

Studi Kestabilan Tegangan dengan Masuknya PLTB Pada Sistem Interkoneksi Sulsebar

Wisna Saputri Alfira WS¹⁾, Ashar AR²⁾, Yurika Nantan³⁾

^{1, 2} Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, ³Politeknik Kelautan dan Perikanan Bitung

email: alfirasaputri@poliupg.ac.id¹, ashar_ar@poliupg.ac.id², yurika.nantan@kkg.go.id³



Abstract

PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) yang terletak di Kabupaten Sidrap dan Jeneponto merupakan sumber energi terbarukan yang pertama terinterkoneksi di sistem Sulsebar dengan kapasitas masing – masing 70 MW dan 62.5 MW. Penambahan pembangkit dalam sistem interkoneksi Sulsebar dilakukan untuk memenuhi kebutuhan konsumen yang semakin meningkat, sehingga masalah kestabilan tegangan yang menjadi kendala utama dalam perencanaan dan pengoperasian sistem tersebut. Pada paper ini, Penulis melakukan simulasi dengan merancang dan memodelkan sistem dengan 44 bus, 47 line, 6 transformator, 15 generator dan 34 beban dengan menggunakan data ril. Penulis juga melakukan simulasi gangguan hubung singkat di beberapa lokasi titik gangguan baik sebelum interkoneksi maupun setelah interkoneksi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa interkoneksi PLTB dapat memperbaiki kestabilan tegangan sistem dengan batas toleransi +5% dan -10% (0.95 pu – 1.05 pu) dari tegangan nominal dan mampu menimalisir dampak gangguan terhadap kestabilan sistem tenaga listrik.

Keywords: Kestabilan Tegangan, PLTB, gangguan hubung singkat

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi sekunder yang berpengaruh bagi kelangsungan hidup manusia, sehingga permintaan akan energi listrik semakin meningkat dan kualitas energi listrik yang baik harus terpenuhi. PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan penyedia jasa layanan listrik telah membangun penambahan kapasitas pembangkit berupa pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) pertama di sistem Sulawesi Selatan, Tenggara dan Barat (Sulsebar). PLTB tersebut terletak di 2 lokasi, yaitu Kabupaten Sidrap berkapasitas 70 MW, 30 turbin kincir angin, masing-masing menghasilkan 2.5 MW/ turbin dan Kabupaten Jeneponto berkapasitas 62.5 MW, 30 turbin kincir angin [1-2].

Penambahan pembangkit pada sistem Interkoneksi Sulsebar dilakukan untuk memenuhi kebutuhan beban yang semakin meningkat dari tahun ke tahun, sehingga diharapkan dapat mempertahankan kestabilan tegangan yang merupakan masalah utama dalam perencanaan dan pengoperasian sistem tenaga [3]. Namun, dalam penambahan pembangkit tersebut akan timbul masalah-

masalah. Salah satu masalah yang akan terjadi yaitu kestabilan sistem tegangan.

Kestabilan tegangan merupakan kemampuan suatu sistem untuk mempertahankan tegangan di setiap bus pada kondisi normal setelah sistem mengalami gangguan [4]. Saat terjadi gangguan, otomatis sistem akan mengalami perubahan kondisi, dimana sistem mengalami ketidakstabilan. Hal tersebut, dapat menyebabkan performa sistem mengalami penurunan, tegangan menjadi tidak terkontrol, akibat profil tegangan menurun, dan rugi daya (*losses*) pada sistem distribusi semakin besar, mengakibatkan terjadinya pemadaman atau *blackout* pada sistem [5].

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis mengkaji tentang Studi kestabilan tegangan dengan Integrasi PLTB pada sistem Interkoneksi Sulsebar PT.PLN (Persero). Dalam tulisan ini, akan dilakukan suatu simulasi gangguan hubung singkat dengan integrasi PLTB untuk melihat kondisi kestabilan tegangan masih dalam batas toleransi yang diizinkan yaitu +5% dan -10% dari tegangan nominal [4, 6].

II. KAJIAN LITERATUR

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Energi Angin dikonversi menjadi energi mekanik, dan kembali dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin (kincir). Turbin atau kincir angin biasa disebut sebagai Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) [7]. Dalam bentuknya sebagai energi listrik, maka energi dapat ditransmisikan dan digunakan untuk memacu peralatan-peralatan elektronik.

