

# ANALISIS STABILITAS TRANSIEN INTERKONEKSI SISTEM SULSELBAR AKIBAT PENETRASI PLTB JENEPONTO DAN SIDRAP

Agus Siswanto

(Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon)

Surel: [asiswanto.untagcrb@gmail.com](mailto:asiswanto.untagcrb@gmail.com)

Erfan Subiyanta

(Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon)

SUREL: refans@yahoo.com

M. Luthfi Abdullah

(Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon)

Surel: elaluthfi@gmail.com

Ria Adriyani

(Prodi Administarsi Publik, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik)

Surel: ria.adriyani@gmail.com

## Abstrak

Sistem interkoneksi kelistrikan disetiap daerah bertujuan untuk memperkokoh dan menanggung beban secara bersama-sama saat terjadi penambahan beban. Pada penelitian ini menganalisis PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) terhabung dalam sistem sulselrabar yang memiliki 44 bus interkoneksi 150kV. PLTB masuk dalam sistem dapat mengakibatkan penetrasi pada sistem yang telah existing. Oleh karena itu effect dari PLTB dalam sistem dapat mengganggu Stabilitas Transien dan *steady state*. Paper ini bertujuan untuk menganalisis keadaan transien stabilitas sistem yang terkoneksi dengan masuknya wind turbin Jeniponto dan Sidrap dikawasan sulselrabar dalam sistem interkoneksi. Simulasi pertama melihat respon saat PLTB jeniponto masuk dalam sistem sulselrabar pengaruhnya terhadap Stabilitas Transien dan *steady state*. Kedua PLTB sidrap masuk dalam sistem diamati sistem kestabilan transi dan *steady state*. Ketiga dua wind turbin masuk bersama dan diamati sistem kestabilannya saat diberi gangguan berupa perubahan beban. Dari hasil simulasi yang dilakukan sistem sulseltrabar saat terjadi penetrasi masuknya PLTB jeniponto dan sidrap mengalami osilasi dalam kondisi transient dalam waktu beberapa detik kemudian menuju stabil (*steady state*)

**Kata Kunci:** Analysis Stabilitas Transien, PLTB, Sistem Sulselrabar, Interkoneksi system

## PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik tenaga bayu (PLTB) sering di sebut *wind turbine* merupakan *expansion* dari *New Energy Alternative* (NEA) energy baru terbarukan yang sedang diinisiasi kebijakan pemerintah melalui PRUPTL (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik) (ESDM 2016). Pengembangan NEA ini dilakukan untuk mengurangi folusi dan pemanasan global yang di sebabkan oleh Pembangkit listrik berbahan fossil. Penggunaan NEA dapat sustainable sepanjang masa dan ramah lingkungan.

Pengembangan NEA ini diaplikasikan pada sistem kelistrikan Sulawesi Selatan yang telah beroperasi. Pembangkit yang telah exiting meliputi 15 bus Generator, 44 bus beban dan 47 jaringan Transmisi dengan variasi tegangan 30, 70 150 dan 275 kV. Peningkatan beban dari tahun ketahun mengalai peningkatan terus menerus, seiring dengan jumlah pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi regional.

Berdasar pada alenia kedua, diperlukan penambahan energy baru terbarukan yang dapat men-supply kebutuhan energy masyarakat Sulawesi. Energi yang sustainebel ramah lingkungan dan rendah biaya operasi tersebut adalah Wind Turbine.

Wind turbin dapat digabungkan dengan pembangkit lain seperti PLTA (Pembangkit listrik Tenaga Air), PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) dan pembangkit lain. Dalam Sistem operasi suatu pembangkit menghasilkan daya output (William D. Stevensen 1994). Terdapat dua jenis daya, yaitu daya aktif dan daya reaktif. Pembangkit yang bertenaga fossil (PLTU dan PLTA) senantiasa menghasilkan kedua daya tersebut. Namun untuk wind turbine yang penggerak mula memanfaatkan angin, tidak dapat memproduksi daya tersebut secara terus menerus, hal itu disebabkan keberadaan angin *un predictable*, hal ini yang menjadi masalah utama pada penelitian ini, sehingga hal ini akan menyebabkan permasalahan pada kestabilan sistem kelistrikan.

