



# Penggunaan Metode fuzzy pada Industri Pertambangan Khususnya di Tambang Bawah Tanah

Heru Sendia Febian

Balai Pendidikan dan Pelatihan  
Tambang Bawah Tanah

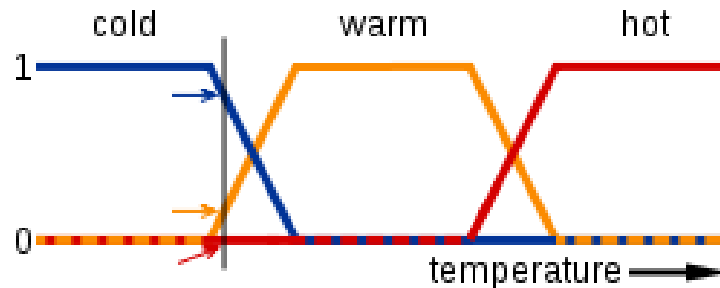
Irwan Munandar

Balai Pendidikan dan Pelatihan  
Tambang Bawah Tanah

## I. PENDAHULUAN

Teori fuzzy sampai sekarang ini telah berkembang dalam berbagai cara di banyak disiplin ilmu. Pengaplikasian teori fuzzy banyak digunakan misalnya dalam kecerdasan buatan, ilmu komputer, kedokteran, teknik pengendalian, teori keputusan, peratambangan, logika, ilmu manajemen, riset operasi, pengenalan pola, dan lainnya. Logika Fuzzy adalah peningkatan dari logika Boolean yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian. Saat logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah biner (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika fuzzy menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran. Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Logika ini berhubungan dengan set fuzzy dan teori kemungkinan. Logika fuzzy diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada 1965[1].

Komponen Logika fuzzy antara lain [2]: Variabel linguistik, Nilai linguistik, Nilai Kuantitatif dan Derajat keanggotaan, serta Fungsi Keanggotaan. Keuntungan penggunaan Logika Fuzzy[3]: sangat fleksibel, memiliki toleransi, mudah dimengerti (Konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti), mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks, dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan, dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional, dan didasarkan pada bahasa alami. Salah satu contoh penggunaan logika fuzzy pada gambar 1.1



Gambar 1.1 Perbedaan temperatur dalam logika Fuzzy[1]

Beberapa contoh proyek teknologi menggunakan fuzzy yaitu antara lain [4]: teknologi otomotif : sistem transmisi otomatis fuzzy dan pengendali kecepatan idle fuzzy. Dalam teknologi transportasi : Pengendali fuzzy anti-slip untuk kereta listrik, sistem pengaturan dan perencanaan parkir, sistem pengaturan lampu lalu lintas, dan pengendalian kecepatan kendaraan di jalan bebas hambatan. Peralatan sehari-hari : mesin cuci fuzzy dan vacuum cleaner fuzzy. Aplikasi industri : industri kimia, sistem pengolahan kertas. Dan lain sebagainya. Dari beberapa contoh diatas bisa kita lihat bahwa metode fuzzy sangat bermanfaat sekali digunakan dalam berbagai bidang. Pertanyaannya adalah apakah di dunia pertambangan penggunaan pendekatan metode fuzzy bisa menjadi solusi terhadap masalah-masalah yang ada.

Dalam dunia pertambangan khususnya pertambangan hal yang sangat di perhatikan yaitu dalam hal ekonomi, keselamatan dan produktivitas operasi penambangan. Banyak permasalahan di industri pertambangan khususnya di tambang bawah tanah yang sekiranya bisa diatasi oleh metode-metode atau pendekatan-pendekatan yang dapat menjadi solusi antara lain permasalahan pergerakan dan deformasi massa batuan, penurunan permukaan akibat penambangan lapisan batubara yang cenderung miring, perencanaan strategis untuk perancangan sistem pengembangan tambang bawah tanah, penggalian bawah tanah dan pertimbangan desain pada massa batuan, metode optimasi penambangan bawah tanah, keamanan konsentrasi gas di luar batas, kesehatan dan keselamatan personil yang bekerja di tambang batubara bawah tanah, dan lain sebagainya.

