearing* di level *undercutting* tambang bawah tanah *Grasberg Block Cave (GBC) PT. Freeport Indonesia* yaitu *auxiliary fan* bekerja pada titik *operating point* yang tidak seharusnya, terjadinya resistensi pada belokan *vent bag* yang cukup besar, sambungan *vent bag* tidak sempurna, dan hasil dari evaluasi ketika *vent bag ties* diubah menggunakan spiral *duct* mampu mempercepat *smoke clearing* 32,05 menit lebih cepat dan mengurangi resistensi sebesar 0,7 Pa.

Kata Kunci : analisis *smoke clearing*, *auxiliary fan*,

ABSTRACT

PT. Freeport Indonesia is a company engaged in the mining of ores. The company is located in Mimika Timur District, Fakfak Regency, Papua Province. Mining is carried out using the underground mining method. To ensure the required air requirements meet the needs of mining activities and ensure the decomposition of production gas, smoke clearing analysis is needed in order to know the duration of re-entry of blasting results so that we know the problems that occur during re-entry to evaluate the acceleration of re-entry duration so can speed up due diligence so that production activities become more time and production increases. One analysis carried out separately to know the duration of re-entry is to know the operating point auxiliary fan that works in the actual settings, analyze the vent bag channel, analyze the causes of the duration of re-entry. The research objective is to accelerate the duration of re-entry of blasting results so as to increase production. The data processing method is done computationally based on previous research, with the help of Microsoft Excel software, a standard graphic reading issued by the auxiliary fan company. The results of the smoke clearing analysis at the underground mine undercutting level Grasberg Block Cave (GBC) of PT. Freeport Indonesia, the auxiliary fan, is operating at an improper operating point, there is resistance to a large enough vent bag bend, imperfect vent bag connections, where all three results of the analysis reduce the quantity of air produced, and the results of the evaluation when the vent bag ties modified using spiral duct can accelerate smoke clearing 32.05 minutes faster and reduce resistance by 0.7 Pa..

Keywords: *smoke clearing* analysis, *auxiliary fan*,

PENDAHULUAN

Tembaga merupakan merupakan logam transisi golongan IB yang memiliki nomor atom 29 dan berat atom 63,55 g/mol. tembaga dalam bentuk logam memiliki warna kemerah-merahan, namun

lebih sering ditemukan dalam bentuk berikatan dengan ion-ion lain seperti sulfat sehingga memiliki warna berbeda dari logam tembaga murni. (Denis Herlin Saputri, 2013) Senyawa tersebut bisa digunakan dalam bidang industry, misal untuk penyepuhan pelapisan dan pembilasan pada industry perak.

PT. Freeport Indonesia adalah salah satu perusahaan pertambangan bijih Tembaga yang sudah mendapatkan izin usaha pertambangan dari pemerintah provinsi Papua untuk melakukan kegiatan eksploitasi endapan Bijih Tembaga. Perusahaan ini berada di Kecamatan Mimika Timur, Kabupaten Fakfak, Provinsi Papua.

PT. Freeport Indonesia, memiliki ijin seluas 2.5000.000 Ha. Metode penambangan yang digunakan pada perusahaan ini ialah Metode tambang bawah tanah (*underground mining*).

Untuk memulai suatu kegiatan penambangan bawah tanah yang aman harus mengetahui kebutuhan udara yang diperlukan, maka dilakukan analisis *smoke clearing* untuk mengetahui durasi re-entry yang diperlukan

Tujuan penelitian ialah menganalisis *operating point auxiliary fan* yang bekerja mengetahui lamanya durasi re-entry hasil peledakan untuk mempercepat waktu hasil dari *clear blasting* agar dapat meningkatkan produksi dengan mempercepat durasi re-entry aktifitas produksi dari peledakan, untuk itu perlu dilakukan penelitian tentang analisis *smoke clearing*

