

## Analisis Kestabilan Tegangan Akibat Integrasi Pembangkit PLTB 1 MW Pada Sistem Kelistrikan Jaringan Distribusi 20 Kv

<sup>1</sup>Apolonio Nuncio Fernandes de Castro, <sup>2</sup> Abraham Lomi, <sup>3</sup> Awan Uji Krismanto  
Teknik Elektro S1, Institut Teknologi Nasional Malang, Indonesia

<sup>1</sup>zezextronu@gmail.com, <sup>2</sup>abraham@lecturer.itn.ac.id, <sup>3</sup>awan\_uji\_krismanto@lecturer.itn.ac.id

**Abstrak**—Ketersediaan pasokan listrik untuk para konsumen menjadi tujuan utama pada system integrasi agar tidak menyebabkan melemahnya stabilitas performa system. Seperti pada jaringan distribusi Viqueque (Timor-Leste) yang mengalami undervoltage pada 27 bus yang memiliki profil tegangan dibawah 0.95 p.u. untuk mengatasi hal ini, akan diintegrasikan PLTB sebesar 1 MW pada bus 31 Larigutu. Maka pada penelitian ini akan membahas tentang pengaruh PLTB tersebut terhadap system jaringan distribusi Viqueque (Timor-Leste) dalam Segi kestabilan Tegangan. Jika pengaruh PLTB tidak mampu memperbaiki stabilitas tegangan, maka solusi yang akan di lakukan yaitu penambahan kapasitor pada bus yang mengalami undervoltage tersebut.

**Kata Kunci:** Kestabilan Tegangan, Profil Tegangan, Energi Baru Dan Terbaruhkan, Respon Kestabilan Tegangan

### I. PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan serta teknologi yang semakin pesat menyebabkan permintaan terhadap daya listrik pada kehidupan masa kini terus bertambah. Penggunaan energi konvensional misalkan minyak fosil pada pembangkit listrik menjadi solusi awal untuk mengatasi permintaan terhadap daya listrik yang terus bertambah. Akan tetapi tanpa disadari konvensional tersebut semakin menipis sehingga perlu alternatif lain untuk mengganti energi konvensional tersebut. Alternatif lain tersebut adalah energy terbarukan yang salah satunya adalah energy angin. Dengan faktor penempatannya yang di haruskan berada pada daerah yang memiliki sumber daya angin yang cukup besar, Namun Diharapkan pemasangan EBT berbasis PLTB ini dapat memenuhi pasokan listrik yang dibutuhkan.

Stabilitas tegangan mencerminkan kemampuan sistem untuk menjaga nilai tegangannya pada posisi steady (steady state) pada semua bus dalam kondisi normal ataupun setelah terjadi gangguan. Suatu sistem dikatakan masuk ke dalam kondisi ketidakstabilan tegangan apabila terjadi gangguan, adanya penambahan nilai beban, ataupun perubahan dalam kondisi sistem yang menyebabkan adanya nilai tegangan yang turun secara terus menerus dan tidak terkontrol [1].

Untuk dapat menganalisa pengaruh pemasangan PLTB pada jaringan distribusi maka pada penelitian ini akan membahas bagaimana dampak daripada Pemasangan PLTB ini terhadap kestabilan tegangan dan indeks rugi-rugi daya pada sistem distribusi.

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana Kondisi kestabilan tegangan sebelum dan sesudah mengintegrasikan pembangkit PLTB ke jaringan Distribusi 20 KV
2. Bagaimana pengaruh penempatan pembangkit PLTB 1 MW terhadap kestabilan tegangan di jaringan distribusi 20 KV

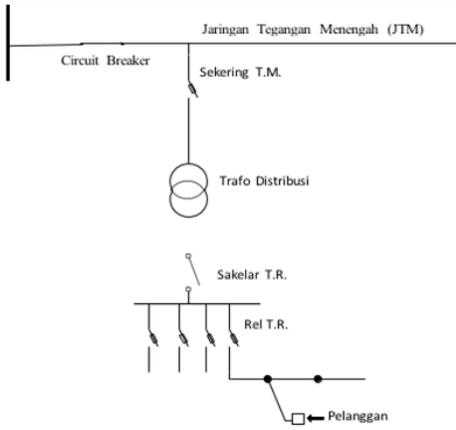
Tujuan penelitian yang ingin dicapai disini adalah

