

# ANALISA PENGARUH OPERASI *On-Grid* PEMBANGKIT TERDISTRIBUSI TERHADAP PROFIL TEGANGAN DAN RUGI – RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI

<sup>1</sup>Brianca Aldy Candra, <sup>2</sup>Awan Uji Krismanto ST.MT. PhD,<sup>3</sup>Ir. Ni Putu Agustini, MT  
Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia  
Briancaaldycandra@gmail.com

**Abstrac**—Panjangnya saluran distribusi merupakan salah satu masalah penyebab turunnya profil tegangan dan menimbulkan rugi – rugi daya yang di sebabkan oleh panjangnya konduktor penghantar. Oleh karena itu semakin panjang saluran distribusi maka semakin besar pula rugi – rugi yang di timbulkan. Sehingga di perlukan banyak metode untuk menyelesaikan masalah tersebut, salah satunya adalah dengan menambah pembangkit berbasis energi baru terbarukan. Skripsi ini akan membahas tentang pemasangan pembangkit energi baru terbarukan (EBT) terhadap profil tegangan dan rugi – rugi daya pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV. Study kasus yang di ambil berada di lokasi kabupaten pasuruan tepatnya pada saluran distribusi penyulang ngemal. Dengan membandingkan kondisi normal jaringan dan kondisi dimana telah ditambahkan sistem oprasi *ongrid photovoltaic*. Dalam penelitian ini akan digunakan *software DigSILENT PowerFactory* untuk mensimulasikan aliran daya sistem distribusi dengan adanya oprasi *OnGrid* pembangkit berbasis EBT. Maka selanjutnya akan di lihat pengaruh masuknya EBT tersebut terhadap profil tegangan dan rugi – rugi daya yang akan di teliti dengan kurva PV dan PQ. Dari hasil simulasi penambahan pv berkapasitas 15 kW kalipucang terdapat perubahan kenaikan profil tegangan pada sebagian kecil bus yang letaknya jauh dari sumber. Namun tidak berpengaruh besar pada rugi-rugi daya yang terjadi. Pada sekema ke dua kapasitas pv dinaikan 150 kW dan dapat mengangkat prifil tegangan hampir semua bus dan mengurangi tingkat rugi-rugi daya sebesar 10 kW. Begitu pula dengan skema ke tiga kapasitas pv dinaikan sebesar 250 kW dan dapat mengangkat profil tegangan pada hampir semua bus dan mengurangi rugi-rugi daya sebesar 20 kW.

**Kata Kunci**— pembangkit terdistribusi, profil tegangan, rugi-rugi daya, pembangkit energy baru terbarukan.

## I. PENDAHULUAN

Dewasa ini pembangkit berbasis energi baru terbarukan (EBT) sangat memberikan kontribusi yang cukup besar bagi sistem pembangkitan listrik. Meski kondisi pembangkit energi baru terbarukan ini belum bisa menggeser pembangkit listrik

konvensional, namun dengan adanya alternatif ini dapat mengurangi jumlah pembangkitan berbahan bakar fosil. Dengan prospek yang sangat tinggi ini tidak menutup kemungkinan EBT akan bisa menggeser pembangkit – pembangkit skala besar yang masih menggunakan bahan bakar fosil.

Pemasangan EBT skala kecil dapat memberikan pengaruh pada sistem kelistrikan terutama di sisi jaringan distribusi. Salah satunya adalah dapat meningkatkan profil tegangan dan mengurangi besarnya rugi – rugi daya. Selain itu dampak dari pemasangan *distributed generations* juga dapat ngantisipasi ketidak seimbangan beban penyulang, mengurangi fluktuasi aliran daya reaktif, menaikkan faktor daya, dan meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik[1].

Distribusi daya listrik pada saluran yang cukup panjang hingga puluhan kilometer dari pusat pembangkit listrik ke pusat beban akan berdampak pada penurunan tegangan operasi dan besarnya rugi-rugi daya. Tegangan operasi akan berada diluar standar yang telah ditetapkan yaitu +5% atau -5% dari tegangan nominalnya [2]. Tingginya rugi-rugi daya dan turunnya profil tegangan di pengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah jenis dan panjang saluran distribusi, tipe beban, besarnya daya yang terpasang dan faktor daya.

