

Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Untuk Analisis Aliran Daya

Dermanus Niko¹⁾, Rudi Gianto²⁾, Hardiansyah³⁾
Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
Email: dermanusniko@gmail.com

ABSTRACT

Wind farms plant has been developed in many countries especially those having large wind energy potential. If the wind turbine is connected / interconnected grid power systems, can caused operational problems of the system. Therefore modeling of wind farms to power flow analysis is needed to determine the effect that caused the system.

Varied plant located on 5-bus system. then the power system model modified by adding of wind farms on the system, generator used is an induction generator. The method used in this study is Newton-Raphson method and assistance MATLAB program to calculate the power flow in the system Where these calculations are used to determine the effect of wind farms in the power system. the combining wind farms on one bus in the power system, where the wind turbines have input P_m and output $(P_g + jQ_g)$, power flow model of the induction generator there are two series impedance, and 1 impedance shunt, so that there exist two internal buses connected to the bus 5.

The results obtained in this study is to add wind farms on the system can increase the capacity of power generated on the system. But the impact of this model is the system voltage profile to be ugly, so that the added capacitor bank wind turbine to supply reactive power of induction generator. After the addition of the capacitor bank in wind turbines occurring on the bus voltage is more varied and can improve the voltage profile of the system.

Keywords: *Model of wind power in the system, induction generator, Newton-Rapson method*

1. Pendahuluan

Pembangkit listrik tenaga angin (PLTAn) telah dikembangkan di banyak negara terutama yang mempunyai potensi tenaga angin yang besar. Eksploitasi energi angin diharapkan bisa mengurangi ketergantungan terhadap pembangkit listrik yang menggunakan energi berasal dari minyak atau fosil.

Angin sebagai salah satu energi terbarukan yang ramah lingkungan tentunya harus terus dikembangkan untuk mengatasi kekurangan energi listrik dan ketergantungan terhadap energi yang berasal minyak atau fosil. Pada PLTAn, energi listrik dihasilkan dengan memanfaatkan tenaga angin melalui turbin

untuk menggerakkan generator pembangkit daya listrik. Jenis generator pembangkit daya listrik yang sering digunakan pada PLTAn adalah generator tak serempak (*asynchronous generator*) atau generator induksi (*induction generator*).

Generator induksi merupakan salah satu jenis generator AC yang menerapkan prinsip motor induksi untuk menghasilkan daya. Generator induksi dioperasikan dengan menggerakkan rotornya secara mekanis lebih cepat dari pada kecepatan sinkron sehingga menghasilkan slip negatif. Motor induksi umumnya dapat digunakan sebagai sebuah generator tanpa ada modifikasi internal.

Energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin (PLTAn) apabila dihubungkan / interkoneksi pada grid sistem tenaga listrik dapat menimbulkan masalah operasional sistem[1]. Kondisi operasi keadaan-mantap (steady-state) dari sistem tenaga listrik biasanya diselidiki melalui analisis aliran daya. Oleh karenanya pemodelan pembangkit listrik tenaga angin (PLTAn) untuk analisis aliran daya sangatlah diperlukan untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan pada sistem.

2. Pemodelan PITAn pada sistem tenaga

2.1 Pembangkit listrik tenaga angin kecepatan tetap

Pembangkit listrik tenaga angin kecepatan tetap adalah sistem yang beroperasi pada kecepatan putar turbin yang konstan dan menghasilkan daya maksimum, serta tidak membutuhkan konverter elektronik daya (power electronic converter). Akan tetapi kelemahan utama dari pembangkit tipe ini, ia memerlukan atau menyerap daya reaktif. Sistem pembangkit turbin angin kecepatan tetap biasanya menggunakan generator induksi rotor sangkar (square-cage induction generating). Didalam operasinya slip (dan juga kecepatan rotor) dari generator induksi akan selalu berada disekitar kecepatan sinkron atau kecepatan

ratingnya dengan variasi hanya sekitar 1-2%. Hal inilah yang menyebabkan sistem ini disebut pembangkit turbin angin kecepatan tetap atau kecepatan konstan.