TINJAUAN PUSTAKA

Auxiliary fan ialah kipas bantuan untuk tambang bawah tanah yang dimensinya lebih kecil dari *Fan* utama. Ini dipakai ketika *fan* utama tidak dapat menjangkau area yang sulit maka perlu dilakukan penambahan yaitu menggunakan *auxiliary fan* untuk membantu menyuplai udara. adapun beberapa jenis *auxiliary fan* yaitu fan jenis VAD (*vent axial drive*) dan VAB (*vent axial belt*). Jenis VAD alat penggerak nya menggunakan motor langsung dan VAB alat penggerak nya menggunakan bantuan belt yang dimana motor penggerak terpisah dari blade. *auxiliary fan* ini dipasang pada heading (terowongan buntu) yang dimana terowongan buntu tidak tersuplai oleh *fan* utama. fungsi *auxiliary fan* ini selain untuk memenuhi kebutuhan udara juga berfungsi mengeluarkan gas dan debu hasil peledakan untuk mempercepat *clear blasting*.

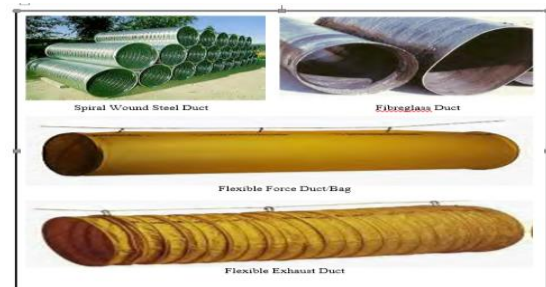
METODE PENELITIAN

Auxiliary Fan

Menganalisis kondisi *auxiliary fan* bekerja pada titik *operating point* yang seharusnya. dengan begitu mampu mengetahui kuantitas udara yang dihasilkan *auxiliary fan* untuk membantu *smoke clearing* hasil peledakan dan mampu mengetahui kondisi *auxiliary fan* di setiap heading (terowongan buntu).

Vent Bag

vent bag yaitu saluran udara yang membantu *auxiliary fan* menyuplai udara agar membantu menyalurkan udara pada tiap area yang tidak terjangkau yang dimana *vent bag* itu sendiri mempunyai spesifikasi tertentu yang digunakan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.



(Sumber: PT. Freeport Indonesia)

Gambar 1: Jenis – jenis vent bag

Operating Point

Biasanya sudah ditentukan untuk kebutuhan dan alat yang digunakan. ini dapat menunjukkan kuantitas udara yang di hasilkan berdasarkan *operating point auxiliary fan*, semakin besar *operating point* (derajat bukaan *blade*) semakin besar kuantitas udara yang dihasilkan. namun setiap tipe *auxiliary fan* mempunyai *operating point* yang telah ditentukan.

Desain Kebutuhan Udara

Berdasarkan pada desain kebutuhan udara yang diperlukan yaitu dilihat dari jumlah alat yang bekerja pada area dan jumlah pekerja yang akan beraktifitas di area tersebut. Semakin besar kuantitas udara yang dihasilkan semakin aman untuk para pekerja tambang bawahan beraktifitas.

Udara segar normal yang dialirkan ke tambang bawah tanah memiliki komposisi 78% nitrogen, 21% oksigen, and 1% gas lainnya (McPherson, 1993). Menurut Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1628 tentang ventilasi aliran udara bersih yang cukup untuk semua tempat kerja dengan ketentuan volume oksigen tidak kurang dari 19,5 dan volum karbon dioksida tidak lebih dari 0,5 %.

Metode Perhitungan Udara

Udara yang mengalir di dalam tambang berasal dari berbagai sumber, yaitu udara alami yang mengalir berdasarkan sifat udara yang mengalir masuk dari tekanan kuat ke tekanan lemah, adapun dari bantuan *main fan* utama yang mengalirkan udara bersih dari luar. Untuk menghitung jumlah udara yang mengalir di dalam tambang yaitu: (after Hartman, Mutmansky, and wang 1997)

$$Q = V \times A$$

Dimana :

- Q = jumlah udara (m³/s)
 V = kecepatan udara (m/s)
 A = luasan area (m²)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil data yang telah didapat dilokasi penelitian, maka selanjutnya melakukan pengolahan data untuk menganalisa cara penanggulangan *smoke clearing* dilevel *undercutting* tambang bawah tanah *Grasberg Blok Cave* (GBC).