Sistem pembangkit energy baru terbarukan berbasis PLTS adalah salah satu alternative energy ramah lingkungan, berkelanjutan dan mudah di implementasikan. Selain itu sistem ini juga memiliki banyak keunggulan diantaranya lokasi yang fleksibel, dekat dengan pusat beban, dan memiliki berbagai macam kapasitas (dari kW-MW)[3]. Dengan semakin majunya teknologi tidak menutup kemungkinan banyak lokasi-lokasi perumahan masyarakat yang menggunakan PV sebagai energy pendamping. Oleh karena itu di perlukan sebuah penelitian tentang dampak masuknya oprasi *on grid* pembangkit terdistribusi berbasis PV ini pada jaringan distribusi.

Profil tegangan sendiri adalah berkaitan dengan besar kecilnya jatuh tegangan yang terjadi. Jatuh tegangan pada sistem distribusi berhantung

pada panjangnya saluran dan beban beban yang terhubung. Oleh karena itu tegan yang stabil merupakan salah satu tujuan utama dalam menyediakan kualitas energi listrik yang handal.

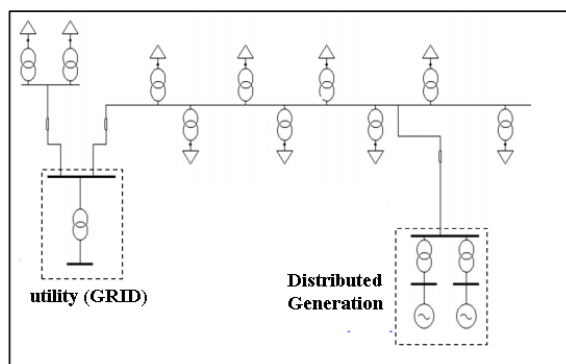
Pada skripsi ini akan membahas bagaimana pengaruh oprasi *OnGrid* pembangkit terdistribusi berbasis energi baru terbarukan (EBT), terhadap profil tegangan dan rugi – rugi daya pada saluran distribusi. Studi kasus pada penelitian ini adalah sistem distribusi di Kabupaten Pasuruan.

Kabupaten Pasuruan adalah salah satu wilayah di profinsi Jawa timur yang memiliki jumlah penduduk yang cukup banyak. Banyaknya konsumen ini mengharuskan penyedia jasa harus mengirim pasokan listriknya ke berbagai daerah di wilayah Pasuruan dengan kualitas listrik yang baik. Dengan penelitian di atas diharapkan dapat membantu penyedia jasa listrik memberikan pelayanan energi yang handal dan memberikan kualitas energi listrik yang bagus

## II. STUDI PUSTAKA

### 2.1 Distributed Generation

Distributed Generation (DG) atau sering di sebut dengan pembangkit yang terdistribusi adalah sebuah pembangkit listrik berskala kecil yang tersebar di berbagai tempat. Pemasangan DG ini sendiri dapat meningkatkan sistem jaringan konvensional diantaranya mampu mereduksi hilangnya daya pada saluran[4]. Keberadaan pembangkit ini sangat bermanfaat pada sisi jaringan distribusi karena sistem ini dapat mengurangi rugi – rugi daya dan dapat menaikkan profil tegangan.



Gambar 2.1 Interkoneksi DG pada jaringan distribusi

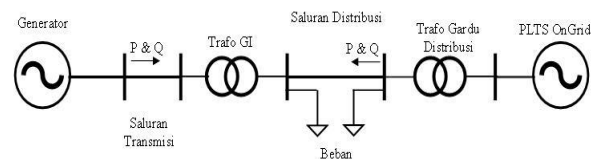
DG sendiri memiliki fungsi utama yaitu sebagai unit yang di gunakan untuk mengantisipasi apabila terjadi pemutusan dari suplai daya grid dan sebagai fungsi unit yang di gunakan pada waktu tertentu terutama saat kondisi beban puncak[5]. Pembangkit

ini memiliki karakter berskala kecil, terdistribusi dan terletak dekat dengan pusat beban. Beberapa pembangkit yang terdistribusi memiliki kelebihan di antaranya pembangkitan bersifat ramah lingkungan sehinggah dapat meminimalisir penggunaan bahan bakar fosil.