1. Menganalisis Dampak kondisi tegangan sebelum dan sesudah mengintegrasikan pembangkit PLTB 1 MW pada Jaringan Distribusi 20 KV.
2. Menganalisis kestabilan tegangan akibat penempatan pembangkit wind 1 MW

### II. KAJIAN PUSTAKA

#### A. Sistem Jaringan Distribusi

Sistem jaringan distribusi adalah bagian dari sistem jaringan tegangan menengah yang paling dekat dengan konsumen. Sistem jaringan tegangan menengah yang sering terjadi gangguan maka diperlukan sebuah operasi system tenaga listrik untuk mengatasi gangguan.

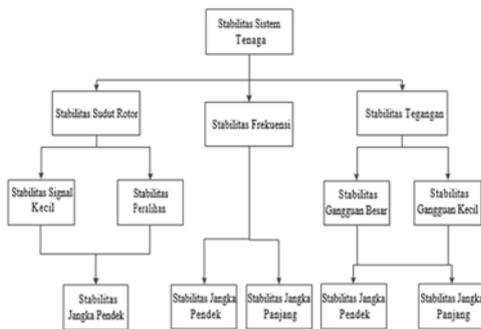


Gambar 1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

### B. Kestabilan Sistem Tenaga Listrik

Kestabilan sistem tenaga listrik merupakan sebuah kemampuan sistem untuk mempertahankan nilai tegangan pada semua bus dalam kondisi normal ataupun setelah mengalami suatu gangguan.

### C. Klarifikasi Kestabilan Sistem Tenaga Listrik.



Gambar 2. Klasifikasi Stabilitas Sistem Tenaga

### D. Capacitor Bank

Capacitor bank merupakan Peralatan listrik yang dihubungkan secara parallel atau seri satu sama lain untuk meningkatkan factor daya pada beban setelah pemasangan capacitor pada tempatnya.



Gambar 3. Capacitor bank

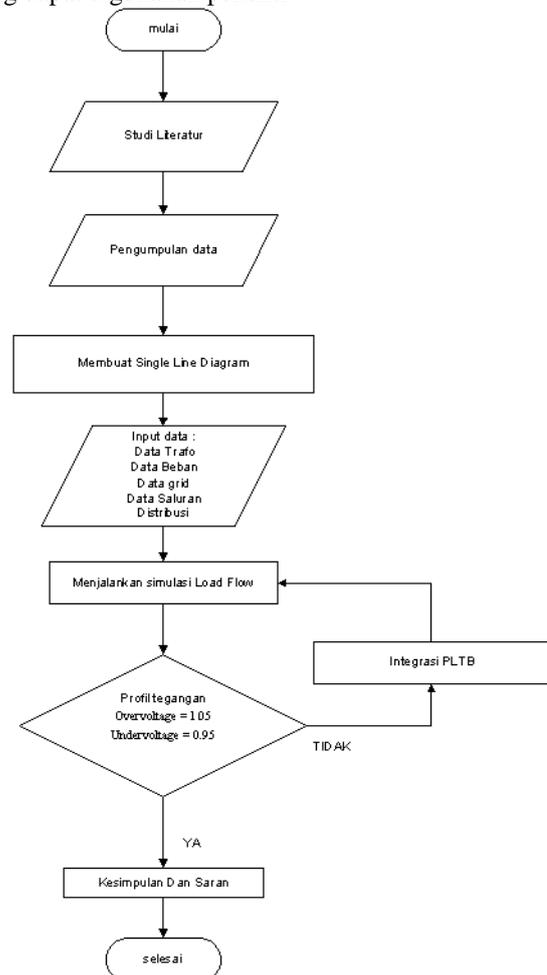
## III. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Metode Penelitian

Menentukan lokasi yang berpotensi untuk penempatan PLTB dan menganalisa kestabilan tegangan di software Electric Transient and Analysis Program (ETAP)12.6.0, baik sebelum penambahan turbin angin dan setelah dilakukan penambahan Turbin Angin pada sistem distribusi radial pada Gardu induk Kabupaten Viqueque Timor – Leste.