Pada PT. Freeport Indonesia kecepatan aliran udara di dalam tambang bawah tanah diukur dengan menggunakan *vane an emometer* untuk aliran udara dengan kecepatan yang lebih dari 0,5 m/s dan *smoke tube* untuk kecepatan aliran udara yang kurang dari 0,5 m/s. kebutuhan setiap heading didasarkan atas jumlah pekerja dan alat yang beraktivitas di heading tersebut. Namun untuk kebutuhan udara di heading perlu juga di perhatikan udara kotor hasil dari peledakan produksi untuk mempercepat *smoke clearing*. Berikut adalah table kuantitas udara yang diperlukan untuk tiap heading.

Dari data pressure yang diperoleh harus di olah untuk mengetahui besaran resisten pada setiap *auxiliary fan* yang ada pada area undercut di tiap area aktifitas penambangan. Untuk mengetahui ressitent dengan rumus (after Ramani 1992).

Perhitungan Pressure aktual

Perhitungan data Pressure, langkah ini membutuhkan data-data berupa data actual lokasi, Total Pressure, velocity dan resistensi. Data ini diperoleh dari hasil pengambilan data diloksi penelitian. data diambil menggunakan alat pembacaan seperti menometer. Pengerjaan pengolahan data dilakukan menggunakan bantuan software excel untuk mempermudah perhitungan. Output dari perhitungan pressure ini ialah mengetahui kuantitas udara dan titik operasi *balde* bekerja yang dihasilkan oleh setiap *auxiliary fan*

Tabel : Data pressure fan

| Lokasi | Aktual | | | Resistance |
|-------------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------|
| | Kuantitas (cmf) | m ³ /s | Pressure | |
| DD-25-N. EAST | 42412.4 | 20.016 | 7.37 | 4.0994E-09 |
| HD1 DD-25-N. EAST | 15103.2 | 7.1279 | 2.6 | 9.03056E-09 |
| HD2 DD-24-S. EAST | 15200.22 | 7.1737 | 1.96 | 8.46902E-09 |
| DD-33-N. EAST | 38986.3 | 18.399 | 8.31 | 5.46 |
| HD1 DD-33-N. EAST | 13137.7 | 6.2003 | 2.34 | 1.35822E-08 |
| HD2 DD-32-S. EAST | 8534 | 4.0276 | 1.82 | 2.50159E-08 |
| DD-36-N. EAST | 36701.5 | 17.321 | 8.89 | 6.59715E-09 |
| HD1 DD-32-N. EAST | 13729.89 | 6.4798 | 1.96 | 1.03968E-08 |
| HD2 DD-31-S. EAST | 3516.31 | 1.6595 | 1.75 | 1.41637E-07 |
| DD-31-N. EAST | 28321.9 | 13.366 | 4.25 | 5.29906E-09 |
| HD1 DD-31-N. EAST | 12434 | 5.8682 | 1.97 | 1.27701E-08 |
| HD2 DD-30-S. EAST | 8222 | 3.8804 | 1.88 | 2.77973E-08 |
| DD-30-N. EAST | 30805.9 | 14.539 | 6.46 | 6.8122E-09 |
| HD1 DD-30-N. EAST | 12517.7 | 5.9077 | 2.17 | 1.38688E-08 |
| HD2 DD-29-S. EAST | 9326.2 | 4.4015 | 1.98 | 2.27967E-08 |
| DD-29-N. EAST | 36289.9 | 17.127 | 5.17 | 3.9223E-09 |
| HD1 DD-29-N. EAST | 10514.3 | 4.9622 | 1.96 | 1.77359E-08 |
| HD2 DD-28-S. EAST | 7033.8 | 3.3196 | 1.91 | 3.85898E-08 |
| DD-29-N. WEST | 36982.5 | 17.454 | 6.26 | 4.57828E-09 |
| HD1 DD-29-N. WEST | 15524.8 | 7.3269 | 2.43 | 1.00769E-08 |
| HD2 DD-28-S. WEST | 9107.6 | 4.2983 | 2.08 | 2.50949E-08 |
| DD-28-N. WEST | 26170.5 | 12.351 | 3.6 | 4.19934E-09 |
| HD1 DD-28-N. WEST | 8709.2 | 4.1103 | 8.352824759 | 2.69905E-08 |
| HD2 DD-27-S. WEST | 6826.3 | 3.2217 | 1.85 | 3.96887E-08 |
| DD-21-N. WEST | 35360.4 | 16.688 | 5.39 | 4.31124E-09 |
| HD1 DD-21-N. WEST | 10486.4 | 4.949 | 2.01 | 1.83184E-08 |
| HD2 DD-20-S. WEST | 8180.4 | 3.8607 | 1.85 | 2.75856E-08 |
| DD-32-N. WEST | 39914.6 | 18.838 | 7.878091008 | 4.94485E-09 |
| HD1 DD-32-N. WEST | 11111.9 | 5.2442 | 2.55 | 2.06159E-08 |
| HD2 DD-32-N. WEST | 19837.7 | 9.3624 | 2.72 | 6.92049E-09 |
| JUMLAH | 570999.52 | 269.48 | 306.7509158 | 5.460000562 |
| RATA-RATA | 19033.31733 | 8.9827 | 10.22503053 | 0.182000019 |

