

Perancangan *Dispatch* Daya Aktif Sistem Kelistrikan Sulselrabar untuk Mengatasi Pengaruh PLTB

Fatmawati Azis*¹, Ardiaty Arief¹, Muhammad Bachtiar Nappu¹

¹Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6 Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan, 92171, Indonesia

*Email: fatmawati.azis90@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052017.08

Abstrak

Sistem kelistrikan Sulselrabar adalah sistem terinterkoneksi dari bagian Sulawesi selatan, tenggara, dan barat. Sistem ini didominasi oleh pembangkit termal dan hanya ada beberapa pembangkit hidro. Pembangkit termal ini tentunya menggunakan bahan bakar dari fosil yang merupakan sumber energi tak terbarukan yang akan berdampak pada biaya operasional yang mahal dan emisi lingkungan. Energi listrik dengan menggunakan sumber energi yang dapat diperbaharui menjadi satu-satunya solusi cerdas untuk hal ini. Pemerintah dalam programnya untuk membebaskan Indonesia dari emisi membangun kembali pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) di Kabupaten Sidrap Sulawesi Selatan dan PLTB Jeneponto. Tenaga angin yang digunakan PLTB memiliki kecepatan yang tidak selamanya konstan. Kemungkinan terjadinya fluktuasi kecepatan angin sangat tidak bisa dielakkan dan tidak boleh diremehkan. Hal tersebut tentunya akan mempengaruhi kestabilan sistem pada saat kedua PLTB tersebut masuk ke sistem interkoneksi. Penelitian ini dibuat untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan merancang sistem kendali menggunakan fuzzy logic controller (FLC) untuk mempertahankan kestabilan sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa FLC ini mampu mengontrol dampak perubahan kecepatan angin terhadap output PLTB dan pembangkit listrik tenaga termal (PLTT). Hasil pengontrolan FLC ketika kecepatan angin berada pada level sangat rendah 0-0.8 m/s maka output PLTB juga berada pada level sangat rendah 0 kW dan output PLTT berada pada level sangat tinggi 56.000 kW, namun sebaliknya ketika kecepatan angin berada pada level sangat tinggi 8.3-8.4 m/s maka output PLTB juga berada pada level sangat tinggi 2500 kW dan sebaliknya output PLTT berada pada level sangat rendah 5000 kW.

Abstract

Development of Active Power Dispatch of Sulselrabar Electrical System in order to Overcome Effect of WPP. Sulselrabar electrical system is an interconnected system of parts of south, southeast, and west Sulawesi. The system is dominated by thermal plants and there are only a few hydro plants. These thermal plants certainly use fossil fuels that are a non-renewable energy source that will impact on operating costs and environmental emissions. Electrical energy by using renewable energy sources is the only smart solution for this problem. The Government in its program to free Indonesia from the emission is rebuilding wind power plants (WPP) in Sidrap dan Jeneponto District of South Sulawesi. Wind power used WPP has a speed that is not always constant. The possibility of wind speed fluctuations is not avoidable and should not be underestimated. This will certainly affect the stability of the system when both WPPs join the interconnected system. This research was made to overcome these problems by designing a control system using fuzzy logic controller (FLC) to maintain system stability. The results showed that the FLC is able to control the impact of changes in wind speed on the output of WPP and thermal power plants (TPP). FLC results when wind speed is at a very low level (0-0.8 m/s) then the output of the WPP is also at a very low level (0 kW) and the TPP output is at a very high level (56.000 kW), but vice versa when wind speed is at very high level 8.3 -8.4 m/s then the output of the WPP is also at a very high level (2500 kW) and vice versa the TPP output is at a very low level (5.000 kW).

Kata-kunci: FLC, Kecepatan angin, PLTB, PLTT

1. Pendahuluan

Masalah energi saat ini khususnya energi listrik menjadi masalah yang diprioritaskan untuk dipikirkan keberlangsungannya dimasa yang akan datang. Energi listrik dunia saat ini sumbernya masih didominasi dari bahan bakar fosil.