### B. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah teknik atau cara-cara yang dapat digunakan peneliti



Gambar 4. Flowchat Penelitian

### C. Peta Angin dan Timur Leste

Perusahaan Martifer-Gesto juga melakukan studi mesoscale kecepatan angin tahunan rata-rata di seluruh wilayah Timor-Leste menggunakan model yang mensimulasikan untuk Mengidentifikasi daerah Mana yang memiliki potensi angin yang terbaik.

#### D. Lokasi

Penelitian ini mencoba untuk menentukan daerah-daerah yang memiliki potensi sumber energi angin di wilayah Timor-lest (Bobonaro, Laleia, Baucau, Larigutu) dan dengan menggunakan data arah dan kecepatan angin harian periode 2008-2009. Dari keempat lokasi tersebut Larigutu merupakan lokasi yang paling berpotensi untuk pengguna pembangkit angin.

Tabel 1. Daerah-daerah yang memiliki potensi sumber energi angin

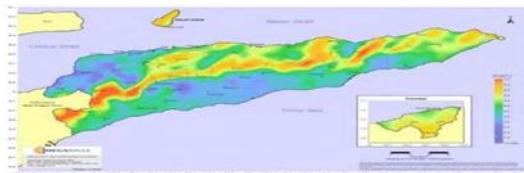
Lokasi daerah kabupaten	Tinggi (M)	Kecepatan angin rata-rata (m/s)	Distribusi do Weibull A (m/s)	k
Bobonaro (MJ123)	61	5,4	7,6	2,47
	31	4,6	7,3	2,60
Laleia (MJ124)	61	4,1	4,7	2,36
	31	3,9	4,4	2,26
Baucau (MJ125)	61	5,1	5,9	2,72
	31	4,4	5,0	2,61
Larigutu (MJ126)	61	5,9	6,9	2,37
	31	5,6	6,6	2,33



Gambar 5. Daerah Potensi Angin Di Baucau (Janeiro)



Gambar 6. Daerah Potensi Angin Di Bobonaro (Dezembro 2014)

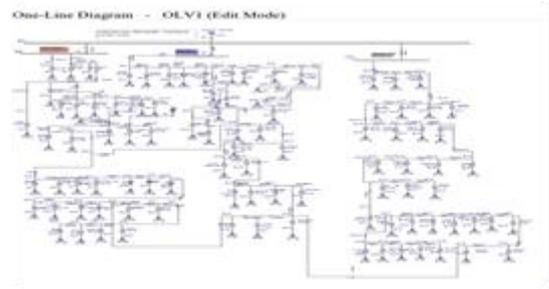


Gambar 7. Peta angin rata-rata di Timor-Leste periode 2008-2009 [SEPE-Martifer, 2010]

#### IV. SIMULASI DAN ANALISA

##### A. Pemodelan jaringan distribusi 20 KV kabupaten Viqueque

Pada tahap ini penelitian melakukan pemodelan pada system jaringan distribusi 20 KV Kabupaten Viqueque berdasarkan data penyulang daerah studi yang telah didapat pada saat pengumpulan data dan dapat dilihat pada bab sebelumnya. Teknis melakukan pemodelan yaitu dengan mengambar secara langsung single line diagram daerah studi menggunakan software system tenaga ETAP 12.6. hasil pemodelan tersebut dapat dilihat pada gambar 8 di bawah.



Gambar 8. Single Line Diagram Jaringan Distribusi Viqueque

##### Hasil Simulasi Load Flow Sebelum Diintegrasikan PLTB 1 MW

Pada single Line di atas setelah diload flow dapat diketahui bahwa profil tegangan terdapat undervoltage ( $\geq 0.95$  p.u). Hal ini dapat dilihat dari table 2.

Tabel 2. Profil Tegangan Sebelum Mengintegrasikan PLTB 1 MW

No Bus	Tegangan (p.u)
Bus7	0.94907
Bus10	0.92768
Bus20	0.89264
Bus22	0.91423
Bus29	0.9124
Bus38	0.91324
Bus74	0.9478
Bus86	0.87011
Bus89	0.93402
Bus99	0.93456
Bus101	0.91204
Bus105	0.94112
Bus111	0.91438
Bus115	0.9011
Bus123	0.92336
Bus125	0.94907
Bus127	0.91329

Bus136	0.91446
Bus140	0.87527
Bus158	0.94206
Bus163	0.94314
Bus167	0.94517
Bus171	0.94659
Bus173	0.94131
Bus175	0.87923
Bus181	0.9415
Bus192	0.90462