(Sumber: Hasil pengolahan data peneliti 2020)

Dari data yang diperoleh untuk *auxiliary fan* yang berada dilokasi dd-25-n *pressure* 7,91 in.wg dengan kuantitas yang dihasilkan 20,02, lokasi dd-33-n *pressure* 10,9 in.wg dengan kuantitas 18,4, lokasi dd-32-n *pressure* 11,8 in.wg dengan kuantitas 17,32, lokasi dd-31-n *pressure* 4,23 dengan kuantitaas 13,37, lokasi dd-30-n *pressure* 7,81 in.wg dengan kuantitas 14,54 , lokasi dd-29-n *pressure* 5,67 in.wg dengan kuantitas 17,13, lokasi dd-29-n-w *pressure* 7,5 in.wg dengan kuantitas 17,45 , lokasi dd-20-n-w *pressure* 11,27 in.wg dengan kuantitas 18,34, lokasi dd-21-n-w *pressure* 5,39 in.wg dengan kuantitas 16,68, lokasi dd-32-n.w *pressure* 7.87 in.wg denga kuantitas 18,83. Jumlah *pressure* yang dihasilkan *auxiliary fan* 306,75 Pa dengan rata – rata *pressure* yang dihasilkan setiap *auxiliary fan* 10,22 Pa dan rata – rata resissten 0,18 Pa.

Data Operating Point

Data *operating point auxiliary fan* ini menentukan kauntitas udara yang dihasilkan dan juga untuk mengetahui performa *auxiliary fan* dalam keadaan baik atau sebaliknya. Beberapa data *operating point* ketetntuan menurut sefesifikasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2 : setting blade auxiliary fan

| No | Bukaan Blade | Kuantitas (Q) |
|----|--------------|----------------------|
| 1 | 34 ° | 20 m ³ /s |

(Sumber: Hasil Pengamatan Penelitian di Perusahaan, 2019)

Data *re-entry actual* yang didapat dilokasi penelitian pengambilan data ini menggunakan bantuan alat manometer dan pitot tube untuk pembacaan pressure yang dihasilkan *auxiliary fan* untuk mengetahui kondisi *auxiliary fan* bekerja setting blade yang ditentukan untuk mencapai

durasi yang diinginkan yang mampu mengurangi waktu tunggu akibat dari aktivitas peledakan sehingga jam produksi menjadi bertambah di area *Grasberg Block Cave (GBC) PT. Freeport Indonesia* dari 10 lokasi *auxiliary fan* dengan rata-rata durasi dikatakan area aman dari gas hasil peledakan untuk kembali melakukan aktifitas produksi yaitu 115,8 menit. Data dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3 : Data re-entry actual