Untuk menghasilkan suatu energi, perlu diketahui klasifikasi dan kondisi angin yang

Tabel 1. Klasifikasi Angin^[8]

Tabel Kondisi Angin			
Kelas Angin	Kecepatan Angin m/d	Kecepatan angin km/jam	Kecepatan angin knot/jam
1	0.3 ~ 1.5	1 ~ 5.4	0.58 ~ 2.92
2	1.6 ~ 3.3	5.5 ~ 11.9	3.11 ~ 6.42
3	3.4 ~ 5.4	12.0 ~ 19.5	6.61 ~ 10.5
4	5.5 ~ 7.9	19.6 ~ 28.5	10.7 ~ 15.4
5	8.0 ~ 10.7	28.6 ~ 38.5	15.5 ~ 20.8
6	10.8 ~ 13.8	38.6 ~ 49.7	21 ~ 26.8
7	13.9 ~ 17.1	49.8 ~ 61.5	27 ~ 33.3
8	17.2 ~ 20.7	61.6 ~ 74.5	33.5 ~ 40.3
9	20.8 ~ 24.4	74.6 ~ 87.9	40.5 ~ 47.5
10	24.5 ~ 28.4	88.0 ~ 102.3	47.7 ~ 55.3
11	28.5 ~ 32.6	102.4 ~ 117.0	55.4 ~ 63.4
12	>32.6	>118	63.4

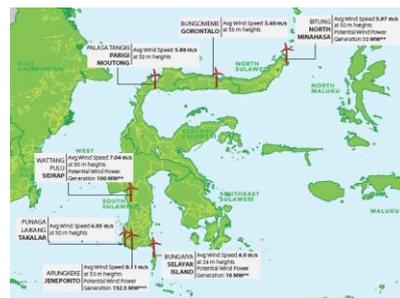
dapat menggerakkan turbin pada PLTB sehingga menghasilkan energi listrik seperti pada tabel 1 sedangkan tabel 2 menunjukkan tingkat kecepatan angin yang memiliki kelas yang berbeda - beda. Energi angin yang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik yang dihasilkan PLTB berada pada kelas 3 untuk batas minimum dan kelas 6 untuk batas maksimum.

Tabel 2. Tingkat Kecepatan Angin^[8-9]
Tingkat Kecepatan Angin 10 meter di atas permukaan tanah

Kelas Angin	Kecepatan Angin m/d	Kondisi alam didaratkan
1	0.00 – 0.02	-----
2	0.3 – 1.5	Angin tenang, Asap lurus keatas
3	1.6 – 3.3	Asap bergerak mengikuti arah angin,
4	3.4 – 5.4	Wajah terasa ada angin, daun daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak

5	5.5 – 7.9	Debu jalan, kertas berterbangan ranting pohon bergoyang
6	8.0 -10.7	Debu jalan, kertas berterbangan ranting pohon bergoyang
7	10.8 – 13.8	Ranting pohon besar bergoyang
8	13.9 – 17.1	Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga
9	17.2 – 20.7	Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20.8 – 24.4	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24.5 – 29.4	Dapat merubuhkan pohon dan menimbulkan kerusakan
12	29.5 – 32.6	Menimbulkan kerusakan parah
13	32.7 – 26.9	Tornado

PLTB merupakan energi terbarukan yang dikembangkan di Indonesia, mengingat letak geografis Indonesia berada pada daerah khatulistiwa yang memiliki iklim teratur. Adapun peta potensial pembangkit listrik tenaga bayu di Indonesia, terkhusus di Provinsi Sulawesi diperlihatkan pada gambar 1.