2.2 Bagian-bagian turbin angin^[4]

Berikut adalah pembahasan lebih detail dari komponen-komponen pembangkit turbin angin kecepatan tetap:

a. Turbin Angin

Turbin angin adalah elemen utama dari sebuah pembangkit listrik tenaga angin dan digunakan untuk menerima energi kinetik yang dapat berputar dan menggerakkan generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik yang merupakan hasil konversi dari energi kinetik angin.

b. Roda gigi (Gearbox)

Roda gigi adalah komponen dari sistem pembangkit turbin angin yang berfungsi untuk mengubah kecepatan rendah (30-60 rpm) turbin angin menjadi kecepatan lebih tinggi (1000-1800 rpm) untuk memutar generator pembangkit listrik.

c. Generator induksi

Mesin induksi adalah mesin yang sering dipakai pada sistem pembangkitan turbin angin untuk menghasilkan daya listrik.

d. Soft starter

Sistem turbin angin kecepatan tetap hanya menggunakan komponen elektronika *soft-starter* yang

digunakan untuk mengurangi dampak lonjakan arus (*inrush current*) yang terjadi pada saat pertama kali generator mulai terhubung dengan *grid*.

e. Kapasitor Bank

Kapasitor Bank merupakan peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang terhubung pada generator induksi. apabila *grid* yang terpasang pada sistem turbin angin lemah (memiliki suplai daya reaktif yang rendah), sisi keluaran generator harus terhubung dengan kapasitor bank untuk membantu suplai daya reaktif yang dibutuhkan generator agar dapat menghasilkan daya aktif.

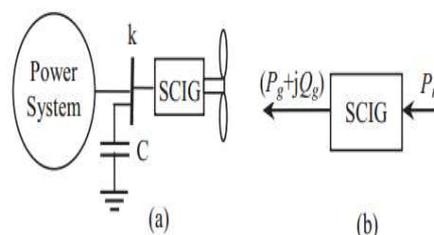
3. Model PLTAn^[2]

Misalkan generator induksi rotor-sangkar (SCIG = *squirrel-cage induction generator*) terhubung pada bus k dari sistem tenaga seperti ditunjukkan pada Gambar 1 (a). SCIG tersebut memiliki daya mekanik masukan P_m dan keluaran daya listrik ($P_g + jQ_g$). Pada kecepatan angin tertentu, P_m dapat ditentukan dari kurva daya pembangkit turbin angin. Rangkaian ekuivalen generator induksi ditampilkan pada Gambar. 2 di mana R_1 , X_1 , R_2 , X_2 , R_c dan X_m berturut-turut adalah resistansi stator, reaktansi bocor stator, resistansi rotor, reaktansi bocor rotor, resistansi rugi-rugi inti dan reaktansi magnetik. P_m adalah daya yang dikirimkan oleh turbin

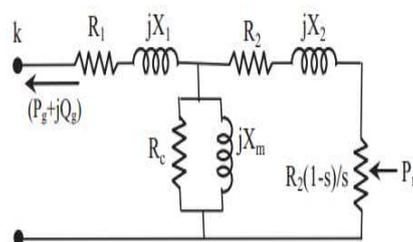
angin dan dihitung melalui persamaan berikut.

$$P_m = \frac{1}{2} \rho A V_w^3 C_p$$

Dimana ρ adalah kerapatan udara (kg/m^3), A adalah luas daerah yang dilalui baling-baling turbin (m^2), V_w adalah kecepatan angin dalam (m/s), dan C_p adalah koefisien kinerja dari turbin angin



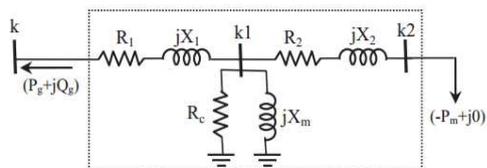
Gambar 1. Diagram Skematik pltan (a) dan daya input-output dari generator (b).