### 2.2 Sistem Oprasi PLTS *On-Grid*

Photovoltaic On Grid adalah suatu pembangkit listrik tenaga surya yang langsung terhubung pada saluran distribusi. PLTS yang terhubung dengan jaringan tenaga listrik terbagi menjadi beberapa macam skala kapasitas yang berbeda. Skala kecil dari 5kW – 100 kW, skala menengah 100 kW-500kW, skala besar yaitu 500kW-10MW [6]. Daya keluaran DC pada panel surya di konversikan menjadi daya AC dengan inverter. Lalu di salurkan menuju ke transformator tegangan yang terhubung menuju ke sistem distribusi. Persyaratan utama untuk terhubung ke *grid* sangat di tentukan oleh kualitas arus ( $I_{pv}$ ) dan tegangan ( $V_{pv}$ ) sistem *photovoltaic* dengan arus ( $I_{ac}$ ) dan tegangan ( $V_{dc}$ ) pada jaringan[6].

Sistem PLTS memiliki perbedaan dengan pembangkit DG yang lainnya, baik dari segi utilitas maupun karakteristiknya. Perbedaan yang mendasar adalah tidak adanya proses mekanik dalam pengkonversian energi matahari menjadi energi listrik. Karena tidak adanya proses mekanik tersebut maka perawatan dan penanganannyapun juga berbeda. Kondisi penangan yang paling utama adalah saat kondisi dinamik yaitu ketika intensitas radiasi dan suhu yang bersifat fluktuatif terhadap waktu[7]. Gambar 1 menunjukkan model sistem aliran daya pada PLTS *on grid*.



Gambar 2.2 Aliran Daya *Photovoltaic On Grid*

Pada gambar di atas di jelaskan bahwa generator sinkron terhubung dengan interkoneksi saluran transmisi atau distribusi. Sedangkan *photovoltaic* langsung terhubung dengan gardu distribusi tanpa melalui gardu induk[7].