### Hasil Simulasi Load Flow Sesudah Diintegrasikan PLTB 1 MW

Pada single Line di atas setelah diload flow dapat diketahui bahwa profil tegangan terdapat undervoltage ( $\geq 0.95$  p.u). Hal ini dapat dilihat dari table 4.2

Tabel 3. Profil Tegangan Sesudah Mengintegrasikan PLTB 1 MW

No Bus	Tegangan (p.u)
Bus7	0.94924
Bus10	0.92806
Bus20	0.89323
Bus22	0.91494
Bus29	0.91333
Bus38	0.91416
Bus74	0.9486
Bus86	0.87049
Bus89	0.93455
Bus99	0.93526
Bus101	0.91238
Bus105	0.94189
Bus111	0.91518
Bus115	0.90188
Bus123	0.92413
Bus125	0.94986
Bus127	0.91405
Bus136	0.9145
Bus140	0.87536
Bus158	0.94241
Bus163	0.94356
Bus167	0.94561
Bus171	0.94706
Bus173	0.94181
Bus175	0.87972
Bus181	0.94212
Bus192	0.9051

The screenshot shows a table with columns for Bus, Voltage, Generation, Load, and Power Flow. The voltage values for various buses are significantly lower than the target, indicating undervoltage conditions.

This is another view of the load flow report, showing a similar set of data for different buses in the system, with many values below the 0.95 p.u threshold.

Gambar 9. Hasil Report Load Flow Sebelum Integrasi

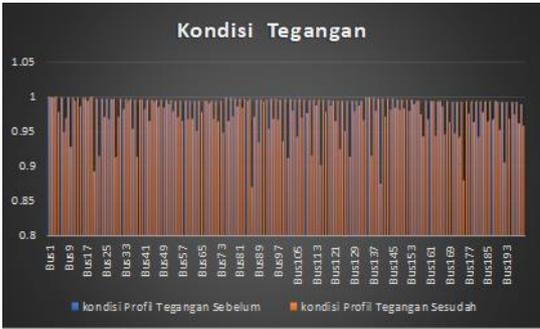
Dalam hal ini akan diintegrasikan PLTB sebesar 1 MW pada bus Larigutu. Dengan Harapan dapat memperbaiki tegangan yang terjadi undervoltage pada system jaringan.

Project: 000000 ETAP Page: 1  
 Location: Tegayun (2018.12.10) Date: 01/06/2023  
 Case: 01-PLTB-01-01  
 Region: Aplikasi P.F. Di Case  
 Plik: 000000

Unit: kV  
 Bus: Bus  
 Load: MW  
 Branch: MW

Load Flow Results

Bus	Voltage	Current	Load	Load Flow	WFLB
Bus1	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus2	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus3	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus4	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus5	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus6	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus7	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus8	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus9	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus10	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus11	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus12	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus13	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus14	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus15	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus16	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus17	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus18	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus19	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus20	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus21	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus22	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus23	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus24	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus25	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus26	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus27	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus28	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus29	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus30	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus31	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus32	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus33	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus34	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus35	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus36	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus37	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus38	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus39	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus40	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus41	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus42	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus43	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus44	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus45	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus46	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus47	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus48	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus49	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Bus50	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0



Gambar 11 Grafik Hasil Perbandingan Sebelum dan Sesudah Mengintegrasikan PLTB 1 MW

Dalam hal ini diperlukan penambahan kapasitor untuk memperbaiki tegangan undervoltage yang terjadi. Dan penambahan kapasitor ini metode yang digunakan adalah simulasi (OCP) di ETAP 12.6. Simulasi OCP ini dapat mengoptimalkan Lokasi kapasitor dan kapasitas tegangan bus yang optimal agar dapat beroperasi sesuai standart IEEE yaitu ( $\geq 0.95$  p.u).

**Pemasangan Kapasitor bank Menggunakan Simulasi OCP Di ETAP 12.6**

Simulasi (OCP) Optimal Capacitor Placement ini dapat menentukan lokasi serta kapasitas Capacitor yang optimal dengan Teknik genetika algoritma. Untuk mencapai Solusi yang optimal bisa melalui generasi berulang. Pemilihan bus kandidat sebagai lokasi pemasangan kapasitor dapat dilakukan sebelum menggunakan OCP.