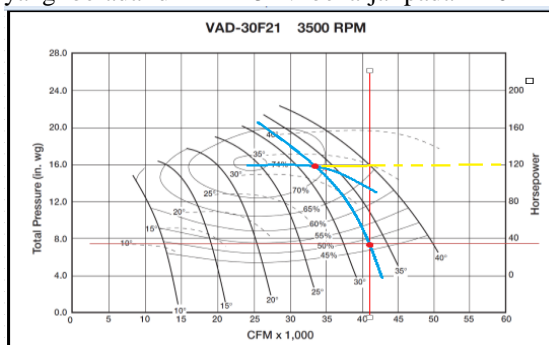
| AKTUAL | | | | | |
|-----------|--------------|------------|---------------|---------|-------------------------------|
| no | Lokasi | rift volum | Charge Weight | Airflow | minimum re-entry time (MENIT) |
| 1 | DD-25-N EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 20.01 | 50.7 |
| 2 | DD-25-N EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 7.13 | 113.9 |
| 3 | DD-24-S EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 7.17 | 114.2 |
| 4 | DD-33-N EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 14.72 | 57.0 |
| 5 | DD-33-N EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 6.02 | 135.1 |
| 6 | DD-32-S EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 4.3 | 207.4 |
| 7 | DD-32-N EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 17.32 | 60.4 |
| 8 | DD-32-N EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 6.48 | 130.7 |
| 9 | DD-31-S EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 1.66 | 522.7 |
| 10 | DD-31-N EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 10.7 | 78.1 |
| 11 | DD-31-N EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 5.9 | 141.6 |
| 12 | DD-30-S EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 3.8 | 218.7 |
| 13 | DD-30-N EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 11.6 | 70.8 |
| 14 | DD-30-N EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 5.9 | 137.1 |
| 15 | DD-29-S EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 4.4 | 186.5 |
| 16 | DD-29-N EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 13.7 | 59.5 |
| 17 | DD-29-N EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 5.0 | 163.7 |
| 18 | DD-28-S EAST | 8053.92 | 5700.134068 | 3.3 | 245.9 |
| 19 | DD-29-N WEST | 8053.92 | 5700.134068 | 14.0 | 59.1 |
| 20 | DD-29-N WEST | 8053.92 | 5700.134068 | 7.3 | 112.5 |
| 21 | DD-27-S WEST | 8053.92 | 5700.134068 | 4.3 | 190.5 |
| 22 | DD-28-N WEST | 8053.92 | 5700.134068 | 11.1 | 73.7 |
| 26 | DD-21-N WEST | 8053.92 | 5700.134068 | 5.0 | 164.9 |
| 27 | DD-20-S WEST | 8053.92 | 5700.134068 | 3.9 | 209.6 |
| 31 | DD-32-N WEST | 8053.92 | 5700.134068 | 15.1 | 54.6 |
| 32 | DD-32-N WEST | 8053.92 | 5700.134068 | 7.8 | 106.2 |
| 33 | DD-31-N WEST | 8053.92 | 5700.134068 | 5.2 | 156.4 |
| jumlah | | | | | 3,821.4 |
| rata-rata | | | | | 115.80 |

(Sumber: Departement Engginer PT. Freeport indonesia 2019)

Data yang diambil dilokasi penelitian diolah dan untuk mengetahui kondisi performa *auxiliary fan* bekerja pada setting blade yang sesuai atau tidak, hasil pengolahan data menggunakan bantuan software Excel didapatkan *kurva fan* sebagai berikut:

