

KONTROL SISTEM KONVERSI ENERGI ANGIN MENGGUNAKAN PENGONTROL KLASIK

Rusilawati⁽¹⁾

⁽¹⁾ Staf Pengajar Teknik Elektro, Akademi Teknik Pembangunan Nasional Banjarbaru

Ringkasan

Paper ini menyajikan studi tentang kontrol menggunakan pengontrol PD (Proportional Derivative) berdasarkan simulasi fungsi sistem konversi energi angin. Terdapat beberapa simulasi menggunakan generator asinkron yang diimplementasikan pada MAT-LAB-Simulink menggunakan toolbox MATLAB-PSB (Power System Blockset). Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa struktur kontrol WECS yang digunakan memberikan performa kontrol yang cukup baik

Kata Kunci : sistem konversi energi angin, kontrol, generator asinkron, simulinkMATLAB

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dibidang teknik dan pengetahuan yang dikombinasikan dengan adanya dorongan dibidang politik mengenai produksi dan konsumsi energi ekologi mendorong cepatnya perkembangan WECS (Wind Energy Conversion Systems atau Sistem Konversi Energi Angin). Kecenderungan ekonomi politik dunia mengindikasikan bahwa industri energi angin tampaknya mengalami perkembangan yang penting.

Paper ini menggambarkan struktur WECS diimplementasikan pada simulasi MATLAB-Simulink menggunakan toolbox PSB khusus, didesain untuk pemodelan dan simulasi energi dan komponen listrik [1]. Pada Gambar 1 ditunjukkan diagram MATLAB – Simulink menggunakan kincir angin yang komponen-komponennya terdiri dari : mesin asinkron, mesin sinkron, turbin angin, frekwensi regulator dan beban sisa. Masalah-masalah praktis yang berhubungan dengan penggabungan jaringan kincir angin menunjukkan kasus khusus tentang desain dan analisis pada energi sistem tenaga [2-4].

2. TEORI PENUNJANG

Model Mesin Asinkron

Model mesin asinkron didasarkan pada persamaan bidang dq. Model matematika dari mesin asinkron mewakili dua subkomponen: sistem elektrik dan sistem mekanik. Persamaan (1-9) menunjukkan model mesin asinkron dq.

Persamaan sistem elektrik:

$$U_{qs} = R_s i_{qs} + \frac{d}{dt} (L_s i_{qs} + L_m i_{qr}) + (L_s i_{ds} + L_m i_{dr}) \quad (1)$$

$$U_{ds} = R_s i_{ds} + \frac{d}{dt} (L_s i_{ds} + L_m i_{dr}) - (L_s i_{qs} + L_m i_{qr}) \quad (2)$$

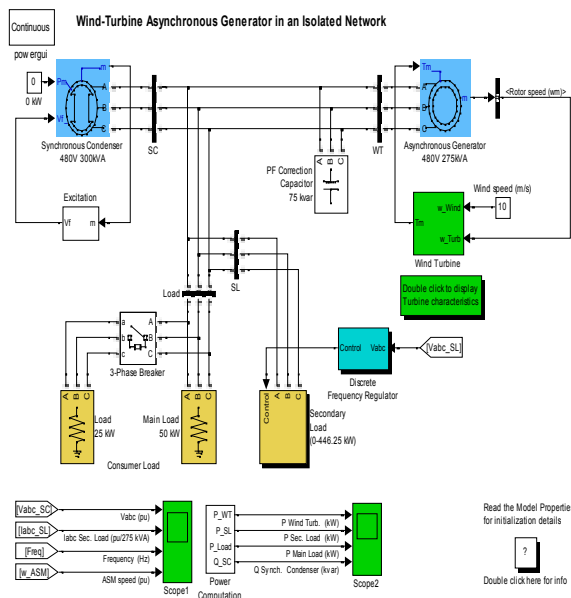
$$U_{qr} = R_r i_{qr} + \frac{d}{dt} (L_r i_{qr} + L_m i_{qs}) + (-r) (L_r i_{dr} + L_m i_{ds}) \quad (3)$$