Khususnya di Indonesia pembangkit listrik dengan menggunakan energi air sebagai penggerak turbin telah lama digunakan, namun ini tidak cukup untuk melayani jutaan konsumen listrik, akhirnya untuk menutupi kekurangan pasokan energi listrik pemerintah maupun swasta membangun pembangkit listrik dengan

menggunakan bahan bakar fosil. Hal ini telah mengakibatkan banyak dampak buruk bagi lingkungan dan ekonomi [1-3]. Oleh sebab itu pemerintah, pengusaha dan generasi yang cerdas dituntut untuk memikirkan solusi-solusi cerdas apa yang harus dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut. Energi listrik dengan menggunakan sumber energi yang dapat diperbaharui [4] menjadi satu-satunya solusi cerdas untuk hal ini.

Indonesia dianugerahi kekayaan alam yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi sumber energi terbarukan untuk pembangkit listrik. Air, panas matahari, panas bumi dan angin mampu digunakan untuk menjadi penggerak mula dari suatu pembangkit listrik. Tercatat 3.467,95 MW untuk kapasitas pembangkit listrik tenaga air (PLTA), 8,96 MWp untuk kapasitas pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), dan sebanyak 575 MW untuk kapasitas pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTPB), serta 50 MW kapasitas pembangkit listrik tenaga angin atau bayu (PLTB) yang telah dibangun [5].

Tidak berhenti sampai pada pembangunan pembangkit listrik dengan sumber energi di atas, pemerintah dalam programnya untuk membebaskan Indonesia dari emisi. Kini telah dibangun kembali PLTB di Kabupaten Sidrap Sulawesi Selatan dengan kapasitas 70 MW [6], dan 160 MW untuk PLTB Jeneponto [7], yang masing-masing pembangunannya dimulai tahun 2016 dan 2017, sementara potensial angin di Sulawesi Selatan ditunjukkan pada Gambar 1 [8].

Tenaga angin atau bayu yang digunakan PLTB memiliki kecepatan yang tidak selamanya konstan. Kemungkinan terjadinya fluktuasi kecepatan angin sangat tidak bisa dielakkan dan tidak boleh diremehkan. Hal tersebut tentunya akan mempengaruhi kestabilan sistem pada saat kedua PLTB tersebut masuk ke sistem interkoneksi Sulsebar. Masalah ini menjadi

buah pikiran peneliti untuk menganalisa dampak dari fluktuasi tersebut dan memikirkan solusi terbaik untuk meminimalkan dampak buruk dari fluktuasi tersebut. Penelitian ini adalah sebuah penelitian yang bertujuan untuk menganalisa kestabilan sistem ketika PLTB Sidrap dan Jeneponto masuk ke sistem interkoneksi Sulsebar dengan mensimulasikan kestabilan sistem terhadap fluktuasi angin dan merancang sistem kendali menggunakan *fuzzy logic controller* (FLC) untuk mempertahankan kestabilan sistem.

2. Metode dan pemodelan pada FLC

Persamaan sederhana untuk menghitung aliran daya dirumuskan pada Persamaan (1). Kemudian persamaan *Kron's loss* terdapat pada Persamaan (3), dan Persamaan (1) dapat dirumuskan kembali pada Persamaan (2) untuk biaya pembangkitan yang lebih dari satu pembangkit. Selanjutnya total pembangkitan harus sama dengan permintaan dan losses yang terdapat pada Persamaan (4), dan *inequality constraints* pada Persamaan (5) [7].

$$P_L = \sum_{i=1}^{n_g} \sum_{j=1}^{n_g} P_i B_{ij} P_j \quad (1)$$

$$P_L = \sum_{i=1}^{n_g} \sum_{j=1}^{n_g} P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^{n_g} B_{0i} P_i + B_{00} \quad (2)$$

$$C_i = \sum_{i=1}^{n_g} \alpha_i + \beta_i P_i + \gamma_i P_i^2 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{n_g} P_i = P_D + P_L \quad (4)$$

$$P_{i(\min)} \leq P_i \leq P_{i(\max)} \quad i = 1, \dots, n_g \quad (5)$$

Melalui berbagai penurunan rumus maka akan didapatkan persamaan akhir seperti yang dituliskan pada Persamaan (6).