Masalah kestabilan yang disebabkan oleh Penetrasi Wind turbine menjadi titik focus penelitian ini. Adapaun Plant atau sistem yang akan dikaji adalah sistem kelistriak Sulawesi selatan. Hal ini dikaji karean saat ini di bus Jeneponto 75 MW dan Sidrap 72 MW.

Penetrasi wind turbine yang maksud di atas adalah pengaruh masuknya pembangkit baru yang dapat menambah atau mengurangi performansi kestabilan system. Analisis dilakukan menjaga kontinuitas supply daya aktif dan daya reaktif yang diproduksi oleh wind turbine.

## Stabilitas Sistem Tenaga

Pada sistem tenaga listrik, studi tentang pengaturan tegangan dan stabilitas tegangan yang dikendalikan bukan merupakan hal yang baru, namun utilitas jaraingan listrik akhir-akhir ini menjadi konsentrasi khusus dalam sistem disebabkan banyak terjadi gangguan disana. Hal utama terkait dengan sistem kiritis dan saluran panjang merupakan masalah utama yang terhubung dengan perluasan dan pengembangan beban makin meningkat.

Keadaan sistem tenaga listrik dikatakan kondisi stabil apabila semua variabel terukur sesuai dengan ketentuan, baik terkait tegangan pada tiap bus, frekuensi pada sistem itu sendiri (Saadat 1999). Kondisi sistem dikatakan tidak stabil apabila terdapat perbedaan pengukuran pada variabel-variabel ditentukan melewati batas-batas yang ditentukan. Kondisi tersebut dapat terjadi pada masing-masing bus tergantung pada sifat dan kondisi operasi sistem. Pada sifat dan lokasi terbentuk ketidakstabilan sistem terwujud dapat terjadi kegagalan dan peristiwa yang dapat berpengaruh pada seluruh sistem.

Keadaan kestabilan tegangan merupakan implementasi kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan tegangan dan frekuensi yang diijinkan pada setiap semua bus.

Definisi stabilitas tengana menurut(C.W. Taylor 1994, Kundur, Paserba et al. 2004) yaitu:

1. Suatu sistem tenaga pada kondisi operasi tertentu adalah bertegangan stabil, ketika terjadi gangguan kecil (*small-disturbance*), nilai tegangan dekat beban adalah sama atau mendekati nilai tegangan sebelum terjadi gangguan.
2. Suatu sistem tenaga pada kondisi operasi tertentu diberi gangguan adalah bertegangan stabil, bila nilai tegangan dekat beban mendekati nilai tegangan setelah terjadi gangguan.

Suatu sistem tenaga dapat dikatakan kondisi osilasi saat terjadi perubahan baik akibat gangguan karena kenaikan beban atau penurunan beban dalam skala besar diluar perkiraan operasi sehingga tegangan secara cepat menurun dan sulit untuk dikendalikan.

Terdapat beberapa hal kondisi kestabilan sistem tenaga yang dapat dinyatakan sebagai keadaan kondisi titik operasi untuk tiap bus pada sistem. *magnitude* tegangan pada bus meningkat pada saat terjadi peningkatan *injeksi* daya reaktif pada bus yang sama. Sistem yang tidak stabil jika sedikitnya paling kurang satu bus pada sistem tegangannya (V) menurun pada saat *injeksi* daya reaktif (Q) pada bus yang sama meningkat. Dengan kata lain bahwa tegangan sistem akan stabil jika *sensitivity* kurva V-Q bernilai positif pada setiap bus sedangkan tegangan sistem tidak stabil jika *sensitivity* kurva V-Q bernilai negatif pada salah satu bus (Kimbark 1968).

