



TOWARD VENTILATION TECHNOLOGY ON DEMAND IN UNDERGROUND MINES

Rika Widiastuti Siregar

Balai Pendidikan dan Pelatihan
Tambang Bawah Tanah

Irwan Munandar

Balai Pendidikan dan Pelatihan
Tambang Bawah Tanah

I. Pendahuluan

Potensi kecelakaan produksi batu bara memiliki dinamika perubahan dan ketidakpastian yang dinamis dalam distribusi. Kecelakaan tambang batubara merupakan masalah akar yang panjang dalam produksi batubara, kecelakaan gas adalah salah satu yang paling serius kecelakaan tambang batubara berada pada tingkat tinggi, tidak hanya mengancam kehidupan pekerja tambang batubara tetapi juga memiliki dampak berbahaya bagi pembangunan ekonomi[6]. Dengan berkembangnya teknologi tambang digital, dan mengingat fakta bahwa kecelakaan tambang batu bara masih dalam tingkat tinggi, tingkat administrasi produksi keselamatan tambang batu bara perlu dibahas. Administrasi pengaman batu bara membutuhkan perubahan dari keadaan reaksi pasif terhadap pengamanan secara aktif[6]. Di bawah tambang batubara bawah tanah, tekanan, suhu dan parameter lainnya memainkan peran yang sangat penting dan parameter ini akan berubah selama pengambilan batubara / produksi batubara, karena sistem ventilasi ini akan menjadi tidak stabil dan karenanya pengoperasian kipas angin tidak akan memberikan umur yang lebih lama[8].

Jaringan ventilasi merupakan bagian utama dari sistem ventilasi tambang batu bara, hal ini sangat berpengaruh untuk memindahkan udara segar di jalan bawah tanah untuk menjaga keselamatan di tambang batubara[5]. Penelitian tentang jaringan ventilasi pertama kali dimulai pada tahun 1980an, banyak ilmuwan terkenal telah meneliti tentang pembangunan sistem indeks dan permodelan keandalan, namun jaringan ventilasi adalah sistem multi-tache, non-linier dan kompleks[5]. Fan drives memainkan peran penting di tambang bawah tanah, memberikan aliran udara segar di galeri tambang bawah tanah yang sangat panjang[4]. Penambangan bawah tanah ditandai oleh keterbatasan ruang yang memaksa penggunaan kabel panjang memberikan daya untuk mesin besar, dimana penerapan variabel kecepatan dapat menghasilkan tegangan yang lebih pada terminal mesin[4].

Pada dasarnya sistem pada tambang bawah tanah adalah suatu sistem yang unik, karena mengkombinasikan berbagai metode penambangan, ventilasi supporting hingga kegiatan yang kompleks. Tambang bawah tanah bagi sebagian orang merupakan seni dalam

mengekstrak mineral dari perut bumi. Dan salah satu hal yang sangat esensial dalam tambang bawah tanah adalah sistem ventilasi. Pembuatan ventilasi ini bertujuan agar para pekerja di dalam tambang tidak kehabisan udara segar. Karena dapat menyebabkan hilangnya nyawa para pekerja, oleh karena itu perlunya pengaturan ventilasi yang sesuai dengan kebutuhan yang memberikan jaminan suplai udara yang memadai dan dapat bekerja dengan optimal [1]

Ventilasi tambang merupakan suatu usaha pengendalian terhadap pergerakan udara atau aliran udara tambang. Parameter yang harus dipenuhi pada ventilasi adalah jumlah, mutu dan arah alirannya. Adapun tujuan utama dari ventilasi tambang adalah menyediakan udara segar dengan kuantitas dan kualitas yang cukup baik, kemudian mengalirkan serta membagi udara segar tersebut ke dalam tambang sehingga tercipta kondisi kerja yang aman dan nyaman bagi para pekerja tambang maupun proses penambangan.[2] , salah satu contoh ventilasi tambang bawah tanah bisa dilihat pada gambar 1.1



Gambar 1.1 contoh ventilasi tambang [3]

Fungsi Ventilasi Tambang[2], Ventilasi tambang memiliki beberapa fungsi yaitu :

- a. Menyediakan dan mengalirkan udara segar ke dalam tambang untuk keperluan menyediakan udara segar (oksigen) bagi pernapasan para pekerja dalam tambang dan juga bagi segala proses yang terjadi dalam tambang yang memerlukan oksigen.
- b. Melarutkan dan membawa keluar dari tambang segala pengotoran dari gas-gas yang ada di dalam tambang hingga tercapai keadaan kandungan gas dalam udara tambang yang memenuhi syarat bagi pernapasan.
- c. Menyingkirkan debu yang berada dalam aliran ventilasi tambang bawah tanah hingga ambang batas yang diperkenankan.