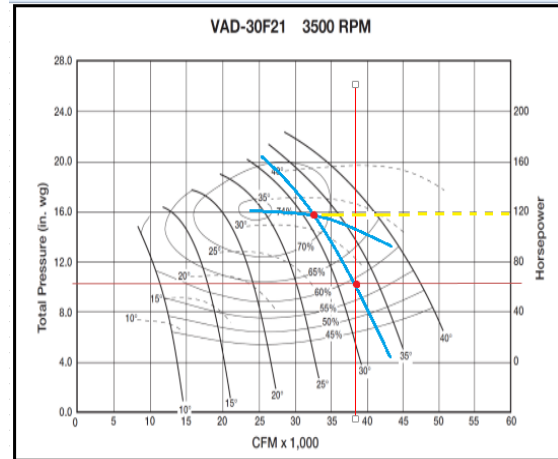
Kurva Fan

Perporma *auxiliary fan* DD-25-N Dari gambar *kurva fan* DD-25-N dapat diketahui bahwa total *pressure* 7.91 in w.g dan kuantitas (Q) yang dihasilkan 42412.44 cfm, seolah-olah *auxiliary fan* yang berada di DD-25-N bekerja pada 120 HP



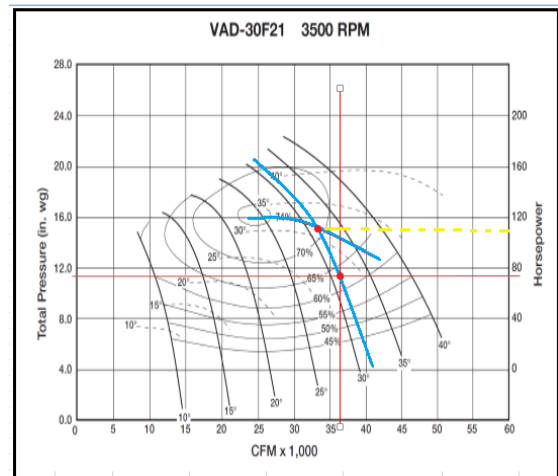
(Sumber: Hasil pengolahan data penelitian 2020)
 Gambar 2: kurva fan dd-25-n

Perporma *auxiliary fan* DD-33-N Dari gambar *kurva fan* DD-33-N dapat diketahui bahwa total *pressure* 10.9 in w.g dan kuantitas (Q) yang dihasilkan 38986.33 cfm, seolah-olah *auxiliary fan* yang berada di DD-33-N bekerja pada 118 HP.



(Sumber: Hasil pengolahan data penelitian 2020)
 Gambar 3: kurva fan dd-33-n

Perporma *auxiliary fan* DD-32-N Dari gambar *kurva fan* DD-32-N dapat diketahui bahwa total *pressure* 11.85 in w.g dan kuantitas (Q) yang dihasilkan 36701.58 cfm, seolah-olah *auxiliary fan* yang berada di DD-32-N bekerja pada 112 HP.



(Sumber: Hasil pengolahan data penelitian 2020)
 Gambar 4: kurva fan dd-32-n

Dari hasil pengolahan data *kurva fan* rata-rata *operating point* bergeser dari yang seharusnya dan mengalami penurunan performa yang berpengaruh terhadap berkurangnya kuantitas udara yang dihasilkan.

Desain vent bag

Dari data yang diperoleh membuat desain vent bag desain ini mampu mengurangi kuantitas udara yang hilang dan secara otomatis mempercepat *re-entry* hasil peledakan, desain yang dibuat yaitu pada

bagian tie diganti dengan *vent bag* spiral ini mengurangi hambatan yang terjadi karena vent bag spiral belokanya lebih *smooth* dari pada tie berikut dapat dilihat tabel rancangan spiral.