Ketidakstabilan tegangan secara umum dapat terjadi pada sistem tenaga listrik dalam kondisi tekanan berat oleh beban. Jika terjadi gangguan makan ketidakstabilan itu menyebabkan blackout. Agar dapat mempertanahkan dan meningkatkan kemampuan transfer daya terdapat beberapa hal yang harus dijaga dan dipertanahkan, yakni Batas kontrol pembangkitan daya reaktif, karakteristik beban, karakteristik dari peralatan kompensator reaktif, peralatan untuk mengontrol tegangan disetiap bus.

**KONSEP DASAR KESTABILAN**

Praba Kunder mendefinisikan kestabilan sistem tenaga menjadi dua, dan kestabilan sebuah sistem dapat dilihat secara menyeluruh dan meluas tiap bus. Modal analisis menerapkan pada matrix Jacobian reduksi untuk memperoleh batas stabilitas tegangan deangan faktor partisipasi daya reaktif. Untuk memperoleh nilai eigen terkecil dan vactor eigen pasangan digunakan teknik komputasi metode simultan ILSI (*Impact Inverse Lopsided Simultaneous Iteration*)

Praba Kunder telah membahas tentang kestabilan sistem tenaga dan telah di definisikan dalam Modal Analysis. Pada dasar metode ini untuk menghitung eigenvelue yng paling kecil dan eigenvector dari matrik *jacobian* dalam sistem. Eigenvalue dihubungkan dengan bentuk perubahan tegangan dan daya raktif.

Stabilitas sistem dapat dievaluasi menggunakan dalam keadaan nilai eigen yang ada. Jika semua nilai *Eigen* bernilai positif maka sistem dikatakan stabil, sedangkan sistem dikatakan tidak stabil jika nilai eigen bernilai negative. Nilai *eigen dari* dari matrik Jacobian yang bernilai nol menandakan bahwa sistem berada dalam batas ketidakstabilan (sistem akan collapse)

*Modal Analysis* sangat tergantung pada matriks *Jacobian* dari studi aliran daya. Persamaan aliran daya *Newton-Raphson* sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} \\ J_{21} & J_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V \end{bmatrix} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan asumsi  $\Delta P = 0$ , diperoleh :

$$\Delta P=0= J_{11}\Delta\theta + J_{12} \Delta V , \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta\theta = - J_{11}^{-1} J_{12} \Delta V \dots\dots\dots (2)$$

dan  $\Delta Q= J_{21}\Delta\theta + J_{22} \Delta V \dots\dots\dots (3)$

Substitusi Persamaan (2) dan (3) diperoleh :

$$\Delta Q = J_R \Delta V \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

$$J_R = \begin{bmatrix} J_{22} - J_{21} J_{11}^{-1} J_{12} \end{bmatrix}$$

$J_R$  adalah matrik *Jacobian* Reduksi dari sistem

Persamaan (4) dapat dituliskan menjadi : ..... (5)

Matriks  $J_R$  merepresentasikan hubungan yang linear antara perubahan tegangan terhadap perubahan injeksi daya reaktif pada suatu bus.

Nilai *eigen* dan *vector eigen* dari matriks *Jacobian* Reduksi  $J_R$  digunakan untuk analisis kestabilan tegangan. Ketidakstabilan tegangan dapat diidentifikasi dari bentuk nilai *eigen value* matriks  $J_R$ .

Analisis dari hasil nilai *eigen*  $J_R$  yakni :

$$J_R = \Phi \Lambda \Gamma \quad \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

$\Phi$  = Vektor *eigen* sebelah kanan matriks  $J_R$

$\Gamma$  = Vektor *eigen* sebelah kiri matriks  $J_R$

$\Lambda$  = Nilai *eigen* diagonal matriks  $J_R$

Dengan mengubah  $J_R$  menjadi  $J_R^{-1}$  diperoleh :

$$J_R^{-1} = \Phi \Lambda^{-1} \Gamma \quad \dots\dots\dots (7)$$

Dengan  $\Phi \Gamma = I^R$

Persamaan (6) dan (7) disubstitusikan, diperoleh :

$$\begin{aligned} \Delta V &= \Phi \Lambda^{-1} \Gamma \Delta Q \text{ atau;} \\ \Delta V &= \sum_i \frac{\Phi \Gamma}{\lambda_i} \Delta Q \quad \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

Dimana,  $\lambda_i$  nilai *eigen* yang ke i.