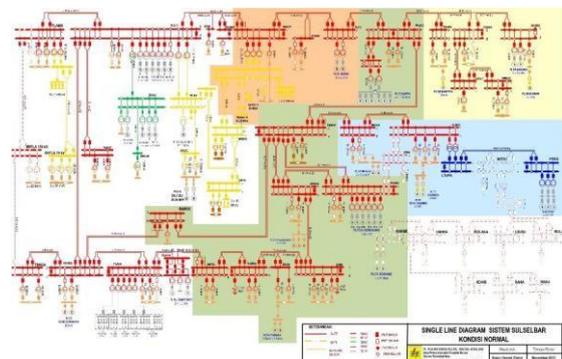


Gambar 1. Peta Potensi pembangkit Listrik Tenaga Bayu/ Angin di Sulawesi^[11]

*Sumber: www.whyppen-bppt.com

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bersifat aplikatif sehingga dari ruang lingkup masalah dapat dilakukan dengan metode studi pustaka, metode pengumpulan data lapangan dilanjutkan dengan perancangan dan pemodelan sistem.

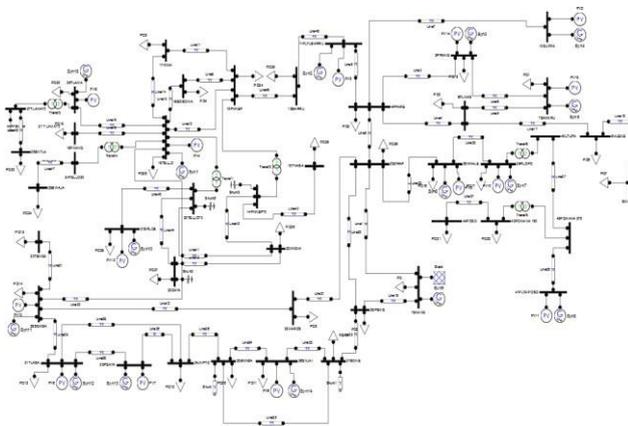


Gambar 2. *Single line diagram* sistem interkoneksi Sulsebar^[12]

*Sumber: PT. PLN (Persero) UPB Wilayah Sulsebar

Data sistem interkoneksi yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) berupa *single line diagram* pada gambar 2, sistem transmisi Sulsebar, data reaktansi jaringan transmisi, resistansi dan data aliran daya untuk wilayah Sulsebar. Data tersebut di *input* dan di model pada program Matlab R2014a yang dikombinasi dengan perangkat lunak Simulink PSAT versi 2.1.9.

Pada pemodelan sistem tersebut, terdapat 44 bus, 47 *line*, 6 transformator, 15 generator dan 34 beban yang diperlihatkan pada gambar dibawah yang akan dilakukan analisis kestabilan tegangan.



Gambar 3. Pemodelan pada *software* untuk *single line diagram* sistem transmisi Sulsebar (kondisi *existing*)

IV. SIMULASI DAN PEMBAHASAN

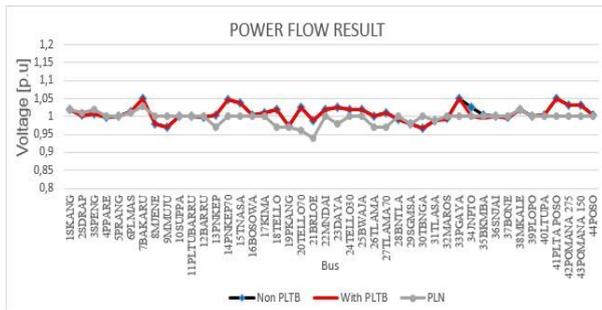
Berdasarkan simulasi aliran daya yang dilakukan menggunakan gambar *existing* untuk mengetahui kondisi tegangan di setiap bus tanpa adanya pengaruh gangguan maupun masuknya integrasi PLTB serta masuknya integrasi PLTB tanpa adanya pengaruh gangguan didalam sistem transmisi Sulsebar diperlihatkan secara detail pada tabel 3 sebagai perbandingan *output* tegangan.