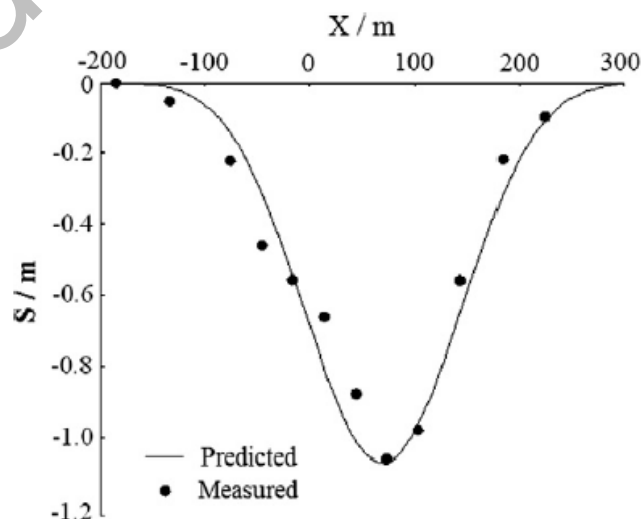
Pada umumnya permasalahan kegiatan tambang bawah tanah yaitu menyangkut bidang safety, lingkungan, kelistrikan, mesin dan teknologi penambangan khususnya tambang bawah tanah. Permasalahan-permasalahan yang telah diuraikan merasa perlu untuk di carikan solusinya khususnya di area kegiatan pertambangan bawah tanah. Makalah ini bertujuan untuk membahas penerapan pendekatan metode fuzzy di wilayah pertambangan khususnya tambang bawah tanah. Beberapa penelitian-penelitian yang di dapat menghasilkan gambaran

untuk mengembangkan metode Fuzzy agar lebih dimanfaatkan dalam berbagai aktivitas di tambang bawah tanah. Manfaat yang diharapkan oleh penulis yaitu menghasilkan suatu ide dengan pendekatan pengembangan fuzzy yang lebih terbaru

## II. STUDI LITERATUR

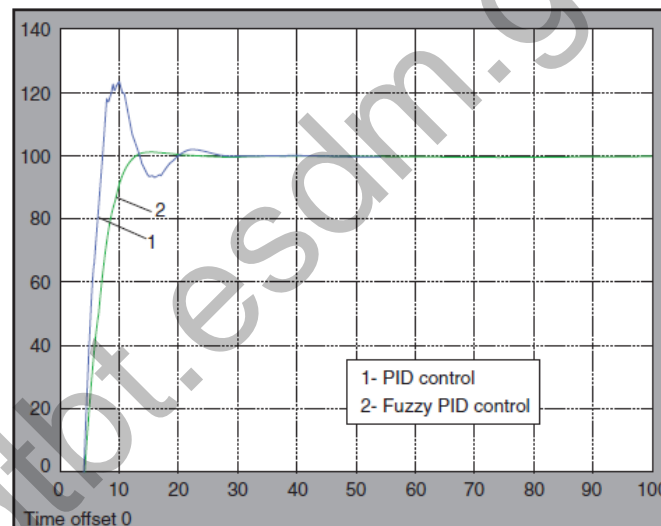
Berbagai sumber makalah telah dirangkum oleh penulis dengan menghasilkan 7 (tujuh) makalah yang terkait penggunaan metode fuzzy di area pertambangan khususnya tambang bawah tanah dengan rentang waktu antara 2013 sampai dengan 2017, sebagian besar makalahnya adalah yang terindex Scopus, untuk lebih jelasnya akan dipaparkan sebagai berikut ini :

1. Wen-Xiu Li, Sheng-Jie Liu, Ji-Fei Li, Zhan-Hua Ji, Qi Wang, Xia Yin[5] tahun 2013, penelitiannya bertujuan untuk memecahkan masalah mekanika massa batuan akibat penggalian, terutama penambangan bijih besi. Teknik, metode atau pendekatan yang digunakan adalah teori matematika probabilitas fuzzy, hasil dari penelitian ini adalah konsep probabilitas probabilitas fuzzy terhadap kasus penggalian, pertambangan, pergerakan permukaan dan penurunan yang sebenarnya telah dianalisis sesuai ditetapkan. Perkiraan probabilitas fuzzy menunjukkan bahwa prediksi teoritis sesuai dengan pengamatan. Salah satu Hasil perhitungan dengan model fuzzy menunjukkan bahwa nilai prediksi sesuai dengan data yang diukur bisa dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 *The data points and the theoretical curve for ground subsidence due to inclined seam mining*[6]