Akhirnya diperoleh persamaan berikut:

$$\Delta V_{mi} = \frac{1}{\lambda_i} \Delta Q_{mi} \quad \dots\dots\dots (9)$$

Dengan ketentuan bahwa :

1. Jika  $\lambda_i = 0$ , tegangan akan *collapse* karena perubahan daya reaktif akan menyebabkan perubahan tegangan menjadi tak berhingga.
2. Jika  $\lambda_i > 0$ , tegangan sistem stabil
3. Jika  $\lambda_i < 0$ , tegangan sistem tidak stabil

**KONDISI KESTABILITAS DAN MARGIN KESTABILAN**

Kestabilan sistem tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi tiga tipe bergantung pada sifat yang dialami sistem saat terjadi gangguan mengalami perubahan pada magtitude sebagai berikut:

1. Stabilitas steady state

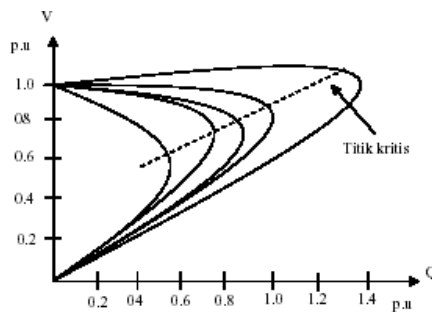
2. Stabilitas Teransient
3. Stabilitas Diamik

Stabilitas tegangan menurut (C.W. Taylor 1994) adalah :

1. Suatu sistem tenaga pada suatu tahap operasi tertentu mempunyai tegangan stabil, bila setelah adanya gangguan kecil (*small-disturbance*), nilai tegangan dekat beban adalah sama atau mendekati nilai tegangan sebelum terjadinya ganggu.
2. Kemampuan sistem untuk dapat menjaga tegangan pada semua bus tetap dalam batas operasi yang ditentukan setelah mengalami gangguan.
3. Suatu sistem tenaga pada suatu tahap operasi dan gangguan tertentu menuju jatuh tegangan, bila nilai tegangan setelah gangguan adalah di bawah standar batas yang ditentukan.

Ketidakstabilan tegangan suatu proses dinamis dan berdasarkan kerangka waktu lama terjadinya dapat dibagi atas tiga skenario :

1. Stabilitas tegangan transien (*transien voltage stability*) yang mempunyai kerangka waktu terjadinya dari nol sampai sepuluh detik.
2. Stabilitas tegangan waktu panjang (*long-term voltage stability*) yang mempunyai kerangka waktu beberapa menit, biasanya dua sampai tiga menit.
3. Ketidakstabilan tegangan waktu panjang (*long-term voltage instability*) yang mempunyai kerangka waktu lebih lama dari sepuluh menit.



**Gambar 1**, Kurva PV (Saadat 1999)

Dalam struktur generator, stator, rotor resultan MMF dan sudut torsi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\bar{V} = \bar{E} - jX\bar{I} \quad \dots\dots\dots (10)$$

Daya kompleks yang diserap oleh beban adalah

$$S = P + jQ = \bar{V} \bar{I}^* = \bar{V} \frac{\bar{V}^*}{-jX} \\ = \frac{j}{x} (EV \cos \theta + jEV \sin \theta - V^2) \quad \dots\dots\dots (11)$$

Dengan komposisi sebagai berikut:

$$P = -\frac{EV}{x} \sin \theta \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$Q = -\frac{V^2}{x} + \frac{EV}{x} \cos \theta \quad \dots\dots\dots (13)$$