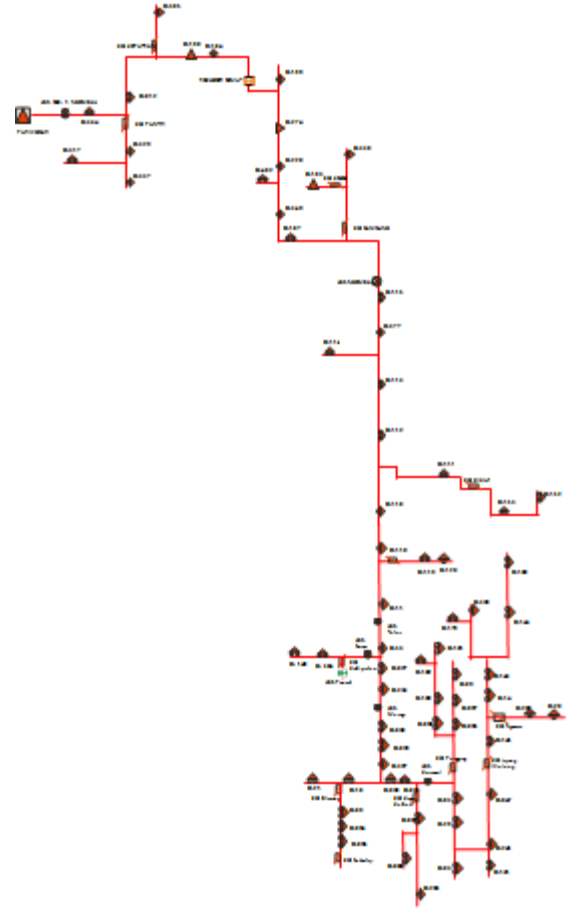
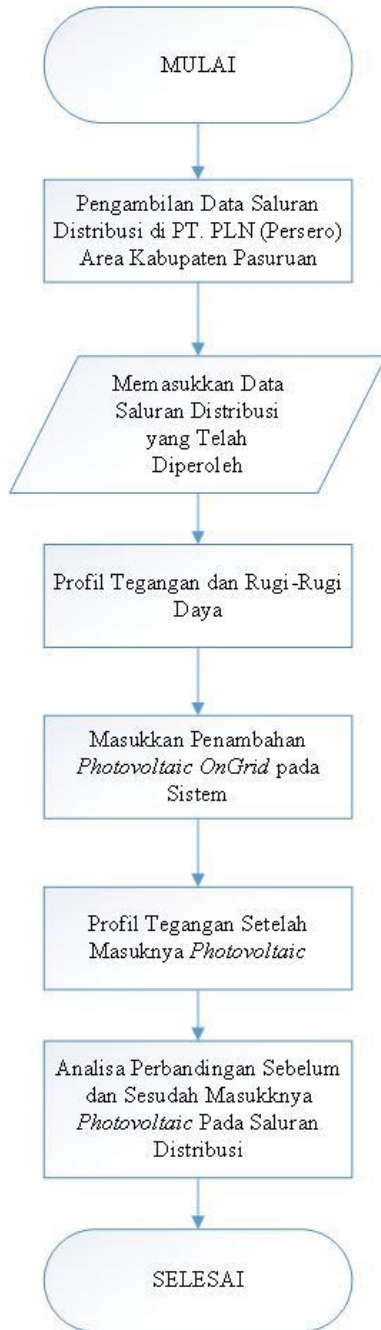
## III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menganalisa profil tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem jaringan distribusi sebelum di pasang *photovoltaic*. Dan menganalisa dampak sesudah pemasangan *photovoltaic OnGrid* yang

ditimbulkan terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya. Sehingga masuknya *photovoltaic* ini dapat mengoptimalkan pengiriman energi listrik pada sistem distribusi sampai ke beban (konsumen).

Penelitian ini dilakukan di PT.PLN (persero) pada jaringan distribusi yang berlokasi di Kabupaten Pasuruan untuk mengoptimalkan pengiriman daya listrik.