2. Wang, G., K. Guo, and B. Zhang[10] tahun 2013, tujuan dari penelitiannya analisis sistem kontrol otomatis pencampuran bahan pasta untuk mendapatkan efek kontrol yang lebih baik untuk mengatasi masalah mengatasi masalah kesalahan sistem yang tidak stabil dan karakteristik dinamis *unideal*, dan dapat menjamin ketepatan sistem blending pada pekerjaan penambangan bawah tanah. teknik, metode atau pendekatan yang digunakan adalah menggabungkan teknik kontrol fuzzy dengan teknologi kontrol PID. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah hasil simulasi percobaan menunjukkan bahwa pengendali PID fuzzy memperbaiki sistem gangguan eksternal, dan menyesuaikan dengan parameter internal yang mengubah ketahanan, memastikan ketepatan sistem beban. Hasil simulasi dari penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2.2.



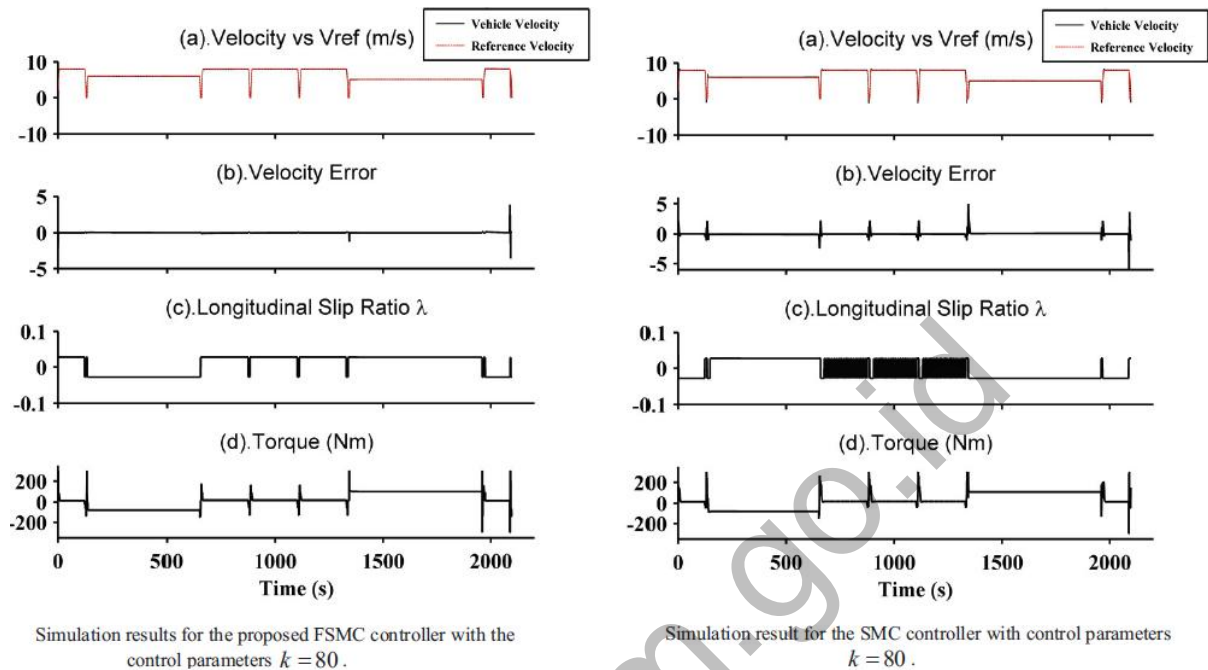
Gambar 2.2 *Conventional PID control and fuzzy PID control system step response curve comparison chart*[10]

3. Shariati, Shahram[6] tahun 2014, tujuan dari penelitiannya yaitu untuk Penilaian risiko tambang bawah tanah dengan menggunakan *Failure mode and effects analysis* (FMEA) untuk mengatasi kelemahan yang terkait maka digunakan dengan pendekatan inferensi fuzzy. Metode, teknik yang digunakan adalah menggunakan Fuzzy FMEA. Hasil yang di dapat dari penelitian ini yaitu menunjukkan keruntuhan atap adalah parameter yang paling berbahaya dan polusi air, debu, kecelakaan, ledakan batu, danau udara segar, gas, polusi udara, asap, dan subsidence masing-masing berada pada peringkat berikutnya. Tabel 2.1 menyajikan nilai pendapat ahli dan hasil keluaran.