Tabel 4. Menentukan Bus Kandidat yang akan dipilih untuk Pemasangan kapasitor

Bus Kandidat	
Bus	kV
7	0.38
10	0.38
20	0.38
22	0.38
29	0.38
38	0.38
86	0.38
89	0.38
99	0.38
101	0.38
105	0.38
111	0.38
115	0.38
127	0.38
136	0.38
140	0.38

Gambar 10. Hasil Report Load Flow Sesudah Integrasi

Setelah penambahan PLTB pada jaringan distribusi masih tidak dapat mengestabilis tegangan undervoltage yang terjadi.

**Perbandingan Profil Tegangan Sebelum Dan Sesudah Mengintegrasikan PLTB 1 MW**

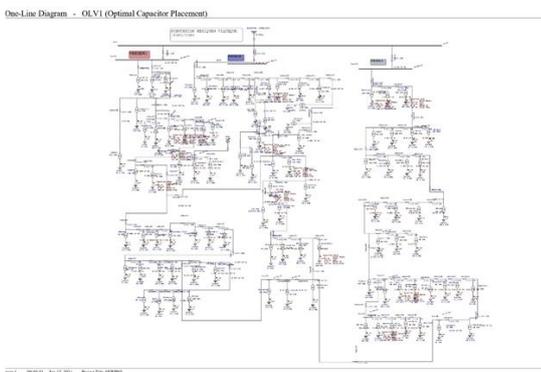
Pada Grafik 11 menunjukkan perbandingan hasil simulasi sebelum dan sesudah mengintegrasikan PLTB 1 MW pada jaringan distribusi 20 kV Viqueque. Pada hasil simulasi ini, profil tegangan di kondisi sebelumnya terdapat undervoltage ( $\geq 0.95$  p.u) di beberapa bus tertentu yakni 27 Bus. Dan setelah diintegrasikan PLTB, profil tegangan mengalami kenaikan Pada semua bus. Namun pada beberapa bus justru mengalami undervoltage setelah diintegrasikan PLTB, terdapat 27 yang bus yang sama sebelum nya terdapat undervoltage tersebut.

158	0.38
163	0.38
167	0.38
171	0.38
173	0.38
175	0.38
181	0.38
192	0.38

Dalam pemilihan bus kandidat sebagai lokasi pemasangan kapasitor seperti pada table 4. nilai bus yang mengalami undervoltage atau overvoltage pada simulasi optimal capacitor placement perlu ditentukan sendiri namun mengacu pada Faktor daya dalam pemilihan bus kandidat hanya dilakukan untuk memperbaiki bus yang mengalami undervoltage

**Pemilihan Tempat Serta Kapasitas Capacitor.**

Optimal Capacitor Placement dapat menghitung kapasitas kapasitor minimal yang diperlukan untuk memperbaiki profil tegangan system. Yang nantinya ditampilkan pada gambar single line.



Gambar 12. Lokasi serta Kapasitas Kapasitor

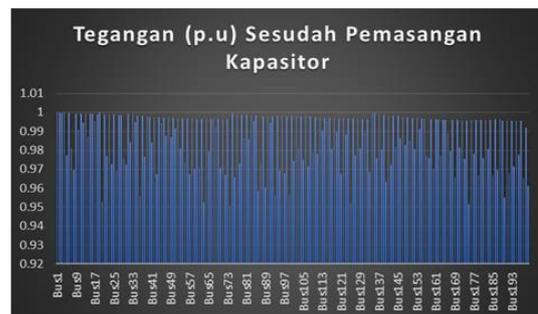
Tabel 5. Hasil Simulasi OCP setelah Menentukan Lokasi Dan Kapasitas Capacitor

ID Bus	Bank (kVar)	Rating Tegangan (kV)	Jumlah Bank	Total Bank
Bus 7	100	0.38	1	100
Bus 10	100	0.38	1	100
Bus 20	50	0.38	1	100
Bus 22	100	0.38	1	100
Bus 29	50	0.38	1	100

Bus 38	100	0.38	1	100
Bus 86	100	0.38	3	300
Bus 89	100	0.38	2	200
Bus 99	100	0.38	1	100
Bus 101	100	0.38	2	200
Bus 105	50	0.38	1	100
Bus 111	100	0.38	2	200
Bus 115	100	0.38	3	300
Bus 127	100	0.38	1	100
Bus 136	100	0.38	2	200
Bus 140	100	0.38	3	300
Bus 158	100	0.38	1	100
Bus 163	50	0.38	1	100
Bus 167	100	0.38	1	100
Bus 171	100	0.38	1	100
Bus 173	50	0.38	1	100
Bus 175	60	0.38	2	200
Bus 181	50	0.38	1	100
Bus 192	50	0.38	1	100