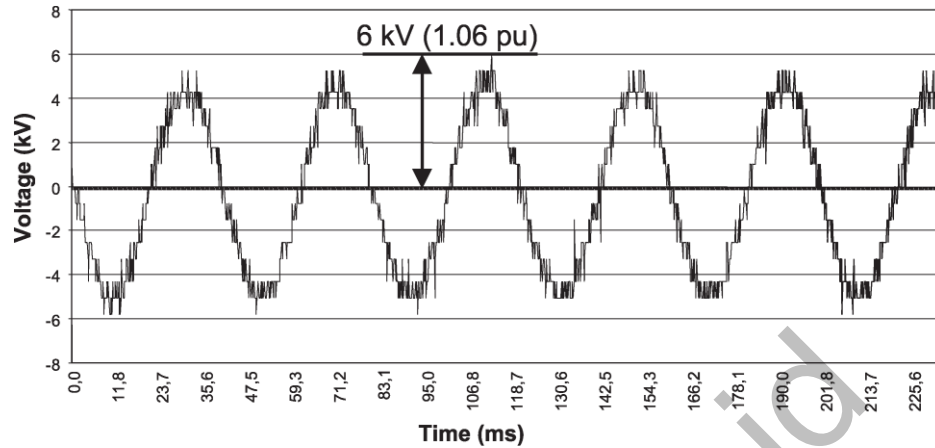
- d. Mengatur panas dan kelembaban udara tambang bawah tanah sehingga dapat diperoleh suasana / lingkungan kerja yang nyaman

Pada pembangunan perangkat lunak dan perangkat keras, mayoritas tambang batu bara di China telah membangun sistem secara otomatis memantau konsentrasi gas, tingkat air tanah, ventilasi, yang memiliki efek positif pada produksi keselamatan. Namun, data dalam sistem ini biasanya terpisah dan sebagian besar sistem hanya menampilkan, menyimpan dan mencetak data [7]. Perkembangan Teknologi bidang ilmu komputer yang semakin pesat, baik dalam segi perangkat keras maupun perangkat lunak berdampak pada pola pengelolaan data dan informasi yang harus semakin cepat, akurat dan terkini (uptodate). Penerapan ilmu komputer merupakan upaya untuk mengembangkan segala aktifitas manusia yang berbasis (menggunakan) elektronik dalam rangka meningkatkan kualitas secara efektif dan efisien. Melalui penerapan ilmu komputer dilakukan penataan sistem manajemen dan proses kerja di suatu organisasi dengan mengoptimasikan pemanfaatan teknologi bidang ilmu komputer. Pemanfaatan teknologi bidang ilmu komputer tersebut salah satunya yaitu untuk mendukung pertambangan antara lain penambangan bawah tanah. pengaplikasian ilmu komputer pada sistem ventilasi tambang bawah tanah jarang diteliti, terbukti dengan dihasilkannya 7(tujuh) *paper* penelitian yang di ambil dari berbagai sumber, penulis disini mengharapkan adanya celah atau area yang belum diteliti oleh researcher yang lainnya.