$$\sum_{i=1}^{n_g} \left(\frac{\partial P_i}{\partial \lambda} \right)^k = \sum_{i=1}^{n_g} \frac{\gamma_i B_{ii} \beta_i}{2(\gamma_i + \lambda^k B_{ii})^2} \quad (6)$$



Gambar 1. Potensi angin di Indonesia [8]

Pemodelan pada FLC merupakan pemodelan rancangan energi angin yang mengontrol dua *output* masing-masing adalah PLTB Jeneponto 60 MW dan PLTU Jeneponto 120 MW yang memiliki satu *input* dan dua *output*. *Input* 1 merupakan kecepatan angin [9] mengikuti data [10] yang sementara *output* 1 yang pada FLC adalah daya *output* yang dibangkitkan oleh PLTB Jeneponto, dan *output* 2 merupakan *output* dari pembangkit yang menjadi cadangan daya ketika terjadi penurunan daya pada PLTB Jeneponto dalam penelitian ini adalah PLTU Jeneponto, masing-masing dimodelkan *triangle*. Data dari masing-masing *input* dan *output* disajikan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Pemodelan ini dibuat dengan mengikuti aturan-aturan (*rules*) yang dapat dilihat pada Tabel 4. Tabel 1, 2, 3, dan 4 untuk mempermudah mengontrol sistem agar tetap dalam kondisi stabil.

Tabel 1. Kecepatan angin yang diasumsikan

No.	Kecepatan angin yang diasumsikan			
	Kategori	m/s		
1	Sangat Rendah	0	0.83	1.66
2	Rendah	0.83	1.66	3.32
3	Sedang	1.66	3.22	4.98
4	Tinggi	3.32	4.98	6.64
5	Sangat Tinggi	4.98	6.64	8.3

Tabel 2. Output daya aktif PLTB

No.	Output daya aktif PLTB			
	Kategori	kW		
1	Sangat Rendah	0	0	0
2	Rendah	0	0	150
3	Sedang	0	150	500
4	Tinggi	150	500	1.300
5	Sangat Tinggi	500	1.300	2.500

Tabel 3. Output daya aktif PLTT

No.	Output daya aktif PLTT			
	Kategori	kW		
1	Sangat Rendah	60000	66000	72000
2	Rendah	72000	78000	86000
3	Sedang	86000	92000	98000
4	Tinggi	98000	102000	108000
5	Sangat Tinggi	108000	114000	120000

Tabel 4. Aturan-aturan dalam pemodelan

Jika <i>input</i>	Maka	
	Output PLTB	Output PLTT
Sangat Rendah	Sangat Rendah	Sangat Rendah
Rendah	Rendah	Rendah
Sedang	Sedang	Sedang
Tinggi	Tinggi	Tinggi
Sangat Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi

3. Hasil

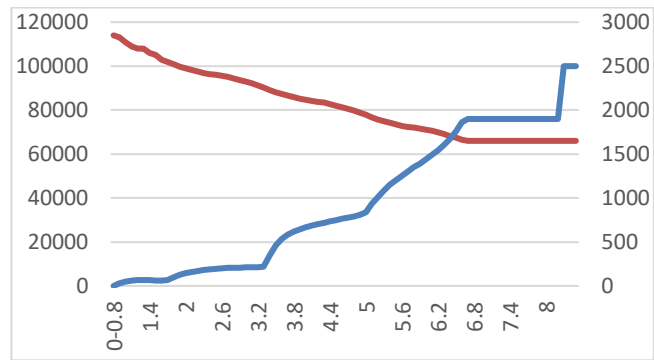
Hasil rancangan memperlihatkan hubungan kecepatan angin dengan *output* PLTB Jeneponto dan *output* PLTT dapat dilihat pada Tabel 4. Tabel 4 memperlihatkan nilai dari hasil rancangan aliran daya aktif berdasarkan perubahan kecepatan angin. Kecepatan angin terendah 0-0,8 m/s dengan *output* aliran daya aktif PLTB 0 dan *output* PLTU Jeneponto 114000 kW. Kecepatan angin tertinggi 8.3-8.5 m/s dengan *output* aliran daya aktif PLTB Sidrap 2.500 kW dan *output* aliran daya aktif PLTGU Sengkang 66.000 kW. Gambar 2 dan 3 masing-masing memperlihatkan hasil dari rancangan FLC diman kecepatan angin akan mengontrol *output* PLTB dan kecepatan angin juga mengontrol *output* PLTT, sementara Gambar 4 memperlihatkan hubungan kecepatan angin dengan keduanya.