$$U_{dr} = R_r i_{dr} + \frac{d}{dt} (L_r i_{dr} + L_m i_{ds}) + (-r) (L_r i_{qr} + L_m i_{qs}) \quad (4)$$

$$T_e = \frac{3}{2} p ((L_s i_{ds} + L_m i_{dr}) i_{qs} - (L_s i_{qs} + L_m i_{qr}) i_{ds}) \quad (5)$$

$$\text{dengan: } L_s = L_{ls} + L_m \quad (6)$$

$$L_r = L_{lr} + L_m \quad (7)$$



Gambar 1. Diagram WECS pada MATLAB-Simulink

Persamaan sistem mekanik:

$$\frac{d}{dt} m = \frac{1}{2J} (T_e - T_m) \quad (8)$$

$$\frac{d}{dt} m = m \quad (9)$$

dengan:

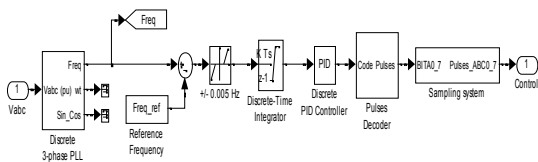
R_s, L_{ls} – tahanan stator dan induktansi bocor,

R_r, L_{lr} – tahanan rotor dan induktansi bocor,
 L_m – induktansi magnetik,
 L_s, L_r – induktansi total stator dan rotor,
 U_{qs}, i_{qs} – sumbu q tegangan dan arus stator,
 U_{qr}, i_{qr} – sumbu q tegangan dan arus rotor,
 U_{ds}, i_{ds} – sumbu d tegangan dan arus stator,
 U_{dr}, i_{dr} – sumbu d tegangan dan arus rotor,
 ω_m – kecepatan putar rotor,
 θ_m – posisi sudut rotor,
 p – jumlah pasang kutub,
 ω_r – kecepatan putar elektrik ($\omega_m \times p$),
 θ_m – posisi sudut elektrik rotor ($\theta_m \times p$),
 T_e – torka elektromagnetik,
 T_m – sumbu torka mekanik,
 J – kombinasi rotor dan beban inersia konstan.

Struktur Kontrol Sistem Konversi Energi Angin

Mesin asinkron beroperasi pada model pembangkitan. Pada model ini, *input* ke mesin berupa energi mekanik dan *output* berupa energi listrik. Kecepatan rotor diatur untuk mengubah kecepatan angin pada tingkat agar tercapai efisiensi maksimum *aerodinamik* [5]. Pada WECS ini, turbin angin dimodelkan sebagai kontrol sederhana sumber torka mekanik yang mensuplai generator asinkron. *Input* frekwensi regulator diwakili oleh frekwensi tegangan [6-7]. Pada frekwensi tegangan digunakan sistem *Phase Locked Loop (PLL)* tiga fasa untuk mengukur frekwensi dari tegangan 3 fasa jaringan. Kemudian frekwensi yang diukur dibandingkan dengan frekwensi referensi sehingga diperoleh nilai kesalahan frekwensi. Setelah itu, nilai kesalahan ini diintegrasikan untuk memperoleh kesalahan fasa. Kesalahan fasa diperoleh pada pengontrol jenis *PD* klasik.

Sinyal yang diperoleh (sinyal analog) kemudian dikonversikan pada sebuah sinyal 8 bit yang memberi perintah ke elemen saklar pada beban. *Output* regulator menunjukkan daya yang kuat pada beban sisa. Beban sisa digunakan untuk menghilangkan kelebihan daya yang dihasilkan oleh kincir angin dan secara simultan menjaga frekwensi tetap konstan. Beban sisa memiliki delapan resistor tiga fasa yang dihubungkan secara seri dengan saklar tipe *GTO (Gate Turn-Off)*. Beban sisa menggunakan perintah binary 8-bit. Pada struktur kontrol kincir angin yang digunakan, mesin sinkron hanya diwakili oleh sebuah kompensator sinkron [3]. Pada Gambar 2 digambarkan secara detail struktur frekwensi regulator yang digunakan.