### 3.1 Flow Chart



Gambar 3.1 Single Line Diagram Penyulang Ngembal

## IV. ANALISA HASIL

### 4.1 Profil Tegangan

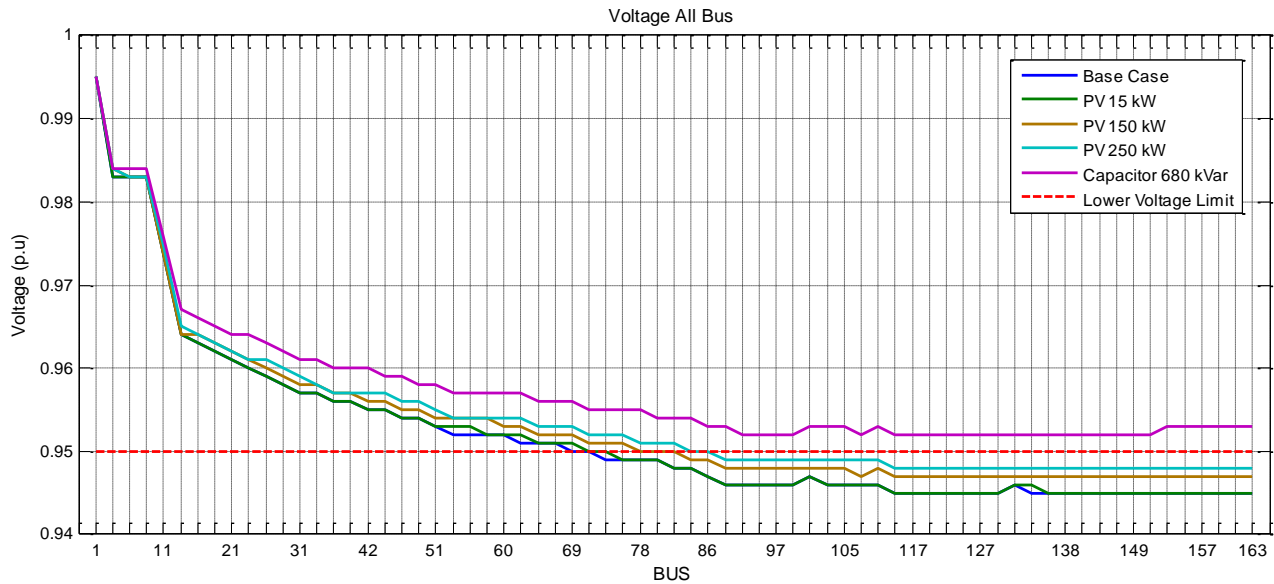
Menganalisa profil tegangan dengan menggunakan simulasi pemodelan single line diagram yang dimodelkan pada *software DigSilent Powerfactory*. Langkah awal adalah dengan menjalankan simulasi *load flow* untuk dapat mengetahui kondisi sistem telah dapat beroperasi dengan normal, sehingga dapat dilakukan penelitian lanjut.

Dari hasil *load flow* yang telah di peroleh maka didapat beberapa parameter salah satunya adalah kondisi profil tegangan dan *power losses* yang terjadi. Terdapat penurunan tegangan di beberapa tempat yang lokasinya jauh dari *grid*(sumber). Hal ini dikarenakan panjangnya saluran yang menyebabkan nilai rugi-rugi yang tinggi.

Untuk dapat meminimalisir hal tersebut maka salah satu caranya adalah dengan mengoperasikan pembangkit energi surya yang terinterkoneksi dengan jaringan distribusi. Kapasitas PVDG yang terdapat di lapangan adalah 15 kW dan dengan memberi kapasitor bank. Namun untuk dapat melihat dampak skala besar yang di timbulkan oleh oprasi on grid ini maka di lakukan 3 sekenario injeksi pv dengan kapasitas yang berbeda. Yaitu pv dengan kapasitas 15 kW, 150 kW, dan 250 kW, sedangkan kapasitas kapasitor terpasang adalah 680 kVar. Maka di dapat hasil sebagai berikut :

sekenario dan beroprasinya kapasitor bank maka tingkat *losses* mengurang. Sebagaimana di tampilan pada grafik di bawah ini.

Setelah PV masuk dengan kapasitas 15 kW tidak ada penurunan *losses* karena kapasitas pv tidak cukup besar. Namun berbeda dengan sekenario ke 2 dan 3. Yaitu ketika kapasitas pv di tambah menjadi 150 kW maka *losses* berkurang menjadi 0.2 MW dan daya reaktif sebesar 0.46 MVar. Begitu juga dengan pv berkapasitas 250 kW di dapat penurunan *losses* sebesar 0.19 MW dan daya reaktif sebesar 0.45 MVar. Ketika kapasitor bank beroprasi maka *losses*



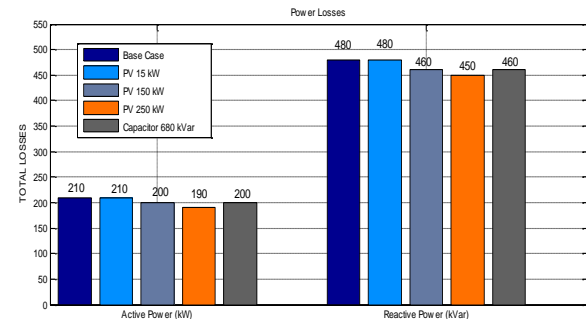
Gambar 4.1 Grafik Perbedaan Tegangan Bus