Tabel 2.1 *The results of Fuzzy FMEA*[6]

Criteria	Sub-criteria	Occurrence	Severity	Detection	Fuzzy FMEA output	
Health	Lake of fresh air	H	VH	MH	0.41	M
	Dust	M	HWOW	MH	0.56	M
	Gas	L	HWOW	H	0.37	M-L
	Noisy	M	L	AC	0.25	L
Safety	Accident	M	VL	M	0.53	M
	Rock burst	L	HWOW	L	0.46	M
	Roof collapse	M	VH	R	0.67	M-H
Environmental	Water pollution	M	M	MH	0.62	M-H
	Subsidence	M	N	AC	0.16	VL-L
	Air pollution	M	MR	H	0.34	M-L

4. Jovanovic, Sasa, Zoran Gligoric, Cedimir Beljic, Branko Gluscevic, and Cedimir Cvijovic[7] tahun 2014. Penelitiannya bertujuan untuk mengevaluasi alternatif perancangan yang berbeda dalam konteks pemilihan sistem pengembangan tambang bawah tanah. Pendekatan, teknik atau metode adalah menggunakan fuzzy. Hasil yang didapat adalah model dalam proses pengambilan keputusan strategis, seperti pemilihan sistem pengembangan tambang bawah tanah dan dapat diterapkan untuk mengatasi masalah pengembangan tambang bawah tanah.
5. Ye, Wenjie, Weixiang Shen, Jinchuan Zheng, Demon Honnery, and Daya Dayawansa[8] tahun 2015. Tujuan dari penilitian ini yaitu untuk pemodelan *underground mining electrical vehicles* (UMEV) untuk percepatan, pengereman dan perawatan kecepatan, dan model fuzzy akan dikembangkan berdasarkan hal tersebut. Teknik, pendekatan dan metode yang digunakan adalah menggunakan model fuzzy dengan pengendali SMC (*Sliding Mode Controller*). Hasil yang didapat yaitu Pengontrol FSMC (*Fuzzy Sliding Mode Controller*) yang diusulkan memiliki kinerja yang lebih baik saat sistem berpindah pada subruang yang berbeda. Hasil simulasi dari penelitian ini bisa dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 hasil simulasi[8]

6. Gligoric, Zoran, Cedomir Beljic, Branko Gluscevic, and Cedomir Cvijovi [9] tahun 2015, penelitiannya bertujuan untuk mengetahui jumlah bijih tambang yang optimal yang harus ditimbun, untuk memungkinkan "feeding" pabrik pengolahan mineral jika terjadi produksi di tambang bawah tanah terganggu, dengan menggunakan nilai mean positif dari bilangan fuzzy. Teknik yang digunakan adalah model fuzzy dan metode Lagrangean, hasil dari penelitian ini adalah kerangka kerja (Framework) dimana produksi tambang seng timah bawah tanah dapat direncanakan dengan menerapkan manajemen persediaan berdasarkan ketidakpastian data masukan.
7. Öge, İbrahim Ferid[11] tahun 2017, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memprediksi pengisian semen yang digunakan pada *mine shaft permeation*, *permeation* dipasang sebelum operasi *shaft sinking* di tambang bawah tanah. teknik, pendekatan atau metode yang digunakan adalah sistem inferensi neuro-fuzzy adaptif dan regresi berganda. Hasil dari penelitian ini adalah Model regresi berganda linier, nonlinier, dan Box-Cox memberikan hasil yang akurat. ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) dengan pengelompokkan subtraktif dan dengan manual menghasilkan prediksi yang lebih baik dibandingkan dengan analisis regresi. Pada penelitian ini hasil tes data yang ada pada tabel 2.2 Indikator RMSE(*Root mean square error*) dan VAF(*variation accounted for*) menunjukkan bahwa penerapan manual ANFIS memiliki akurasi tertinggi.