Pada gambar 4 memperlihatkan tegangan setiap bus baik dari PLN, sebelum dan setelah masuknya integrasi PLTB dalam keadaan stabil. Hal ini tidak menyebabkan terjadinya perubahan tegangan yang signifikan. Namun, dari data yang diperoleh dari PT.PLN (Persero) UPB Wilayah Sulserbar, bus yang memiliki tegangan dibawah 0.95 p.u yaitu Bus Borongloe sebesar 0.94 p.u dan mengalami peningkatan setelah masuknya integrasi PLTB

sebesar 0.99 p.u. Adapun 2 bus yang mengalami perubahan tegangan setelah masuknya integrasi PLTB yaitu Bus Jeneponto dari 1.0246 p.u menjadi 1 p.u dan Bus Bulukumba dari 1.00419 p.u menjadi 0.9946 p.u. Meski terjadi penurunan tegangan pada kedua bus tersebut, tetap masih berada dalam renatang level kestabilan (0.95 p.u sampai 1.05 p.u). Untuk bus yang memiliki tegangan terendah setelah masuknya PLTB yaitu Bus Tanjung Bunga sebesar 0.96839 p.u sedangkan bus dengan nilai tegangan tertinggi yaitu Bus Bakaru, Bus PLTA Poso dan Bus Punagayya sebesar 1.05 p.u.

Tabel 3. *Output* tegangan sebelum dan sesudah masuknya integrasi PLTB pada sistem transmisi Sulsebar.

No. Bus	Nama Bus	Tegangan (p.u)		
		Non PLTB	PLTB	PLN
1	1SKANG	1,02	1,02	1,02
2	2SDRAP	1,00268	1	1,01
3	3SPENG	1,00733	1,00647	1,02
4	4PPARE	0,99851	0,99851	1
5	5PRANG	1	1	1
6	6PLMAS	1,01366	1,01366	1,01
7	7BAKARU	1,05	1,05	1,03
8	8MUJENE	0,97978	0,97978	1
9	9MMUJU	0,97179	0,9718	1
10	10SUPPA	1	1	1
11	11PLTUBARRU	1	1	1
12	12BARRU	0,99675	0,99779	1
13	13PNKEP	1,00444	1,00527	0,97
14	14PNKEP70	1,04555	1,04588	1
15	15TNASA	1,03752	1,03785	1
16	16BOSOWA	1,00404	1,00472	1
17	17KIMA	1,01063	1,01106	1
18	18TELLO	1,02	1,02	0,97
19	19PKANG	0,97402	0,97402	0,97
20	20TELLO70	1,02501	1,02516	0,98
21	21BRLOE	0,99	0,99	0,94
22	22MNDAI	1,01957	1,01976	1
23	23DAYA	1,02404	1,02421	0,98
24	24TELLO30	1,02001	1,02001	1
25	25BWAJA	1,02001	1,02001	1
26	26TLAMA	1	1	0,97
27	27TLAMA70	1,0096	1,0096	0,97
28	28BNTLA	0,9929	0,9929	1
29	29SGMSA	0,98	0,98	0,98
30	30TBNGA	0,96839	0,96839	1
31	31TLASA	0,99	0,99	0,99
32	32MAROS	0,99378	0,9931	1
33	33PGAYA	1,05	1,05	1
34	34JNPTO	1,0246	1	1
35	35BK MBA	1,00419	0,99464	1
36	36SNJAI	1	1	1
37	37BONE	0,99645	0,99546	1
38	38MKALE	1,02	1,02	1,02
39	39PLOPO	1	1	1
40	40LTUPA	1,00486	1,00486	1
41	41PLTA POSO	1,05	1,05	1
42	42POMANA 275	1,03264	1,03264	1
43	43POMANA 150	1,0306	1,0306	1
44	44POSO	1,00426	1,00426	1



Gambar 4. Tegangan disetiap bus PLN, sebelum dan setelah masuknya integrasi PLTB

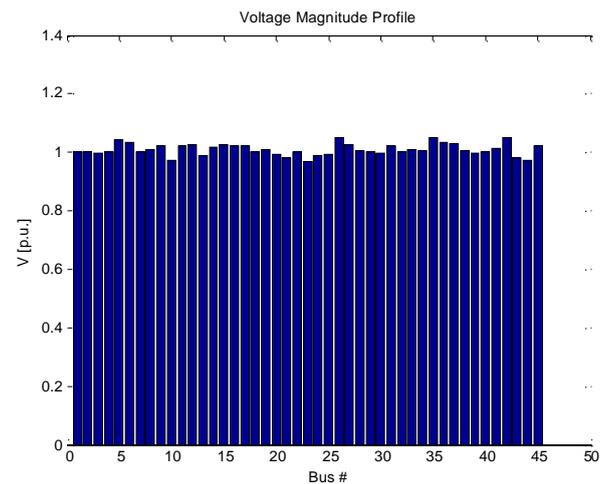
Hasil simulasi yang diperlihatkan diatas sudah sesuai dengan peraturan Menteri ESDM

Republik Indonesia [10] yaitu batas nilai tegangan bus terendah 0.95 p.u dan batas tegangan tertinggi 1.05 p.u.