Persamaan aliran daya dari sistem rugi-rugi diabaikan. Untuk nilai beban P dan Q yang diketahui, nilai V dan  $\theta$  dapat ditentukan. Dengan mengeliminasi  $\theta$  dari persamaan berikut:

$$V_{MAXP} = \frac{E}{\sqrt{2\sqrt{1+\sin\theta}}} \dots\dots\dots (14)$$

$$V_{MAXP} = \frac{E}{\sqrt{2}} \cong 0.707 E \dots\dots\dots (15)$$

Diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$(V^2)^2 + (2QX - E^2) + X^2(P^2 + Q^2) = 0 \dots\dots\dots (16)$$

Persamaan ini adalah orde kedua dari  $V^2$ . Solusi dari persamaan ini di peroleh :

$$(2QX - E^2)^2 - 4X^2(P^2 + Q^2) \geq 0 \dots\dots\dots (17)$$

$$-P^2 - \frac{E^2}{X} Q \left(\frac{E^2}{2X}\right)^2 \geq 0 \dots\dots\dots (18)$$

Solusi dari Persamaan (18) adalah :

$$V = \frac{\sqrt{E^2}}{2} - QX \pm \sqrt{\frac{E^4}{4} - X^2P^2 - XE^2Q} \dots\dots\dots (19)$$

Hubungan anatra perubahan P terhadap V, lebih dikenal dengan istilah kurva PV. Pada saat terjadi peningkatan daya reaktif di beban maka tegangan akan mengalami penurunan. Perubahan daya reaktif ini memiliki batas maksimum. Jika batas maksimum ini terlampaui maka tegangan akan tidak stabil (*Voltage collapse*) (Gunadin, Harun et al. 2009). Dari kurva juga dapat diamati bahwa untuk faktor daya yang berbeda akan diperoleh batas pembebanan yang berbeda. Jika pembebanan dengan faktor daya dalam kondisi *leading* maka transfer daya akan semakin meningkat, jika sebaliknya maka faktor daya pada beban dalam kondisi semakin *lagging* maka daya maksimum pada beban akan berkurang drastris (Gunadin, Soeprijanto et al. 2010) Hal seperti ini mengindikasikan bahwa profile tegangan pada sistem yang baik, maka transfer daya maksimum pada beban semakin mengkat sehingga di sisi kestabilan semakin baik (Gunadin, Suprijanto et al. 2010).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

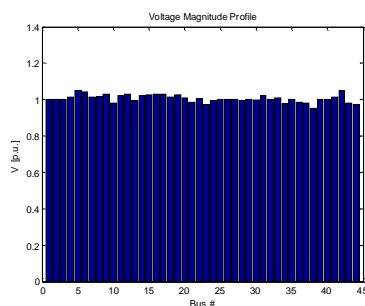
Dari Tabel 10 merupakan hasil load flow sistem interkoneksi sistem kelistrikan sulselbar, sistem memperlihatkan besar daya yang melewati saluran transmisi dan besaran rugi daya pada tiap konduktor. Kemudian pada Tabel 11, bawah merupakan saluran daya dan rugi-rugi daya setelah PLTB terkoneksi. Pada Tebel berikut merupakan Power Flow sebelum PLTB Terkoneksi.

Tabel 1. Power Flow Jaringan interkoneksi

No. Bus	Nama Bus	Volta ge Mag.	Angle Degree	Beban		Generator	
				MW	Mvar	MW	Mvar
1	Bakaru	1.03	0	3.5	0.2	78.492	73.092
2	Polmas	0.997	-2.619	17.1	4.1	0	0
3	Majene	0.989	-3.97	23.3	3.7	0	0
4	Mamuju	0.981	-4.525	9.6	4.8	0	0
5	Pinrang	1	-0.548	24.4	6.2	14.3	-49.439
6	Parepare	0.996	-2.42	18.7	4.7	0	0
7	Suppa	1	-2.488	0	0	0	5.759
8	Sidrap	0.974	3.184	26.5	10.3	0	0
9	PLTU Barru	1	-5.159	0	0	60.4	62.971
10	Barru	0.953	-13.604	10.1	2.4	0	0
11	Pangkep 150 kV	0.944	-16.116	22.1	8	0	0