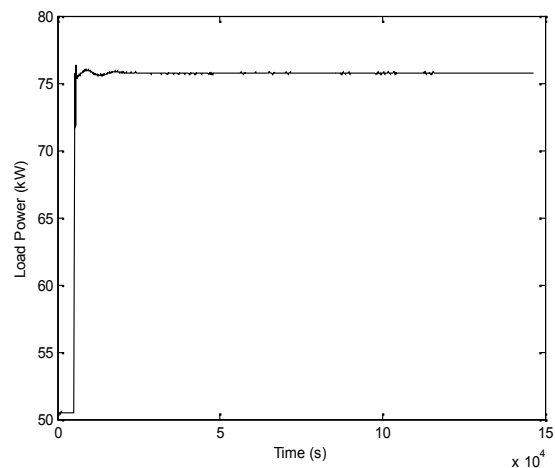
Gambar 2. Frekwensi Regulator

3. HASIL SIMULASI (STUDI KASUS SISTEM KONVERSI ENERGI ANGIN)

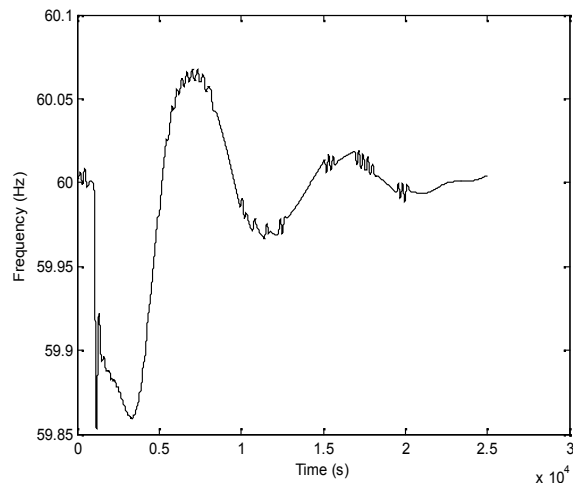
Fungsi nominal pada daya dasar dari Generator Asinkron

Studi kasus yang digunakan adalah fungsi normal pada daya dasar dan kecepatan dasar angin. Kecepatan angin yang digunakan mempunyai nilai rata-rata 8 (m/s) selama periode waktu simulasi. Kecepatan angin menunjukkan variasi yang acak. Interval waktu simulasi diatur selama 3 detik. Generator hanya dihubungkan pada pelanggan utama dengan daya 50 kW. Pada $t_1=1[s]$, generator hanya dihubungkan pada pelanggan tambahan dengan daya nominal 40kW. Pada $t_2=2[s]$ hubungan pada pelanggan tambahan diputuskan.

Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3, yang menunjukkan perubahan daya beban yang digunakan.



Gambar 3. Daya Beban (kW)



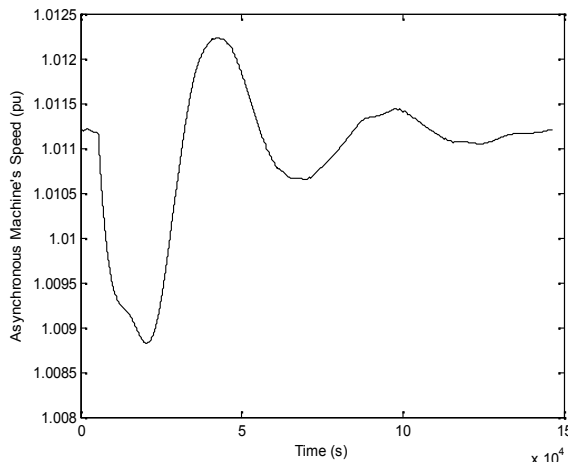
Gambar 4. Frekwensi (Hz)