Pada gambar grafik diatas dapat di ketahui terdapat beberapa bus yang mengalami kritikal dengan kondisi *under voltage* nilai tegangan di bawah batas yang di izinkan (<0.95). Pada kondisi normal tanpa adanya suplay PV bus yang mengalami kritis terjadi di bus 71 ke atas. Setelah masuknya PV dengan beberapa nilai kapasitas yang berbeda dan masuknya kapasitor bank dapat menaikkan profil tegangan di beberapa bus tertentu. Semakin besar kapasitas PV yang di *injectkan* maka semakin sedikit pula bus yang mengalami kondis *under voltage*.

juga mengalami penurunan daya aktif menjadi 0.2 MW dan daya reaktif sebesar 0.46 kVar. Sebagaimana di lihatkan pada diagram di bawah pada gambar 4.2.

#### 4.2 POWER LOSSES

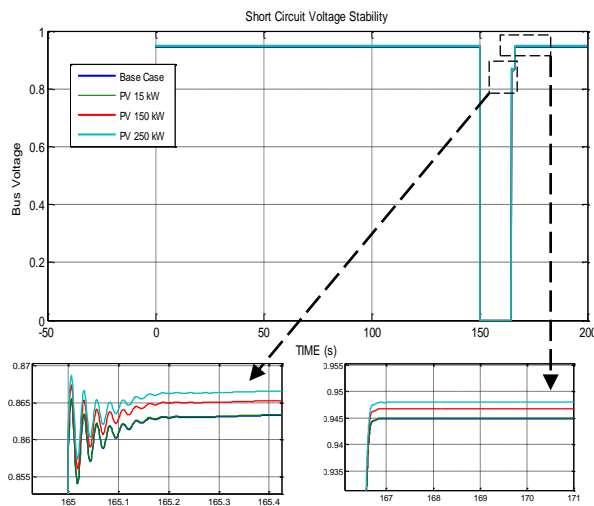
Rugi-rugi daya yang terjadi pada sistem cukup tinggi hal ini dikarenakan panjangnya saluran serta besarnya ipedansi saluran. Pada kondisi normal tanpa adanya injeksi *photovoltaic* hilang daya yang terjadi adalah sebesar 0.21 MW, 0.48 MVar. Hal ini berdampak pada beban yang dilayan menjadi tidak maksimal. Dan setelah masuknya PVDG dengan 3



Gambar 4.2 Diagram Power Losses

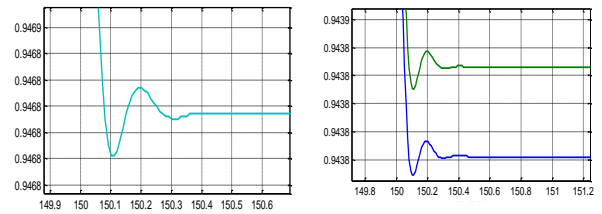
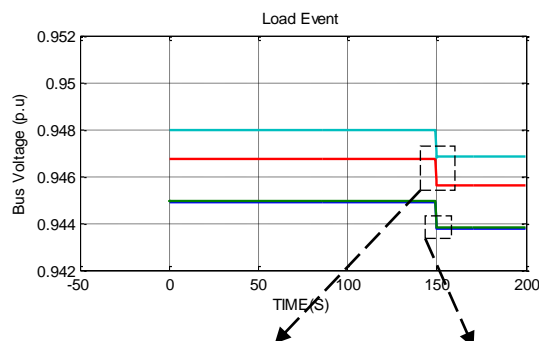
#### 4.3 TEGANGAN DINAMIS

Untuk melakukan *study* respon tegangan dinamis dilakukan dua metode yaitu dengan penambahan beban dan kondisi *short circuit*. Ini dilakukan untuk melihat respon sistem ketika terjadi gangguan hubung singkat serta ketika keadaan penambahan beban. Bagaimana sistem untuk kembali ke kondisi semula dengan kestabilan yang handal. Berikut hasil percobaan ketika sistem tidak di injeksi PVDG dan sesudah di injeksikan dengan 3 senenario kapasitas PV yang berbeda.