12	Pangkep 70 kV	0.947	-17.474	0	0	0	0
13	Tonasa	0.918	-19.282	18.9	10.6	0	0
14	Bosowa	0.941	-16.811	33.1	15.4	0	0
15	Kima	0.953	-19.413	18	5.8	0	0
16	Tello 150 kV	1	-17.563	63.3	18.3	21	90.757
17	Panaku kang	0.98	-20.119	68.3	17.7	0	0
18	Tello 70 kV	0.981	-22.067	0	-20	0	0
19	Borongloe	1	-22.863	11.4	0	5.2	13.565
20	Mandai	0.951	-21.329	24.3	2.6	0	0
21	Daya	0.957	-23.55	45.5	2.8	0	0
22	Tello 30 kV	1	-17.572	0	0	0	0
23	Barawaja Tellolama 150 kV	1.001	-17.581	0	0	0	0
24		1	-18.427	19.7	4.7	12.6	18.115
25	Tellolama 70 kV	0.975	-20.831	0	0	0	0
26	Bontoala	0.958	-21.027	26.5	7.7	0	0
27	Sunggu minaa	1	-10.903	15.7	3.6	20	129.075
28	Tanjung Bunga	0.968	-13.739	55.2	16.7	0	0
29	Tallasa	1	19.195	20.6	4.7	79	28.457
30	Maros	0.959	-0.819	18.6	5.5	0	0
31	Punagaya	1	28.971	0	0	196.1	-0.573
32	Jeneponto	0.983	17.891	17.4	3.4	0	0
33	Bulukumba	0.989	11.123	27.1	6.5	0	0
34	Sinjai	1	9.557	21.9	4.6	4	69.544
35	Bone	0.99	8.984	32.1	8.2	0	0
36	Soppeng	0.975	8.593	14.1	3.4	0	0
39	Palopo	1	37.652	49.2	0	4	128.97
40	Latuppa	0.972	60.992	0	0	0	0
41	PLTAposo	1	105.23	0	0	195	55.638
42	Pamona 270 kV	0.993	103.767	0	0	0	0
43	Pamona 150 kV	0.989	103.19	4.9	0.5	0	0
44	Poso	0.986	102.337	11	1.8	0	0
Total				812.4	181.9	963.492	661.106

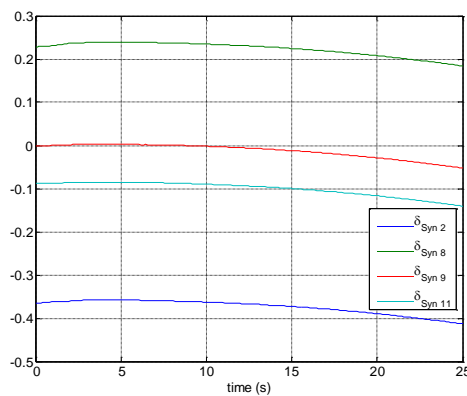
Selain itu, model terperinci yang berbasis turbin angin telah dikembangkan dalam penelitian ini. Untuk mengetahui model performansi awal dari sistem Sulselbar pada Gambar 43. ditunjukkan profile tegangan pada setiap bus disistem.