4.1 Simulasi Kestabilan Tegangan Setelah Gangguan dan Sebelum Masuknya Integrasi PLTB

Simulasi ini, diberikan perlakuan gangguan 3 fasa antara bus Tello dan bus Pangkep, berdasarkan sensitifitas bus dan termasuk bus yang memiliki tegangan rendah walaupun masih di atas batas normal yakni 0.95 p.u, yang terjadi pada t = 0.01 detik dengan interval 0:01 detik. Gambar 5 menunjukkan bahwa pada saat terjadi gangguan antara bus Tello dan bus Pangkep kondisi tegangan pada sistem dalam keadaan stabil. Bus dengan nilai tegangan tertinggi yaitu bus 26, bus 35 dan bus 42 sebesar 1.05 p.u sedangkan bus dengan nilai terterendah yaitu bus 23 sebesar 0.96839 p.u sehingga secara keseluruhan bus masih berada dalam rentang level kestabilan yaitu 0.95 p.u – 1.05 p.u. Dengan demikian tidak diperlukan upaya penanganan lebih lanut melainkan diperlukan lokasi lain untuk melakukan simulasi gangguan sebelum masuknya integrasi PLTB.

Hasil simulasi gangguan dengan lokasi gangguan yang berbeda – beda, diperlihatkan pada tabel 4 masih dalam keadaan rentang level kestabilan. Dengan demikian, gangguan 3 fasa yang terjadi disetiap lokasi tidak mempengaruhi kestabilan tegangan di sistem transmisi Sulselbar.



Gambar 5. Profil tegangan setelah terjadinya gangguan dan sebelum masuknya integrasi PLTB

Tabel 4. Kondisi Tegangan setelah gangguan di beberapa lokasi sebelum masuknya PLTB

No.	Lokasi Gangguan	Keterangan	
		Stabil	Tidak Stabil
1	Bus Pangkep – Bus Tello	√	
2	Bus Daya – Bus Tello70	√	
3	Bus Kima – Bus Pangkep	√	
4	Bus Parepare – Bus Polmas	√	
5	Bus Parepare – Bus Suppa	√	
6	Bus Punagayya – Bus Tallasa	√	
7	Bus Sidrap – Bus Maros	√	
8	Bus Sungguminasa – Bus Tello	√	

4.2 Simulasi Kestabilan Tegangan Statis setelah Gangguan dan Setelah Masuknya Integrasi PLTB

Pada bagian ini, kondisi tegangan pada setiap bus di sistem transmisi Sulselbar akan ditinjau jika terjadi gangguan di salah satu jaringan transmisi setelah masuknya PLTB di sistem interkoneksi. Gambar 6 merupakan *single line diagram* sistem jaringan transmisi Sulselbar dengan simulasi letak lokasi gangguan yang akan terjadi antara bus Pangkep dan bus Tello serta lokasi setelah masuknya integrasi PLTB.