Gambar 4.3 Grafik Respon Tegangan Short Circuit

Dari grafik diatas dapat diketahui respon dinamis tegangan saat terjadi gangguan hubung singkat pada salah satu bus. Dalam *study* tersebut bus yang di ganggu pada bus tegangan menengah 144. Jenis gangguan 3 fasa pada detik ke 150 dan gangguan terjadi selama 15 detik. Dapat dilihat perbedaan ketiga senenario kapasitas PV yang di injeksikan. Semakin besar kapasitas PV maka akan semakin cepat pula sistem kembali ke kondisi *stady state*.

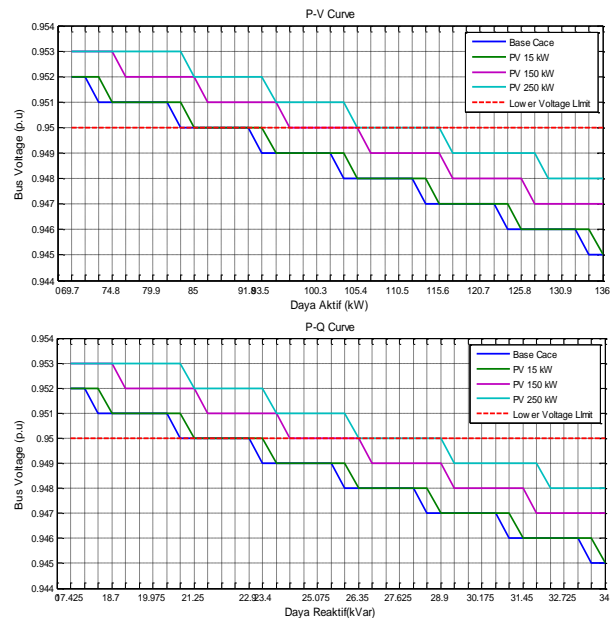


Gambar 4.4 Respon Tegangan Penambahan Beban

Pada kondisi penambahan beban tingkat kestabilan tegangan yang terjadi tidak begitu signifikan meski telah masuk sistem *photovoltaic ongrid*. Namun nilai tegangan semakin meningkat. Penambahan beban terdapat pada bus 144.

#### 4.4 Analisa *Static Voltage Stability* dengan Metode P-V dan Q-V Curve

Analisa kestabilan tegangan statis dengan menggunakan metode kurva p-v dan q-v bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem sampai mencapai batas puncaknya. Dengan cara menambah beban secara perlahan sampai sistem mengalami *collapse*. Hal ini di lakukan untuk mengetahui batas kemampuan sistem ketika mengalami kenaikan beban.



Gambar 4.5 Grafik PV dan QV Curve

Pada *study* ini dilakukan penambahan nilai beban pada bus 60 dengan kenaikan 2.5% sampai dengan 100% nilai pembebanan. Serta menganalisa perbedaan kemampuan sistem tanpa masuknya, dan

dengan masuknya PVDG pada kapasitas yang berbeda beda sesuai dengan sekenario sebelumnya.

Kondisi awal tanpa masuknya *photovoltaic* sistem tidak mengalami *under voltaic* dengan tegangan 0.952 pu. Dan dilakukan metode p-v dan q-v *curve* pada beban yang ada di bus tersebut untuk mengetahui sampai nilai pembebanan berapa sistem dapat bertahan.