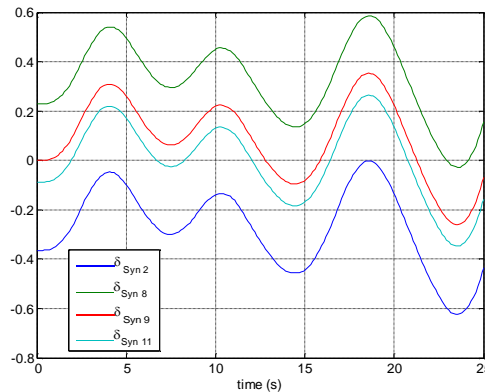
Gambar 2. Profile tegangan pada sistem Sulselbar

Perbandingan Index Stabilitas 4 kondisi

	Indek stabilitas-1	Indek stabilitas-2	Indek stabilitas-3	Indek stabilitas-4
0%	-11.6376	-15.2648	-15.6001	-20.5625
5%	-11.6105	-15.245	-15.5816	-20.5586
10%	-11.4994	-15.1693	-15.5119	-20.5497
15%	-11.4282	-15.1202	-15.4664	-20.5422
20%	-11.3556	-15.07	-15.42	-20.5340



Gambar 3. Grafik sudut rotor  $f(t)$  sebelum penetrasi PLTB



Gambar 4. Grafik sudut rotor  $f(t)$  setelah penetrasi PLTB Jeneponto

**SIMPULAN**

Penetrasi turbin angin di sidrap memberikan pengaruh pada index stabilitas dengan nilai -14.7469. dan Jeneponto -15.1205. Saat hybrid kedua PLTB tersebut nilai index stability sebesar -20.4699 dengan peningkatan besar yang besar.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

- Rektor Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon
- Dekan Fakultas Teknik, UNTAG Cirebon



## DAFTAR PUSTAKA

- ALMASABI, S., SULAEMAN, S., NGUYEN, N. & MITRA, J. Cost benefit analysis for wind power penetration. 2017 North American Power Symposium (NAPS), 17-19 Sept. 2017 2017. 1-6.
- AJJARAPU, V. 2006. Computational Techniques for Voltage Stability Assessment and Control. *Springer Iowa State University Ames, Iowa, 50011 U.S.A.*
- CÉSPEDES, M., BEECHNER, T., XING, L. & SUN, J. Stabilization of constant-power loads by passive impedance damping. 2010 Twenty-Fifth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 21-25 Feb. 2010 2010. 2174-2180.
- CHAIAMARIT, K. & NUCHPRAYOON, S. Economic dispatch solution considering demand and wind speed uncertainties based on Newton's method. 2013 IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 8-11 Dec. 2013 2013. 1-6.
- DJALAL, M. R., IMRAN, A. & ROBANDI, I. Optimal placement and tuning power system stabilizer using Participation Factor and Imperialist Competitive Algorithm in 150 kV South of Sulawesi system. 2015 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA), 20-21 May 2015 2015. 147-152.
- DJEMAI, N. & BOUKTIR, T. 2008. Impact of Wind Power on the Angular Stability of a Power System. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, 7.
- DU, L. & DENG, Q. Impact of Wind Power and Photovoltaic Cell Power on Power System Stability Based on L Index. 2012 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, 27-29 March 2012 2012. 1-4.
- GAUTAM, D., VITTAL, V. & HARBOUR, T. Impact of increased penetration of DFIG based wind turbine generators on transient and small signal stability of power systems. IEEE PES General Meeting, 25-29 July 2010 2010. 1-1.
- ARIEF, A. & NAPPU, M. B. Voltage drop simulation at Southern Sulawesi power system considering composite load model. 2016 3rd International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), 19-20 Oct. 2016 2016. 169-172.
- GUNADIN, I. C., ABDILLAH, M., SOEPRIJANTO, A. & PENANGSANG, O. 2013. Steady-State Stability Assessment Using Neural Network Based on Network Equivalent. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 9, 411-422.
- GUNADIN, I., ABDILLAH, M., SOEPRIJANTO, A. & PENANGSANG, O. 2012. Determination of Steady State Stability Margin Using Extreme Learning Machine. *WSEAS Transactions on Power Systems*, 7.
- GUNADIN, I., SAID, S. & IRSAN, M. 2016. *Determination of stability index of electrical power system using REI-Dimo methods.*
- GUNADIN, I. C., ABDILLAH, M., SOEPRIJANTO, A. & PENANGSANG, O. 2013. Steady-State Stability Assessment Using Neural Network Based on Network Equivalent. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 9, 411-422.
- HOSSAIN, M. J., POTA, H. R., MAHMUD, M. A. & RAMOS, R. A. 2012. Investigation of the Impacts of Large-Scale Wind Power Penetration on the Angle and Voltage Stability of Power Systems. *IEEE Systems Journal*, 6, 76-84.
- ROHDIAN, M. F. 2016. Potensi Tenaga Angin Di Indonesia Untuk Membangkitkan PLTB. *Gajah Mada Oil & Gas Club, Accessed 29 Agustus 2017.*