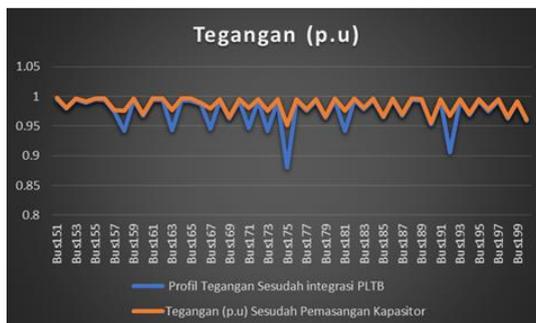
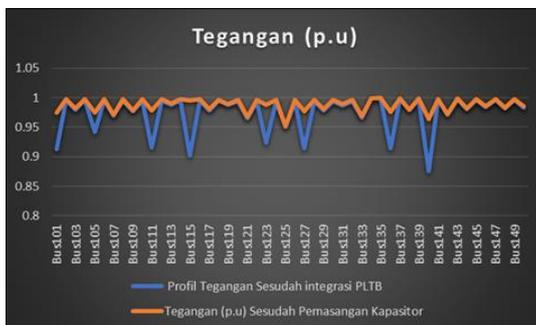
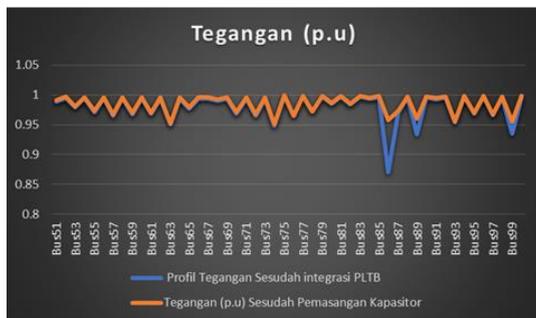
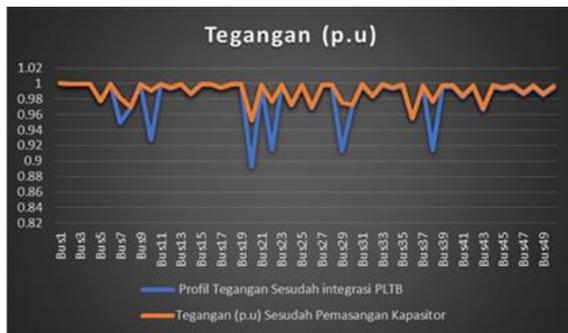
**Hasil Simulasi Aliran Daya Setelah Pemasangan Kapasitas Capacitor**

Hasil simulasi Aliran Daya sesudah pemasangan kapasitor dapat dilihat bahwa profil tegangan pada busbar yang mengalami undervoltage dapat kembali dengan keadaan normal karena adanya kompensansi daya dari kapasitor bank



Gambar 13. Grafik Profil Tegangan Sesudah Pemasangan Kapasitor

**Perbandingan kondisi Sesudah Mengintegrasikan PLTB dan Penambahan Capacitor**



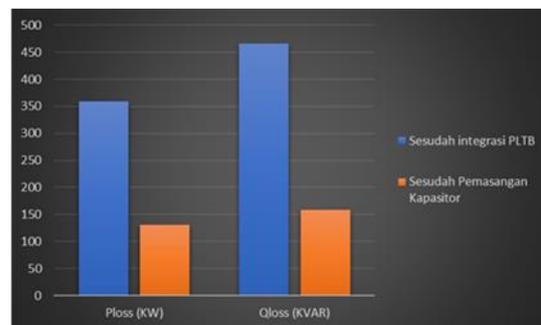
Gambar 14. Grafik Perbandingan Profil Tegangan Kondisi Sesudah Integrasi PLTB dan Penambahan Kapasitor

Perbandingan profil tegangan sesudah mengintegrasikan PLTB dan Penambahan Capacitor terlihat digambar grafik (4.5) menunjukkan bahwa rating tegangan khususnya pada busbar yang mengalami undervoltage kembali menjadi normal yaitu dalam standar IEEE ( $\geq 0.95$  p.u). peningkatan terjadi pula pada beberapa bus yang tidak mengalami undervoltage namun peningkatan ini berdampak lebih baik pada nilai tegangan bus tersebut.