II. Studi Literatur

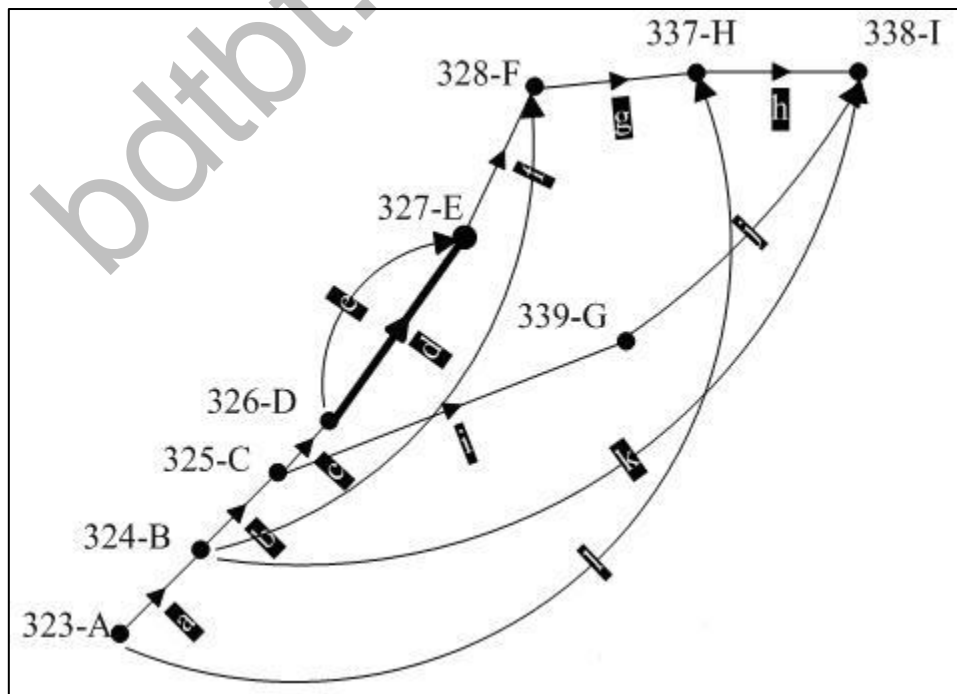
Penelitian yang terkait dengan ventilasi di tambang bawah tanah pada *industry application, networking, Geoinformatic, Intelligence Science and Information Engineering, Industrial and Commercial Use of Energy, Electrical, Electronics, and Optimization Techniques*, antara lain yaitu :

1. J. Rodriguez et al[4], tahun 2006, tujuan dari penelitiannya ialah menganalisis mitigasi tegangan lebih yang berbahaya yang terdeteksi pada motor inverter 1400-hp 13,8-kV yang digunakan untuk ventilasi udara di tambang bawah tanah. Metode penelitiannya yaitu modeling system, mengembangkan prosedur dan sistem pengukuran, desain dan implementasi solusi teknis. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah Pengukuran voltase langsung di tempat pada terminal motor 13,8 kV memastikan bahwa resonansi yang dibangun oleh kapasitansi kabel panjang dan impedansi motor adalah penyebab yang dominan. Sebagai solusi teknis, filter LC low-pass dirancang dan dipasang , simulasi dan pengukuran sudah sangat sesuai. Hasil simulasi Low-Pass Filter bisa di lihat pada gambar 2.1



Gambar2.1 Motor-terminal voltage with 25 Hz—measurement.[4]

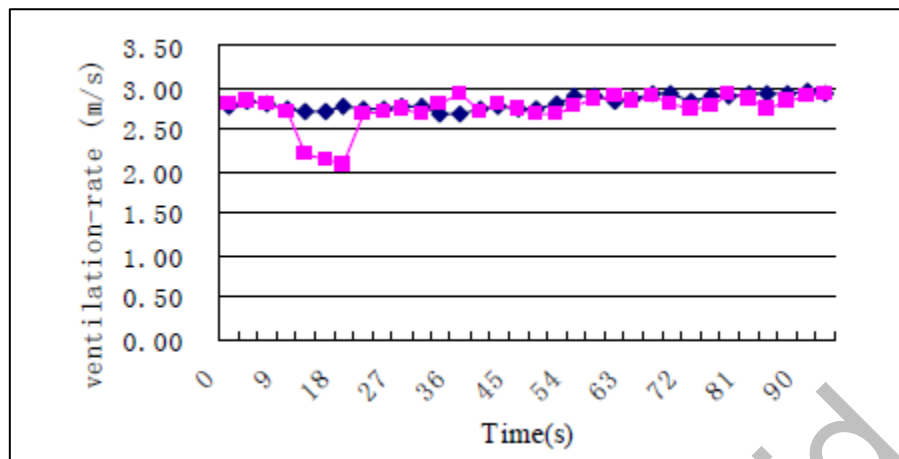
2. D. Yang, J. Li and L. Ran[5] tahun 2008, pada penelitian mereka membahas tentang keandalan jaringan ventilasi. Metode atau teknik yang digunakan dengan menggunakan perhitungan Boolean dan formula Shannon, dan untuk expatiate proses aplikasi pada kasus nyata. Proses dan hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan ini cukup sederhana dan efisien. dalam penelitiannya menunjukan bahwa efficiency dan maneuverability sangat tinggi, hasil bisa dilihat pada gambar 2.2 Grafik jaringan yang disederhanakan.