- KABIR, S., KRAUSE, O., BANSAL, R. & RAVISHANKER, J. Dynamic voltage stability analysis of sub-transmission networks with large-scale photovoltaic systems. 2014 IEEE PES General Meeting | Conference & Exposition, 27-31 July 2014 2014. 1-5.
- KHATTARA, A., ABOUBOU, A., BAHRI, M., BECHERIF, M., AYAD, M. Y. & AKHRIF, O. Influence of wind turbine location in the optimization of the economic dispatch using genetic algorithm method. 4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 13-17 May 2013 2013. 1498-1503.
- KUNDUR, P. 1994. POWER SYSTEM STABILITY AND CONTROL *McGraw-Hill Inc. USA*.
- KAYAL, P. & CHANDA, C. K. 2013. Placement of wind and solar based DGs in distribution system for power loss minimization and voltage stability improvement. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 53, 795-809.
- KUNDUR, P. 1994. POWER SYSTEM STABILITY AND CONTROL *McGraw-Hill Inc. USA*.
- LONDERO, R. R., AFFONSO, C. D. M. & VIEIRA, J. P. A. 2017. Effects of operational limits of DFIG wind turbines on long-term voltage stability studies. *Electric Power Systems Research*, 142, 134-140.
- MA, S., GENG, H., LIU, L., YANG, G. & PAL, B. C. 2018. Grid-Synchronization Stability Improvement of Large Scale Wind Farm During Severe Grid Fault. *IEEE Transactions on Power Systems*, 33, 216-226.
- SCHMALL, J., HUANG, S. H., YING, L., BILLO, J., CONTO, J. & YANG, Z. Voltage stability of large-scale wind plants integrated in weak networks: An ERCOT case study. 2015 IEEE Power & Energy Society General Meeting, 26-30 July 2015 2015. 1-5.
- SISWANTO, A. 2019. *Steady State Stability Limit Assessment when Wind Turbine Penetrated to the Systems using REI Approach*.
- WIHARTADY, H., HUTAHAEAN, R., POPOV, M., SLUIS, L. V. D. & TERZIJA, V. Dynamic out-of-step simulation and detection in 150 kV South Sulawesi system. 2012 IEEE International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, 23-27 Sept. 2012 2012. 833-837.
- WEEKLY, E. 2017. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Sidrap 75 MW. *IKPT, WIJAYA KARYA, JASA MARGA, CIREBON ELECTRIC POWER dan NINDYA KARYA*, Nomor 57.
- YIGONG, Z., JUNCHUAN, J., WEIGUO, L., DAWEI, W. & JIN, L. Steady state characteristic analysis and stability assessment of doubly fed induction generator based wind power generation System. 2010 International Conference on Power System Technology, 24-28 Oct. 2010 2010. 1-5.
- YULI ASMI RAHMAN, A. S., AND IRWAN MAHMUDI 2018. Stability Issues in Presence Variable Distributed Generation Into Radial Distribution Network *International Conference on Industrial Electrical and Electronics (ICIEE)*
- (RUPTL), R. U. P. T. L. tahun 2018-2027. Surat Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM),. *Nomor 1567 K/21/MEM/2018, 2018*