Tabel 5. Hasil perancangan menggunakan FLC

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Output PLTB Jeneponto (kW)	Output PLTT (kW)
1	0-0.8	0	114000
2	0.9	31.3	113000
3	1	50.7	111000
4	1.1	63.3	109000
5	1.2	69.1	108000
6	1.3	68.9	108000
7	1.4	64.2	106000
8	1.5	60.6	105000
9	1.6	57.8	103000
10	1.7	69.6	102000
11	1.8	99.7	101000
12	1.9	126	99700
13	2	143	98900
14	2.1	158	98200
15	2.2	171	97500
16	2.3	181	96800
17	2.4	189	96400
18	2.5	196	96000
19	2.6	201	95600
20	2.7	204	95100
21	2.8	207	94400
22	2.9	209	93700

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Output PLTB Jeneponto (kW)	Output PLTT (kW)
23	3	211	92900
24	3.1	213	92200
25	3.2	214	91300
26	3.3	216	90200
27	3.4	350	89100
28	3.5	459	88200
29	3.6	531	87400
30	3.7	580	86600
31	3.8	616	85900
32	3.9	643	85200
33	4	666	84600
34	4.1	686	84200
35	4.2	702	83800
36	4.3	717	83400
37	4.4	732	82800
38	4.5	748	82100
39	4.6	763	81400
40	4.7	777	80600
41	4.8	791	79800
42	4.9	805	78900
43	5	837	77800
44	5.1	932	76700
45	5.2	1010	75800
46	5.3	1080	75100
47	5.4	1150	74300
48	5.5	1200	73600
49	5.6	1250	72900
50	5.7	1300	72400
51	5.8	1350	72000
52	5.9	1390	71600
53	6	1440	71200
54	6.1	1490	70500
55	6.2	1540	69800
56	6.3	1600	69100
57	6.4	1670	68300
58	6.5	1760	67500
59	6.6	1860	66500
60	6.7	1900	66000
61	6.8	1900	66000

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Output PLTB Jeneponto (kW)	Output PLTT (kW)
62	6.9	1900	66000
63	7	1900	66000
64	7.1	1900	66000
65	7.2	1900	66000
66	7.3	1900	66000
67	7.4	1900	66000
68	7.5	1900	66000
69	7.6	1900	66000
70	7.7	1900	66000
71	7.8	1900	66000
72	7.9	1900	66000
73	8	1900	66000
74	8.1	1900	66000
75	8.2	1900	66000
76	8.3	2500	66000
77	8.4	2500	66000
78	8.5	2500	66000

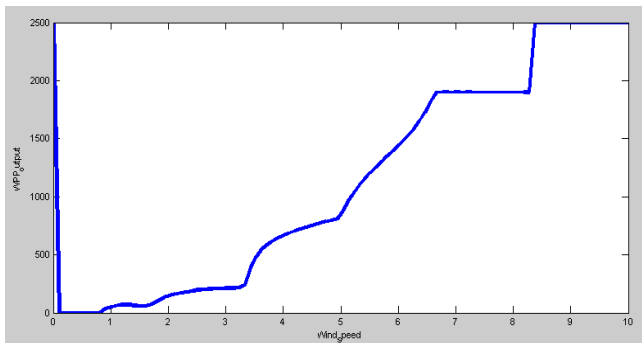


Gambar 4. Hubungan antara kecepatan angin dan kedua output.