Tabel 2.2 *RMSE and VAF indicators for overall and test data*[11]

		LMR	NLMR	Box-Cox	ANFIS Subt. Cl.	ANFIS Man. Imp.
Overall	VAF	71.80	26.70	57.53	83.71	96.88
	RMSE	1.88	3.04	2.31	1.44	0.63
	R <sup>2</sup>	0.72	0.28	0.62	0.83	0.97
Test	VAF	73.95	44.28	56.13	67.07	84.47
	RMSE	1.79	2.60	2.30	2.13	1.42
	R <sup>2</sup>	-	-	-	0.69	0.87

### III. KESIMPULAN

Metode fuzzy yang disajikan dalam makalah ini dapat diterapkan dalam berbagai kegiatan pertambangan khususnya tambang bawah tanah. Pada dasarnya berbagai penelitian disajikan yang bertujuan untuk keselamatan di daerah tambang[5][6] dan sistem pengambilan keputusan [7][8][9][10] serta sistem prediksi pada kegiatan tambang[11]. penerapan pendekatan metode fuzzy di wilayah pertambangan khususnya tambang bawah tanah dapat membantu solusi bagi operasional kegiatan tambang khususnya di daerah yang banyak menggunakan teknologi penambangan tambang bawah tanah. Lingkup kerja di masa depan dapat mempertimbangkan perpanjangan model yang lebih baik dibandingkan model sebelumnya.

Berbagai penelitian menguraikan beberapa tantangan untuk pekerjaan kedepannya antara lain proses pengambilan keputusan multi kriteria mencakup indikator seperti keandalan peralatan, kompleksitas konstruksi dan kompleksitas jalur transportasi[7], perluasan Model berkaitan dengan karakteristik produksi tertentu dengan parameter produksi optimal untuk setiap tahun[9]. sistem grouting massa batuan dengan parameternya harus dikembangkan untuk mewakili parameter penting secara akurat, kemudian Prediksi yang superior dan universal dapat dikembangkan di wilayah pertambangan[11].



## REFERENCES

- [1] Jaringan Logika fuzzy, [https://id.wikipedia.org/wiki/Logika\\_fuzzy](https://id.wikipedia.org/wiki/Logika_fuzzy) , di akses tanggal 12 February 2018
- [2] Simanjuntak, Novan Parmonangan, 2012, Aplikasi Fuzzy Logic Controller pada Pengontrolan Lampu Lalu Lintas, <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/MetNum/2011-2012/Makalah2012/MakalahIF4058-2012-002.pdf>, diakses tanggal 12 February 2018.
- [3] Sri Kusumadewi, (2002). Analisis dan Desain Sistem Fuzzy menggunakan Tool Box Matlab, edisi pertama. Penerbit Graha Ilmu, Jakarta.
- [4] Hellendoorn, Hans dan Palm, Rainer, Fuzzy system technologies at Seimens R & D, Fuzzy Sets and System 63, North-Holland, 1994
- [5] Li, Wen-Xiu, Sheng-Jie Liu, Ji-Fei Li, Zhan-Hua Ji, Qi Wang, and Xia Yin. "Ground movement analysis in deep iron mine using fuzzy probability theory." *Applied Mathematical Modelling* 37, no. 1-2 (2013): 345-356.
- [6] Shariati, Shahram. "Underground mine risk assessment by using FMEA in the presence of uncertainty." *Decision Science Letters* 3, no. 3 (2014): 295-304.
- [7] Jovanovic, Sasa, Zoran Gligoric, Cedomir Beljic, Branko Gluscevic, and Cedomir Cvijovic. "Fuzzy model for selection of underground mine development system in a bauxite deposit." *Arabian Journal for Science and Engineering* 39, no. 6 (2014): 4529-4539.
- [8] Ye, Wenjie, Weixiang Shen, Jinchuan Zheng, Demon Honnery, and Daya Dayawansa. "Fuzzy Sliding Mode Control for logitudinal motion of underground mining electric vehicles." In *Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2015 IEEE 10th Conference on*, pp. 1432-1437. IEEE, 2015.
- [9] Gligoric, Zoran, Cedomir Beljic, Branko Gluscevic, and Cedomir Cvijovic. "Underground Lead-Zinc Mine Production Planning Using Fuzzy Stochastic Inventory Policy" *Archives of Mining Sciences* 60, no. 1 (2015): 73-92.
- [10] Wang, G., K. Guo, and B. Zhang. "The adhibition research of filling paste preparation system based on fuzzy PID control algorithm." *World Journal of Engineering* 10, no. 2 (2013): 165-170.





- [11] Öge, İbrahim Ferid. "Prediction of cementitious grout take for a mine shaft permeation by adaptive neuro-fuzzy inference system and multiple regression." *Engineering Geology* 228 (2017): 238-248.

[batbt.esdm.go.id](http://batbt.esdm.go.id)