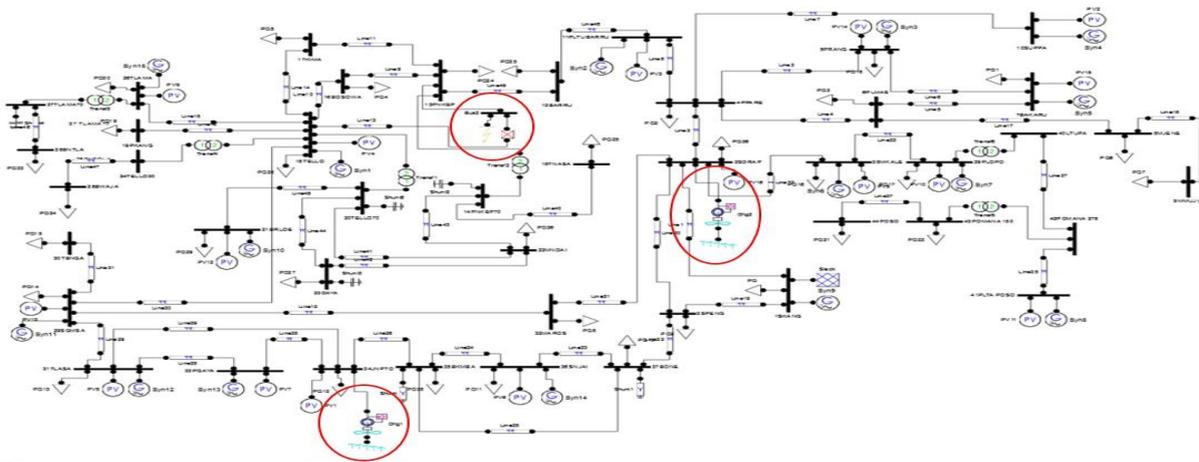
Hasil simulasi kestabilan tegangan dengan gangguan hubung singkat diantara bus Pangkep dan bus Tello setelah masuknya integrasi PLTB ditunjukkan pada gambar 7 dengan grafik tegangan disetiap bus dalam keadaan normal atau stabil. Grafik yang ditunjukkan pada gambar tersebut diketahui bahwa bus 5, bus 26, bus 35 dan bus 42

memiliki tegangan sebesar 1.05 p.u. Adapun 3 bus terendah yakni bus 44, bus 10, dan bus 23 masing-masing sebesar 0.971798046 p.u, 0.9740237 p.u. dan 0.968387441 p.u. Namun, masih berada dalam rentang level kestabilan 0.95 p.u – 1.05 p.u sedangkan bus - bus lain berada diatas 0.98 p.u setelah terjadi gangguan.

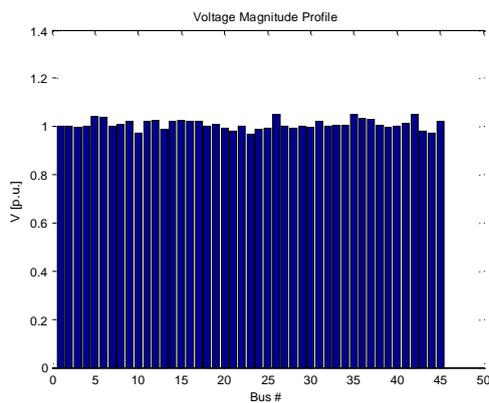
Berdasarkan hasil simulasi gangguan antara bus Pangkep dan bus Tello dengan kondisi tegangan stabil, maka diperlukan lokasi lain untuk simulasi gangguan seperti yang ditampilkan tabel 5.

Tabel 5. Kondisi kestabilan tegangan setelah terjadi gangguan di beberapa lokasi dan setelah masuknya integrasi PLTB

No.	Lokasi Gangguan	Stabil	Tidak Stabil
1	Bus Sungguminasa - Bus Tello	√	-
2	Bus Daya - Bus Tello70	√	-
3	Bus Kima - Bus Pangkep	√	-
4	Bus Parepare - Bus Polmas	√	-
5	Bus Parepare - Bus Suppa	√	-
6	Bus Punagayya - Bus Tallasa	√	-
7	Bus Sidrap - Bus Maros	√	-



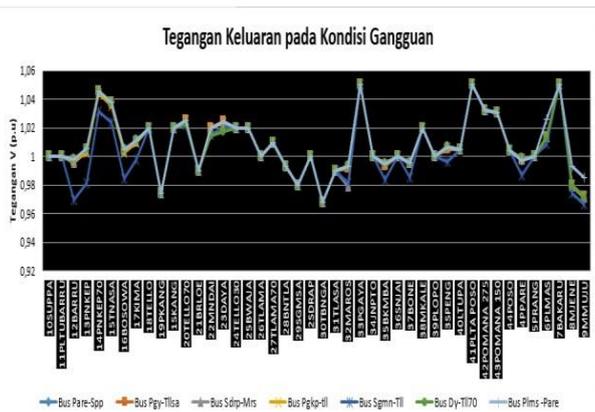
Gambar 6. Letak Gangguan dan Lokasi PLTB pada Sistem Jaringan Transmisi Sulselbar