Gambar 2.2 simplified networks graph[5]

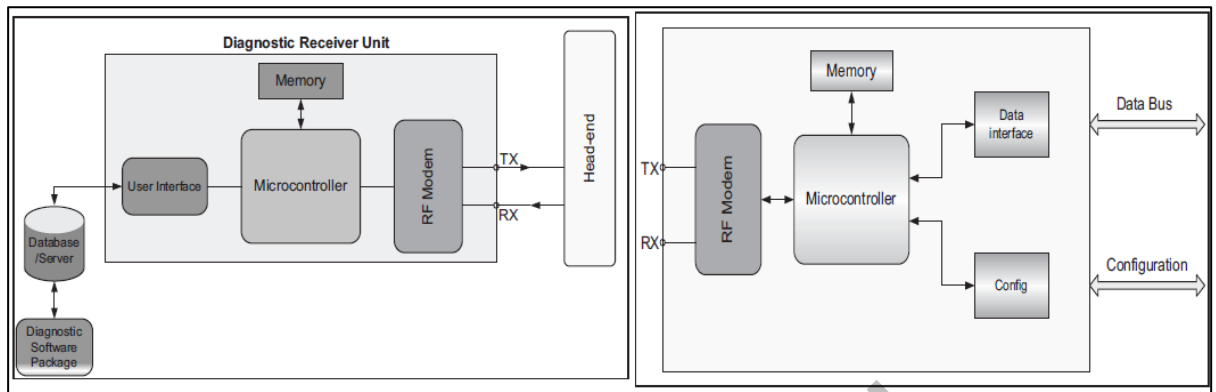


3. Y. Li, S. Mao, H. Xie, H. Xu and M. Li[6] tahun 2011, penelitiannya bertujuan untuk membangun sistem keselamatan pada produksi tambang batu bara dengan mengidentifikasi sistem peringatan dini yang dapat memberi peringatan dini akan potensi kecelakaan gas bawah tanah, sehingga memberikan dasar ilmiah yang lebih baik untuk pencegahan kecelakaan, dan dengan demikian mengurangi kejadian kecelakaan. Metode atau teknik yang digunakan dengan menggunakan platform sistem informasi geografis khusus tambang dan Bayesian network. Hasil yang di dapat pada penelitian ini yaitu berupa sistem yang berdasarkan pada platform sistem informasi geografis khusus milik Longruan, platform ini bertanggung jawab atas pengolahan data spasial, pengeditan, tampilan, query dan analisis. Sistem aplikasi profesional dan sistem WEBGIS mining dirilis berdasarkan platform GIS. Kemudian peneliti menerapkan pengelolaan grafis khusus yang mendasari COMGIS dan Web GIS. Peneliti menggunakan teknologi COM untuk mengembangkan modul diagnosis cerdas berbasis Bayesian, yang mendasari pengelolaan berbagai bahaya dan peringatan dini, peneliti membangun sistem manajemen risiko dan pengambilan keputusan tambang. Sistem ini telah digunakan dan diterapkan pada tambang, Zibo Mining Group Co., Ltd., Provinsi Shandong, dan mencapai hasil yang baik.
4. H. Q. Ge, X. P. Ma, X. Z. Wu, H. Q. Ge and J. Zhang[9] tahun 2011, peneliti mempunyai tujuan untuk menyajikan sebuah strategi baru, bahwa dua kipas utama saling siaga satu sama lain secara alternatif dalam proses peralihan, untuk peralihan kipas utama dengan stabilisasi ventilasi. Tidak hanya mempersingkat waktu peralihan, tapi juga menghilangkan celah kegagalan aktivasi kipas utama dan polusi partikel variasi ventilasi. Metode atau teknik yang digunakan yaitu dengan teknologi Fuzzy-PID. Hasil yang di dapat yaitu lonjakan daya tahan udara dari jaringan ventilasi menyebabkan lonjakan tingkat ventilasi tambang yang berfluktuasi tidak lebih dari 5% dalam keseluruhan proses yang dikendalikan oleh Fuzzy-PID dan selesai dalam 93 detik. Jadi pengendali Fuzzy-PID membuat kinerja yang baik pada perputaran kipas utama untuk ventilasi invarian yang memenuhi tujuan penelitian. Gambar 2.3 sistem ventilation-rate yang dikendalikan oleh strategi Fuzzy-PID dan Sequence-delay.