Tabel 4 : (Static Head Loss Hartman, 1997)

| Static Head Loss - P 415 Hartman | | |
|----------------------------------|--------------|--------------|
| | Equiv Length | Total Length |
| Reducer | 1 | 1 |
| Expansion | 1 | 0 |
| 90 Elbow spiral | 12.5 | 12.5 |
| 60 Elbow | 24.5 | 0 |
| 45 Elbow | 17.5 | 0 |
| Coupling | 8 | 24 |
| Straight | 1 | 43.81 |
| Entrance Loss | 35 | 0 |
| Exit Loss | 100 | 100 |
| Total Length | | 181.31 |

(Sumber: Static Head Loss Hartman, 1997)

Adapun menurut Hartman static head loss berdasarkan dimensi yang berbeda maka menghasilkan nilai static head loss yang berbeda karena dengan bedanya ukuran rancangan sangat mempengaruhi head loss Dalam perhitungan *ststic head loss* telah dilakukan kajian teknis berupa nilai hasil dari pembuatan rancangan yang relative lebih baik yang dapat mengurangi resisten dan mengurangi kehilangan kuantitas udara karena belokan *vent bag* yang lebih *smooth*.

| NO | Lokasi | Rancangan | | | |
|----|-------------------|-----------------|-------------------|----------|-------------|
| | | Kuantitas (cmf) | m ³ /s | Pressure | Resistance |
| 1 | DD-25-N. EAST | 42412.4 | 20.01642377 | 11.44 | 6.36273E-09 |
| 2 | HD1 DD-25-N EAST | 26729.8 | 12.61506079 | 7.22 | 4.01355E-09 |
| 3 | HD2 DD-24-S EAST | 15682.6 | 7.401362984 | 2.34 | 2.34917E-09 |
| 4 | DD-33-N. EAST | 38986.3 | 18.39948463 | 11.04 | 7.26359E-09 |
| 5 | HD1 DD-33-N. EAST | 22610.2 | 10.6708261 | 6.4 | 4.21255E-09 |
| 6 | HD2 DD-32-S. EAST | 16376 | 7.728611342 | 4.63 | 3.05104E-09 |
| 7 | DD-32-N. EAST | 36701.5 | 17.32117911 | 8.59 | 6.38332E-09 |
| 8 | HD1 DD-32-N. EAST | 19289.5 | 9.10363022 | 4.07 | 3.02839E-09 |
| 9 | HD2 DD-31-S. EAST | 17412 | 8.217548894 | 4.51 | 3.35492E-09 |
| 10 | DD-31-N. EAST | 28321.9 | 13.36644831 | 4.4 | 5.4795E-09 |
| 11 | HD1 DD-31-N. EAST | 17494.2 | 8.256342974 | 2.71 | 3.38465E-09 |
| 12 | HD2 DD-30-S. EAST | 10827.6 | 5.110058144 | 1.68 | 2.09485E-09 |
| 13 | DD-30-N. EAST | 30805.9 | 14.53876576 | 5.29 | 5.57917E-09 |
| 14 | HD1 DD-30-N. EAST | 19829.1 | 9.35829306 | 3 | 2.41445E-09 |
| 15 | HD2 DD-29-S. EAST | 10976.7 | 5.180425508 | 2.29 | 2.41445E-09 |
| 16 | DD-29-N. EAST | 36289.9 | 17.12692555 | 6.65 | 5.05342E-09 |
| 17 | HD1 DD-29-N. EAST | 19584.1 | 9.242665937 | 3.59 | 2.72712E-09 |
| 18 | HD2 DD-28-S. EAST | 16705.7 | 7.884212414 | 3.06 | 2.3263E-09 |
| 19 | DD-29-N. WEST | 36982.5 | 17.45379635 | 10.31 | 7.54146E-09 |
| 20 | HD1 DD-29-N. WEST | 26337.2 | 12.42977422 | 6.51 | 4.76272E-09 |
| 21 | HD2 DD-28-S. WEST | 10645.3 | 5.02402125 | 3.8 | 2.77874E-09 |
| 22 | DD-28-N. WEST | 26170.5 | 12.35110058 | 6.2 | 9.07426E-09 |
| 23 | HD1 DD-28-N. WEST | 14671.9 | 6.924365703 | 3.16 | 4.62832E-09 |
| 24 | HD2 DD-27-S. WEST | 12983.8 | 6.12761223 | 3.04 | 4.44594E-09 |
| 25 | DD-21-N. WEST | 35360.4 | 16.6882504 | 15.7 | 1.25921E-08 |
| 26 | HD1 DD-21-N. WEST | 14671.9 | 5.039739412 | 8.35 | 6.68033E-09 |
| 27 | HD2 DD-20-S. WEST | 12983.8 | 4.84115471 | 7.39 | 5.91173E-09 |
| 28 | DD-32-N. WEST | 39914.6 | 18.83759345 | 7.15 | 7.94E-09 |
| 29 | HD1 DD-32-N. WEST | 22006 | 10.38567545 | 3.94 | 4.38011E-09 |
| 30 | HD2 DD-32-N. WEST | 17908.6 | 8.451917994 | 3.2 | 3.56456E-09 |
| | JUMLAH | 697671.9 | 326.0933271 | 171.66 | 1.46548E-07 |
| | RATA-RATA | 23255.73 | 10.86977757 | 5.722 | 4.88494E-09 |