Gambar 7. Kondisi tegangan diseluruh bus setelah gangguan antara bus Pangkep dan bus Tello setelah masuknya integrasi PLTB

Tabel diatas memperlihatkan hasil simulasi gangguan di beberapa lokasi gangguan yang berbeda dengan kondisi kestabilan tegangan masih dalam keadaan stabil. Adapun bus yang memiliki tegangan rendah yaitu bus 44, bus 23, dan bus 3 sebesar

0.96 p.u di lokasi gangguan Sungguminasa – Tello, bus 23 sebesar 0.96 p.u di lokasi gangguan Daya – Tello70, Polmas – Parepare, Parepare – Soppeng, Punagayya – Tallasa dan Sidrap – Maros. Untuk detail nilai kestabilan tegangan di setiap kondisi gangguan hubung singkat di lokasi berbeda diperlihatkan pada tabel 6 yang menunjukkan bahwa setelah terjadi gangguan hubung singkat kondisi kestabilan tegangan masih berada dalam rentang level stabil yaitu 0.95 p.u – 1.05 p.u.



Gambar 8. Profil tegangan untuk semua kondisi gangguan setelah masuknya integrasi PLTB

V. KESIMPULAN

Dari hasil yang telah diperoleh dapat disimpulkan bahwa dengan masuknya PLTB kedalam sistem interkoneksi Sulselbar dan terjadinya gangguan hubung singkat di titik – titik lokasi yang berbeda, kondisi tegangan masih dalam batas toleransi yang diizinkan +5% dan -10% dari tegangan nominal yaitu rentang level 0.95 p.u – 1.05 p.u sehingga dengan masuknya PLTB tidak menyebabkan sistem menjadi tidak normal melainkan sistem interkoneksi tetap stabil dan lebih kompleks..

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis tujuan kepada PT. PLN (Persero) UPB Wilayah Sulselbar yang telah senantiasanya memberikan bantuan berupa data-data yang penulis perlukan dalam proses penelitian ini dan rekan-rekan Jurusan Teknik Elektro Teknik Listrik atas bantuan dan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

[1] Kementrian ESDM Republik Indonesia, “PLTB Sidrap 70 MW Siap Dibangun,” Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE), 2016.
 [2] Situs Resmi Kabupaten Jeneponto, “Rapat Koordinasi Pembangunan Energi Terbarukan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu),” Jeneponto, 2015.
 [3] M. Klaric, I. Kuzle, and S. Tesnjak, “Example of Under Voltage Load Shedding Implementation,” in IEEE AFRICON Conference, Windhoek, Namibia, 26-28 September, 2007, pp. 1-6.

[4] P. Kundur, “Voltage Stability, Power System Stability and Control”. 959-1019. New York : McGraw-Hill 1994.
 [5] R. Sofianna R, “Analisis dan evaluasi kestabilan tegangan dengan metode Continuation Power Flow (CPF) Pada Sistem Microgrid”. Tugas Akhir – TE 141599. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November 2016.
 [6] Y. Mansour and C.Canizares, “Voltage Stability,” in Power System Stability and Control, L. L. Grigsby, Ed. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2007.
 [7] Y. Daryanto, Kajian Potensi Angin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Yogyakarta: Balai PPTAAG, 2007.
 [8] M. Indonesia and B. f. Indonesia. (28 November 2017). Kondisi angin. Available:<http://www.kincirangin.info/pdf/kondisi-angin.pdf>
 [9] M. F. Rohdian. (2016). Potensi Tenaga Angin di Indonesia untuk Membangkitkan PLTB. Available:<http://gamaoilgas.com/potensi-tenaga-angin-di-indonesia-untuk-membangkitkan-pltb-pembangkit-listrik-tenaga-bayu/>
 [10] Peraturan Menteri ESDM, (2015). No.02, Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Sulawesi.
 [11] W. H. P. Generation, Map of Potential Locations for Wind Power Generation in Indonesia and Pre-Feasibility Studies in 10 Locations, B2TE-BPPT Kawasan Puspipetek Serpong Tangerang Selatan: WHyPGen - BPPT. [Online]. Available: www.whypgen-bppt.com
 [12] PT. PLN UPB Wilayah Sulselbar