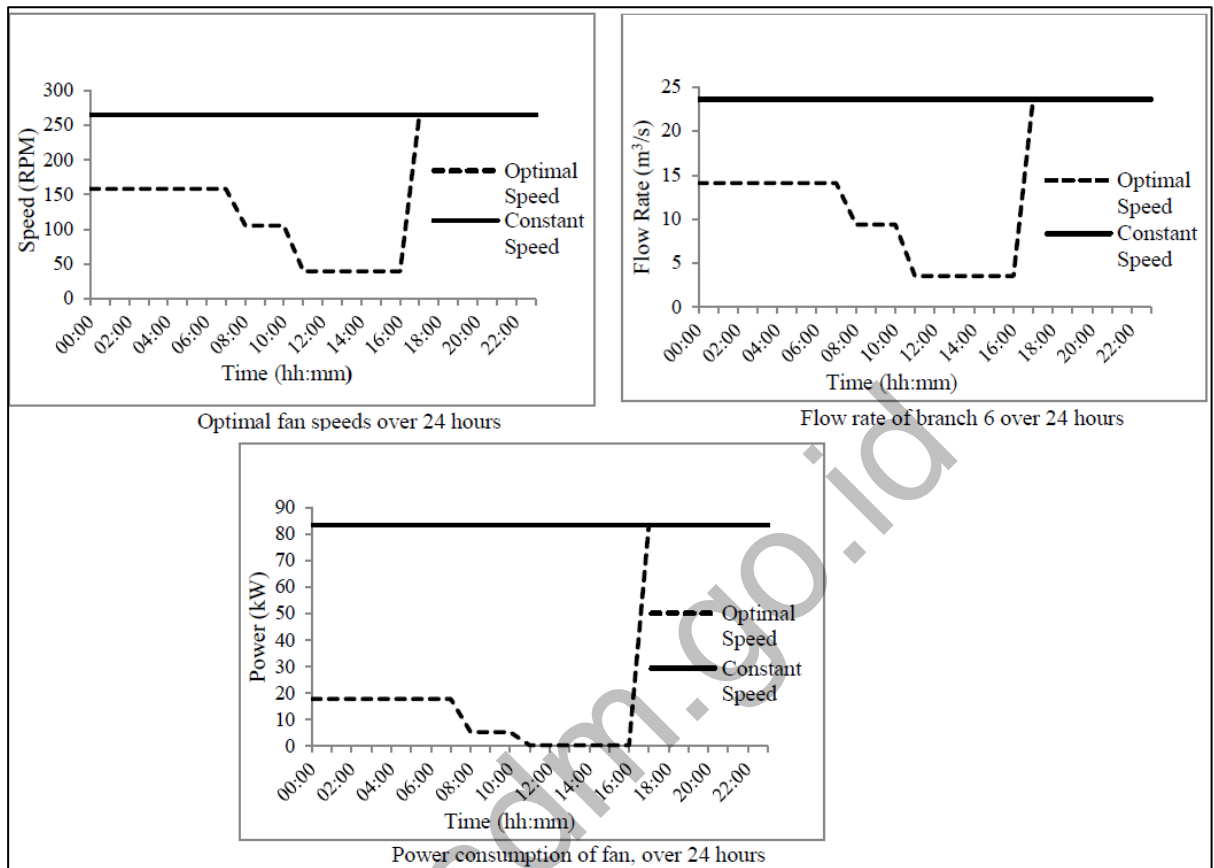
Gambar 2.3 Ventilation-rate of system controlled by Fuzzy-PID and Sequence-delay strategies[9]