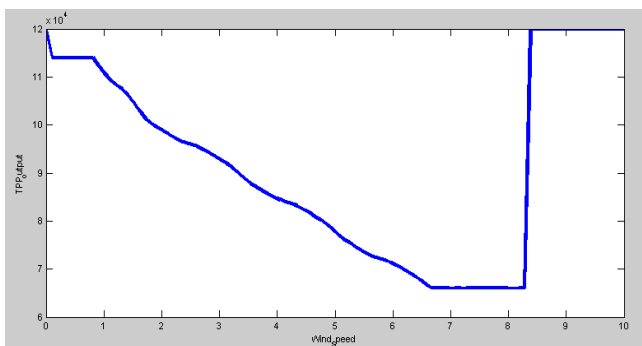
4. Kesimpulan

Hasil penelitian memberikan kesimpulan:

1. Sistem interkoneksi dalam hal ini sistem kelistrikan Sulselrabar tetap stabil dengan bergabungnya PLTB dengan kondisi kecepatan angin yang stabil rata-rata 8.3 m/s.
2. Rancangan mengontrol daya aktif PLTB dan PLTT dengan kondisi kecepatan berubah-ubah dapat menjadi acuan untuk pengontrolan system nantinya.



Gambar 2. Hasil perancangan FLC dimana kecepatan angin mengontrol output PLTB



Gambar 3. Hasil perancangan FLC dimana kecepatan angin mengontrol output PLTT

Daftar Pustaka

- [1] K. Siraj, H. Siraj and M. Nasir, "Modelling and Control of a Doubly Fed Induction Generator for Grid Integrated Wind Turbine," in *Power Electronics and Motion Control Conference and Exposition (PEMC), 2014 16th International*, 2014.
- [2] A. Abdelaziz, E. Ali and S. A. Elazim, "Combined Economic and Emission Dispatch Solution Using Flower Pollination Algorithm," *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 80, pp. 264-274, 2011.
- [3] M. B. Nappu and A. Arief, "Economic Redispatch Considering Transmission Congestion for Optimal Energy Price in a Deregulated Power System," in *International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI 2015)*, Denpasar-Bali, 2015.
- [4] R. Shaha, D. D. Kothari and D. V. Chandrakar, "Optimization of Renewable Energy Sources for Hybrid Power Generation," in *2016 Biennial International Conferences on Power and Energy Systems: Toward Sustainable Energy (PESTSE)*, 2016.
- [5] ESDM, "www.djk.esdm.go.id.statistik," edisi no.28, 2015. [Online]. [Accessed 29 September 2016].
- [6] PLN, "Pembangkit Listrik Tenaga Angin 70 MW Segera Dibangun Di Sidrap", PLN, 7 April 2015. [Online]. Available: <http://www.pln.co.id>. [Accessed 29 September 2016].
- [7] P. K. Jeneponto, "Pembangkit Listrik Tenaga Angin Segera Hadir Di Jeneponto", Kabupaten Jeneponto, 29 Juni 2015. [Online]. Available:

- www.jenepontokab.go.id. [Accessed 10 Oktober 2016].
- [8] Wind Hybrid Power Generation Marketing Development Initiative (WhyPGen), "*Map of Potential Locations for Wind Power Generation in Indonesia and Pre-Feasibility Studies in 10 Locations Based on Wind Resources Assessment*", [Online]. Available: <http://whypgen-bppt.com/id/>. [Accessed 4 June 2017].
- [9] H. Saadat, "*Economic Dispatch Including Losses*," in *Power System Analysis*, New York, The McGraw-Hill Companies, 1999, p. 279.
- [10] ENO Energy, "*Leistungskurve ENO 126 / 35 MW*", [Online]. Available: <http://www.eno-energy.com>.