Gambar 2. Rangkaian ekuivalen dari SCIG

Gambar 3 merupakan model aliran daya dari generator induksi. secara eksplisit menunjukkan dua bus internal (k_1 dan k_2). Pada Gambar. 3 impedansi ($R_1 + jX_1$) dan ($R_2 + jX_2$) dapat diperlakukan sebagai elemen seri yang dihubungkan berturut-turut antara bus k dan k_1 , serta k_1 dan k_2 . R_c dan jX_m dapat diperlakukan sebagai elemen shunt di bus k_1 . Daya

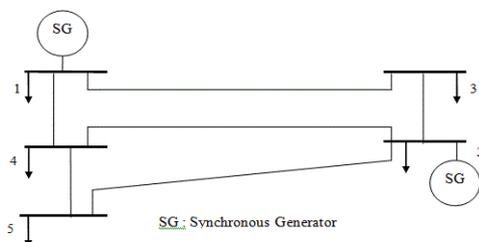
input P_m ke generator dapat diperlakukan sebagai beban yang bernilai negatif ($-P_m + j0$) di bus $k2$. Uraian di atas jelas menunjukkan bahwa model PLTAn hanya menambah dua bus, dua elemen seri, satu elemen shunt, dan beban pada jaringan sistem tenaga yang ada.



Gambar 3. Model aliran daya dari SCIG

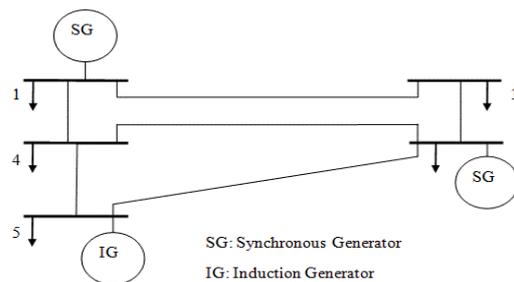
4. Hasil dan analisa

Model dari pembangkit listrik turbin angin kecepatan tetap untuk analisis aliran daya akan diuji pada sistem tenaga listrik 5-bus seperti yang diperlihatkan pada gambar 4 dengan nilai dasar 100 MVA.



Gambar 4. Diagram satu garis sistem 5-bus

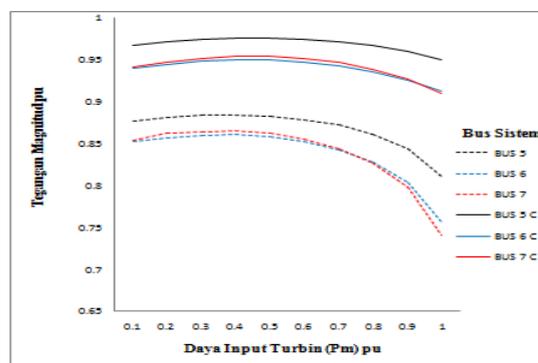
Sistem pada gambar 4 ini kemudian dimodifikasi dengan menambahkan pembangkit turbin angin kecepatan tetap pada bus 5. Sistem yang telah dimodifikasi ini diperlihatkan pada gambar 5. Parameter-parameter untuk generator induksi dalam pu dengan nilai dasar 100MVA.