5. W. Farjow, M. Daoud and X. N. Fernando[10], tahun 2011, tujuan dari penelitian menjelaskan sebuah sistem diagnostik canggih yang baru dengan menggunakan kemampuan kebutuhan ventilasi yang diharapkan untuk meningkatkan sistem komunikasi pada tambang bawah tanah. Sistem ini tidak hanya akan memungkinkan pemantauan semua simpul di bawah tanah terhubung ke *leaky feeder*. Sistem ini juga akan memungkinkan pemrograman jarak jauh dari ruang kontrol dan memantau kerugian dalam *leaky feeder* dalam arti bahwa infrastruktur akan dapat memantau dengan sendirinya. Metode/teknik dan pendekatan yang dilakukan yaitu dengan metode penelitian qualitative. Hasil dari penelitiannya yaitu sistem diagnostik tambang baru yang menggunakan infrastruktur *leaky feeder* yang ada dan menggunakannya untuk memantau sendiri dengan menambahkan *Diagnostic Receiver Unit* (DRU) node induk pada *leaky feeder head-end* di ruang kontrol dan beberapa *slaves node* yang terhubung ke amplifier, PSU, dan Fan/ sensor. Sistem diagnostik ini memberikan kebutuhan ventilasi melalui sistem interupsi yang dikirim dari *Diagnostic Transponder Units* (DTU) ke DRU yang akan memberikan penghematan daya yang besar untuk mengurangi biaya keseluruhan menjalankan tambang. Efisiensi daya sistem kami terbukti dengan menunjukkan waktu bangun total waktu semua node untuk mode yang berbeda; Oleh karena itu, SNR(*Signal to Noise Ratio*) ditemukan cukup besar untuk memecahkan kode dan membaca pesan dengan benar. Gambar 2.4 peneliti mengusulkan arsitektur DTU dan DRU



Gambar 2.4 peneliti mengusulkan arsitektur DTU dan DRU[10]

6. A. Chatterjee, X. Xia and L. Zhang,[11] tahun 2014, peneliti dalam penelitiannya bertujuan untuk membahas potensi penghematan energi / biaya, dengan implementasi variable speed drives (VSDs) pada fan ventilasi di bawah tanah. Metode/teknik dan pendekatan yang dilakukan yaitu dengan menggunakan penerapan Teori Kirchhoff dan Tellegen's Theorem. Hasil yang di dapat pada penelitiannya yaitu pada studi kasusnya didalam penghematan energi dengan mempertahankan kecepatan konstan menyebabkan konsumsi energi harian 2004 kWh, sedangkan variasi kecepatan menghasilkan konsumsi harian menjadi 744,8 kWh. Hal ini menyebabkan penghematan harian 1259 kWh, yang berarti penghematan tahunan sebesar 459 535 kWh. Perlu dicatat bahwa penghematan biaya 52,3% dan penghematan energi 62,8% mungkin tampak mengesankan, namun ini hanya merupakan indikasi penghematan maksimum yang mungkin dapat dicapai dalam studi kasus penelitiannya. Berbagai faktor dapat mempengaruhi angka ini, seperti resistensi, kurva kipas dan persyaratan laju alir. Pada gambar 2.4 hasil dari penelitiannya.



Pada gambar 2.4 hasil dari penelitian[11]

7. V. R. Babu, T. Maity and S. Burman[8] tahun 2016, tujuan dari penelitiannya yaitu adalah untuk mendapatkan kecepatan optimum motor kipas ventilasi tambang. Pengoptimalan yang diusulkan ini dapat diterapkan di tambang batu bara bawah tanah untuk menyediakan lingkungan yang sehat di wilayah tambang, kinerja kipas yang lebih baik dengan biaya operasi minimum dan konsumsi daya minimum kipas/motor. Metode/teknik dan pendekatan yang dilakukan yaitu dengan menggunakan penerapan teknik *particle Swarm Optimization*(PSO) methodology. Hasil yang didapatkan pada penelitian menunjukkan bahwa pada kipas ventilasi utama di tambang batu bara bawah tanah memungkinkan penghematan yang signifikan baik pada kuantitas listrik dan udara, dapat dimanfaatkan secara efisien, hasil uji bisa dilihat pada tabel 2.1. Hasil ini akan memberikan nilai optimal kecepatan motor / kipas dalam aliran udara dan tekanan yang ditentukan dari tambang.



Tabel 2.1 Optimized speed for different airflows, pressure, power and % of load[8]

Sl.No	Airflow (m ³ / min)	Pressure (mmhg)	Speed (rpm)	Power (w)	% of Load
1	2300	66	809	4651	21.89
2	4500	40	1544	9391	44.19
3	3546	56	1228	7183	33.8
4	2669	29	923	5710	26.87
5	3996	56	1380	7814	36.77
6	1500	72	538.9	2874	13.53
7	2700	68	945	4845	22.8
8	3875	26	1328	7606	35.79
9	4025	48	1387	8095	38.1
10	4075	58	1407	8409	39.5
11	3075	47	1067	5936	27.9
12	4009	59	1385	7065	33.25
13	7338	36	2496	15792	74.32
14	3669	32	1262	6544	30.8
15	2985	42	1035	5577	26.25
16	3625	55	1255	6691	31.49
17	3589	63	1245	7120	33.51
18	3928	52	1356	7749	36.47
19	1828	27	638	3276	15.42
20	2409	38	839	4225	19.88