### Perbandingan Total Rugi-Rugi Daya Aktif dan Daya Reaktif kondisi sesudah integrase PLTB dan Sesudah Pemasangan Capacitor.

Tabel 6. Perbandingan total Ploss dan Qloss kondisi sesudah integrase PLTB dan Sesudah Pemasangan Kapasitor.

Kondisi	P <sub>loss</sub> (KW)	Q <sub>loss</sub> (KVAR)
Sesudah integrasi PLTB	359	465.6
Sesudah Pemasangan Kapasitor	130.5	158.2



Gambar 15. Grafik Loss KW dan KVAR Kondisi sesudah Integrasi PLTB dan Pemasangan Kapasitor

## V. KESIMPULAN

Dalam penelitian “Analisa Kestabilan Tegangan Akibat Integrasi Wind 1 MW Pada Jaringan Distribusi 20 KV Kabupaten Viqueque (Timor - Leste) “Dalam Hal ini dapat disimpulkan Bahwa:

1. Hasil Simulasi Load flow yang dilakukan telah diketahui bawah pada 27 bus yang mengalami undervoltage yakni dibawah ( $\geq 0.95$  p.u). dan sesuai dengan penelitian ini, maka akan diintegrasikan PLTB pada bus 31 Larigutu sebesar 1 MW. Dengan harapan dapat memperbaiki kondisi undervoltage yang terjadi pada 27 bus. Namun Penambahan PLTB sebesar 1 MW ini Masih tidak Dapat memstabilkan Tegangan undervoltage yang terjadi pada 27 bus tersebut, maka akan dilakukan penambahan kapasitor terhadap bus yang mengalami undervoltage tersebut.

2. Cara yang dipakai ini menggunakan simulasi Optimal Capacitor Placement dapat menentukan tempat serta kapasitas kapasitor di system Kelistrikan Timor-Leste besar masing-masing bus yang mengalami undervoltage sehingga kestabilan tegangan system meningkat sesuai batas yang diijinkan dan Faktor daya yang tereduksi.

3. Nilai Ploss Dan Qloss setelah pemasangan kapasitor terlihat menurun dibandingkan sebelum pemasangan kapasitor yaitu Ploss : 359 KW, Qloss : 465.6 Kvar. Setelah pemasangan Kapasitor Nilai Ploss dan Qloss menurun menjadi Ploss : 130.5 KW Qloss : 158.2 Kvar.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saadat, Hadi, 1999, Power System Analysis. New York: McGraw Hill Companies,In.
- [2] Lomi, Abraham. –Materi Kuliah Analisa Sistem Tenaga Elektrik – Power Flow Analysis.
- [3] Khaikal Mudatsir Rosidin Jurnal (2017) analisa-stabilitas-dinamik-akibat-injeksi-PLTU-LED - kelistrikan-Lombok.
- [4] ETAP Power Station. —Example IEEE 9 Bus.
- [5] Electricidade de Timor-Leste (EDTL). 2019. Data Sistem Kelistrikan Timor-Leste
- [6] D. A. Mulyawati, A. U. Krismanto, And A. Lomi, “Analisis Pengaruh Integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Terhadap Kestabilan Frekuensi Pada Saluran Transmisi 150 kV suselbar, “Seminar Hasil Elektro S1 ITN Malang, No.2019/2020, pp.1-10,2019/2020.
- [7] Dri Adrianus 2013. Minimalkan Rugi-Rugi Paa Sistem Distribusi Tenaga Menengah Dengan Pemasangan Kapasitor. Pontianak : Universitas Tanjungpura
- [8] Albaroka G, Widodo G, 2007. Analisis Rugi Daya pada jaringan Distribusi Penyulang Barata jaya Area Surabaya Selatan.
- [9] Darusman Marzuki. Analisa Kelayakan Pemasangan Kapasitor Bank pada gardu Distribusi Untuk Kemampuan Layanan Di PT. EPI ( Energi Pelabuhan Indonesia) Cabang Pontianak, Universitas Tanjungpura.