Didapatkan hasil saat kondisi *base case* sistem hanya mampu menahan sampai nilai beban 91.8 kW, 22.95 kVar dari 35% kondisi normal. Namun setelah masuknya PV pada jaringan tingkat kemampuan sistem mengalami peningkatan. Dengan kapasitas *photovoltaic* 15 kWp sistem dapat mencapai tingkat pembebanan 93.5 kW, 23.275 kVar 37.5% dari total *loading*. Sedangkan dengan PV berkapasitas 150 kWp dapat mencapai peningkatan sebesar 105.5 kW, 26.35 kVar 55% dari total *loading*. Dan dengan PV berkapasitas 250 kWp dapat mencapai peningkatan sebesar 115.6 kW, 28.9 kVar 70% dari total *loading*.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat di simpulkan beberapa poin penting yang sesuai dengan judul makalah yaitu tentang profil tegangan dan rugi-rugi daya, kestabilan statis dan dinamis. Serta bagaimana perbandingan sebelum dan sesudah masuknya oprasi *photovoltaic on-grid*. Diantaranya yaitu :

1. Dengan masuknya pembangkit terdistribusi berbasis *photovoltaic* dapat meningkatkan nilai profil tegangan di beberapa bus.
2. Dengan masuknya sistem PV pada jaringan distribusi dapat mengurangi *power losses*.
3. Kestabilan dinamis pada sistem setelah masuknya PVDG juga mengalami peningkatan.
4. Kemampuan sistem dalam mengatasi penambahan beban saat terjadi over load meningkat ketika PV beroperasi pada jaringan.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Aguero, J.R., dan Steffel, S.J.. “*Integration Challenges of Photovoltaic Distributed Generation on Power Distribution Systems*”, IEEE *Power and Energi Society General Meeting*, ISSN: 1944-9925, pp. 1 - 6.. San Diego, CA. 2011.
- [2]. SPLN 1:1995, Standar-Standar Tegangan. Jakarta.
- [3]. Quan Hui, Li Bei, Xiu Xiaoqing, Hui Dong. “*Impact Analysis For Hight-Penetration Distributed Photovoltaic Generation Integrated into Grid Based On DigSILENT*”,

978-1-5386-1427-3/17/\$31.00©2017 IEEE. Beijing, China.

- [4]. Carolina Cortez do Prado<sup>1</sup>, Daniel Pinheiro Bernardon<sup>1</sup>, Camilla Leimann Pires<sup>1</sup>,Criciele Castro Martins<sup>1</sup>, Felipe Cirolini Lucchese<sup>1</sup> “*Analysis of Distributed Generation Impact on the Voltage Stability Margin*”, 978-1-5090-4650-8/16/\$31.00©2016 IEEE. Santa Maria, Brazil.
- [5]. I Nyoman Citra Artawa, I wayan Sukerayasa, Ida Ayu Dwi Giriantari.”*Analisa Pengaruh Pemasangan Distributed Generation Terhadap Profil Tegangan Pada Penyulang Abang Karangasem*”, Teknologi Elektro, Vol.16, No.3. September-Desember 2017.
- [6]. H. Suyono and M. Zainuddin, “*Injection Impact of Photovoltaic Distributed Generations ( PVDG ) on Power Distribution System Stability,*” in *Applied Mechanics and Materials*, 785th ed., vol. 785, Switzerland: Trans Tech Publications, 2015, pp. 403–408.
- [7]. Muammar Zainuddin. Oktober(2017). “*pengaruh masuknya PLTS OnGrid Skala Besar Pada Sistem Distribusi 20 KV Terhadap Kualitas Tegangan dan Rugi-Rugi Daya*”. Jurnal Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro (FORTEI 2017) ISBN 978-602-6204-24-0 FTUN Gorontalo.

## VII. BIODATA PENULIS



Brianca Aldy Candra lahir di Malang pada tanggal 21 Febuari 1997. Penulis menempuhi pendidikan pertama di TK. Abah Desa Bululawang pada tahun 2001 dan tamat tahun 2003. kemudian melanjutkan ke MINU Bululawang dari tahun 2003 hingga tahun 2009. Setelah tamat MI penulis melanjutkan ke SMP Negeri 1 Bululawang pada tahun 2009 dan tamat tahun 2012. Pada tahun yang sama, penulis diterima di SMKN 4 Malang dan tamat pada tahun2015. Di tahun yang sama, penulis terdaftar sebagai Mahasiswi Institut Teknologi Nasional Malang , program studi Teknik Elektro S-1, konsentrasi Energi Listrik.