Gambar 5. Diagram satu garis sistem 5-bus yang dimodifikasi

5. Pembahasan

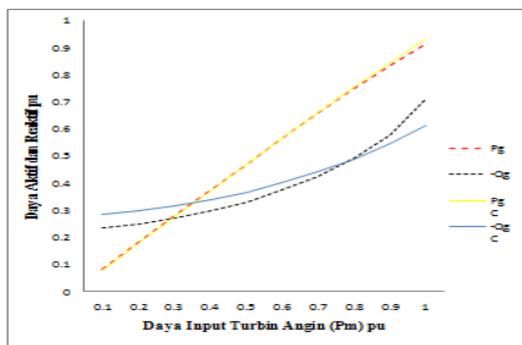
Variasi dari tegangan pada bus generator induksi (bus 5) dan pada bus internal (bus 6 dan 7) diperlihatkan pada gambar 6 Seperti yang telah diperkirakan, adanya kapasitansi shunt pada terminal generator induksi dapat memperbaiki profil tegangan sistem



Gambar 5. Grafik tegangan sistem dengan PLTAn terhadap pm

Gambar 6 memperlihatkan variasi dari daya yang dibangkitkan PLTAn (P_{Gen} dan $-Q_{Gen}$) terhadap P_m . Dari gambar 6 terlihat bahwa P_{Gen} bervariasi hampir linier pada P_m , dan nilainya sedikit lebih kecil dari P_m karena adanya rugi-rugi terhadap rangkaian generator induksi. Gambar 6 juga memperlihatkan bahwa

$-Q_{Gen}$ meningkat secara cepat dengan membesarnya P_m . Hal ini disebabkan karena generator induksi membutuhkan lebih banyak daya reaktif dengan meningkatnya P_m .



Gambar 6. Grafik variasi daya aktif dan reaktif dari generator induksi

6. Penutup

6.1 Kesimpulan

Dari perhitungan dan analisa pemodelan pembangkit listrik tenaga angin pada sistem tenaga yang sudah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Dengan membesarnya P_m , daya reaktif yang butuhkan oleh generator induksi juga akan semakin besar, maka pemasangan kapasitor shunt biasanya dilakukan untuk mengkompensasi daya reaktif tersebut dan untuk memperbaiki profil tegangan.
- Daya aktif yang dihasilkan generator induksi bervariasi hampir linier dengan P_m , akan tetapi nilainya akan sedikit lebih kecil dari P_m karena adanya rugi-rugi pada rangkaian generator induksi.

- Dengan menambahkan PLTAn dapat menambah kapasitas daya pembangkitan pada sistem tenaga, namun dampak yang ditimbulkan setelah penambahan turbin angin pada sistem adalah profil tegangan pada sistem menjadi jelek.
- Pemasangan kapasitor bank pada turbin angin dimaksudkan untuk mensuplai daya reaktif, dan mengurangi rugi-rugi daya pada generator induksi

6.2 Saran

Model PLTAn yang dibahas pada skripsi ini dapat juga disebut sebagai model tiga-simpul (three-node model). Model ini dapat disederhanakan menjadi model dua-simpul (two-node model) dengan menggunakan transformasi Y- Δ hal ini dapat menjadi topik penelitian dimasa mendatang.

Referensi

- YOZA, JONDRI(2014) “Pemodelan pembangkit listrik tenaga bayu dalam perhitungan aliran daya”.skripsi, ANDALAS UNIVERSITY.
- M. H.Haque, “ incorporation of fixed speed wind farms in power flow analysis” IET Renewable power generation conferene (Rpc.2013), 2nd

- [3]. W. D.stevenson, “Elements of power system analysis”, 4th Edition, Mcgraw-Hill, 1992
- [4]. **Fendy Sutrisna 2012,**” Wind Farm Desain Sistem turbin angin hybrid”, <https://indone5ia.wordpress.com/akses>
8 Januari 2017

Biografi



Dermanus Niko,
lahir di Nyempen,
Kalimantan Barat,
Indonesia, 18 Mei
1990 Memperoleh
gelar Sarjana dari

Program Studi Teknik Elektro Universitas
Tanjungpura, Pontianak, Indonesia, 2017.

**Menyetujui,
Pembimbing Utama,**

Dr. Ir. Rudi Gianto, M.T

NIP. 19670327 199203 1 004

Pembimbing Pembantu,

Dr. Eng. Ir. Hardiansyah, M.T

NIP. 19670227 199303 1 002