III. Kesimpulan

Pada tambang bawah tanah, ventilasi memainkan peran penting untuk memberikan aliran udara segar khususnya buat keselamatan dan kesehatan penambang. Telah dibahas penelitian-penelitian yang meneliti perihal ventilasi khususnya di daerah pertambangan bawah tanah yang telah di paparkan pada bagian 2. Penghematan daya yang besar dan efisiensi biaya menjadi kebanyakan motivasi penelitian sistem ventilasi tambang bawah tanah[8][10][11], hal ini sangat berpengaruh bagi operasional perusahaan khususnya di industri tambang bawah tanah. Analisis sistem monitoring untuk kelangsungan hidup ventilasi tambang bawah tanah juga dipelajari dengan berbagai macam metode [6][10], tujuan dari sistem monitoring tersebut untuk keselamatan dan keamanan penambang serta untuk mendeteksi faktor-faktor lainnya yang berhubungan dengan operasional pertambangan. Pada kasus lainnya seperti kasus tegangan[4] dan kehandalan jaringan ventilasi[5] dibahas karena fan drive menjadi alat yang sangat berperan penting di tambang bawah tanah



Dari beberapa penelitian yang ada, penelitian lebih lanjut yang diharapkan pada aktivitas tambang bawah tanah khususnya sistem ventilasi antara lain keandalan jaringan ventilasi dengan menggunakan metode yang lebih baik, sistem monitoring ventilasi yang sesuai dengan kebutuhan dilapangan, serta efisiensi dan penghemat biaya yang mempertimbangkan faktor-faktor seperti Fan drive, kebocoran, efisiensi motor[11], dan dapat juga pada optimalisasi penggunaan kipas ventilasi di berbagai tambang bawah tanah baik batubara, mineral dan lainnya.

Daftar Pustaka

- [1]. Sandhi Noviandhi Pratama, "Ventilasi Tambang Bawah Tanah", <https://www.scribd.com/doc/285843452/SISTEM-VENTILASI-TAMBANG-BAWAH-TANAH-doc>, di akses 21 juli 2017
- [2]. Sasa Vyatra, "Ventilasi Tambang Bawah Tanah", <http://sasastem.blogspot.co.id/2014/12/ventilasi-tambang-bawah-tanah.html>, di akses tgl 21 juli 2017
- [3]. info tambang, "Ventilasi Tambang Bawah Tanah", <http://infotambang.com/ventilasi-tambang-bawah-tanah-p333-86.htm>, di akses 21 juli 2017
- [4]. J. Rodriguez et al., "Resonances and overvoltages in a medium-voltage fan motor drive with long cables in an underground mine," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 42, no. 3, pp. 856-863, May-June 2006.
- [5]. D. Yang, J. Li and L. Ran, "Research on Reliability of Complex Coal Mine Ventilation Networks," 2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, Dalian, 2008, pp. 1-4.
- [6]. Y. Li, S. Mao, H. Xie, H. Xu and M. Li, "Technique of dynamically warning of coalmine gas outburst based on Bayesian network," 2011 19th International Conference on Geoinformatics, Shanghai, 2011, pp. 1-4.
- [7]. Q. Liu, S. Mao, and A. Ma, "Study on geographic information integrative management", Computer Engineering and Applications, vol. 39(10), 2003, pp. 22-23, 72.
- [8]. V. R. Babu, T. Maity and S. Burman, "Energy saving possibilities of mine ventilation fan using particle swarm optimization," 2016 International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT), Chennai, 2016, pp. 676-681.
- [9]. H. Q. Ge, X. P. Ma, X. Z. Wu, H. Q. Ge and J. Zhang, "Fuzzy PID Control of Mine Main Fan Switchover Aiming at Invariant Ventilation," 2011 International Conference on Intelligence Science and Information Engineering, Wuhan, 2011, pp. 325-328.
- [10]. W. Farjow, M. Daoud and X. N. Fernando, "Advanced diagnostic system with ventilation on demand for underground mines," 34th IEEE Sarnoff Symposium, Princeton, NJ, 2011, pp. 1-6.
- [11]. A. Chatterjee, X. Xia and L. Zhang, "Optimisation of mine ventilation fan speeds on demand," 2014 International Conference on the Eleventh industrial and Commercial Use of Energy, Cape Town, 2014, pp. 1-7.