(Sumber: Hasil pengolahan data penelitian 2020)

Tabel 5: Data pressure fan desain

Dari data yang diperoleh untuk *auxiliary fan* yang berada dilokasi dd-25-n *pressure* 11,44 in.wg dengan kuantitas yang dihasilkan 20,02, lokasi dd-33-n *pressure* 11,04 in.wg dengan kuantitas 18,4, lokasi dd-32-n *pressure* 8,59 in.wg dengan kuantitas 17,32, lokasi dd-31-n *pressure* 4,4 dengan kuantitas 13,37, lokasi dd-30-n *pressure* 5,29 in.wg dengan kuantitas 14,54 , lokasi dd-29-n *pressure* 6,65 in.wg dengan kuantitas 17,13, lokasi dd-29-n-w *pressure* 10,31 in.wg dengan kuantitas 17,45 , lokasi dd-20-n-w *pressure* 11,27 in.wg dengan kuantitas 18,34, lokasi dd-21-n-w *pressure* 15,70 in.wg dengan kuantitas 16,68, lokasi dd-32-n.w *pressure* 7.15 in.wg dengan kuantitas 18,83. Jumlah *pressure* yang dihasilkan *auxiliary fan* 326,09 Pa dengan rata – rata *pressure* yang dihasilkan setiap *auxiliary fan* 10,86 Pa.

KESIMPULAN

Hasil analisis smoke clearing *auxiliary fan* yaitu operation point *setting blade* tidak sesuai dengan titik yang telah ditentukan menjadi kurang dari 34° yang mengakibatkan kuantitas udara yang dihasilkan berkurang sehingga perlu menyeting kembali dan hasil Rancangan *auxiliary fan* pada PT. Freeport Indonesia dengan *setting blade* 34° dan merubah *vent bag* tie menjadi spiral pada tiap belokan mampu mengurangi kehilangan udara tiap heading 1,89 m³/s dimana ini mempercepat waktu re-entry dari aktifitas peledakan dengan durasi percepatan dari *actual* ke desain 32,05 menit lebih cepat dari *actual* yang menggunakan *vent bag* tie ini dikarenakan resisten yang terjadi pada tie lebih besar 0,7 pa di bandingkan *spiral duct*.

DAFTAR PUSTAKA

Gamble, G., Ray, R., Americas, P., & York, N. (2009). Differences In Design Considerations For Tunnel Vs Mine Ventilation Fan Systems. *SME Annual Meeting* (pp. Preprint 09-056). Denver: CO.

Hartman, H. L., Mutmanky, J., Ramani, R., & Wang, Y. (1997). *Mine Ventilation and Air Conditioning*. Vancouver: John Wiley and Son.

Sudarsono, & Wiyono, B. (2003). *Ventilasi Tambang*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran".

Heriyadi, B. (2002). *Peranginan (Ventilasi) Tambang*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, Balai Pendidikan dan Pelatihan Tambang Bawah Tanah, Indonesia.

McPherson, M. J. (1993). *Subsurface Ventilation and Enviromental Engineering*. USA: Chapman and Hall Inc.