Pada Gambar 4, ditunjukkan perubahan frekwensi energi listrik. Dapat dilihat bahwa pada kondisi kecepatan angin yang bervariasi dan daya beban yang berbeda, seluruh struktur kon-

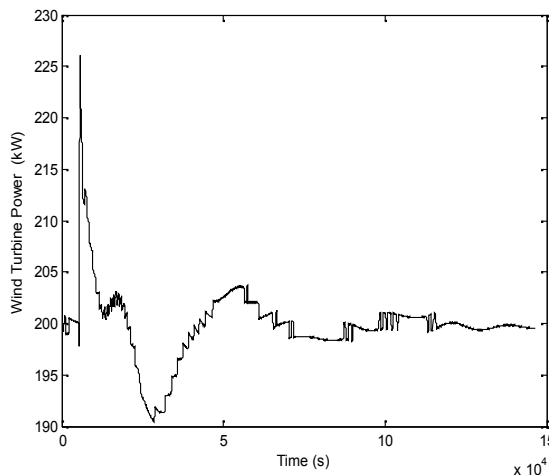
trol WECS sukses mengontrol parameter-parameter energi listrik (tegangan dan frekwensi jaringan). Dapat dilihat pula bahwa frekwensi hanya sedikit bervariasi.

Pada Gambar 5, ditunjukkan kecepatan mesin asinkron (rpm) dalam pu (per unit) unit. Dapat dilihat bahwa rotasi kecepatan sedikit agak diluar kecepatan sinkron disebabkan mesin beroperasi pada model pembangkitan.

Pada Gambar 6 perubahan daya turbin angin (kW) ditunjukkan dalam pu unit. Dapat disimpulkan bahwa struktur kontrol WECS yang digunakan memberikan performa kontrol yang cukup baik [8-9].



Gambar 5. Kecepatan Mesin Asinkron (pu)



Gambar 6. Daya pada Turbin Angin (kW)

4. PENUTUP

Kesimpulan

1. Pada studi kasus yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan energi terbarukan telah dilakukan secara global, terutama pada masalah WECS. Tetapi, untuk mempelajari performa WECS sepenuhnya, ada beberapa aturan yang harus dipenuhi untuk menganalisis secara detail sifat-sifat

dari semua komponen jaringan WECS: turbin angin, generator listrik, konverter dan jaringan [9].

2. Dalam studi kasus yang dilakukan (pada wilayah fungsi nominal) struktur WECS menunjukkan performa yang baik secara menyeluruh pada parameter-parameter energi daya dalam konteks penggabungan daya pada jaringan distribusi.

5. DAFTAR PUSTAKA

1., (TT), MATLAB – Documentation: www.mathworks.com
2. Gasch and J. Tvele, (2002), *Wind Power Plants-Fundamentals, Design, Construction and Operation*, James & James (Science Publishers) Ltd, ISBN 1902916379.
3. H. Siegfried, (1998), *Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems*, Wiley, and Publisher: John Wiley & Sons, ISBN 047197143X,
4. I. Szeidert, O. Prostean, N. Budisan, I. Filip, (2002), *Two Axis Modeling of Induction Generators for Windmills*, Global Windpower Conference, Paris, France.
5. J. F. Manwell, J. G. McGowan, and A. L. Rogers, (2002), *Wind Energy Explained – Theory, design and application*, John Wiley & Sons Ltd, ISBN 0-471 49972-2,
6. Mihet-Popa L., Blaabjerg F., Boldea I. (2004), *Wind turbine Generator modeling and Simulation where rotational speed is the controlled variable*, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 40, Issue 1, pp. 3-10, Jan.-Feb.2004
7. N. Budisan, (2003), *Problems of induction generator systems at wind/diesel/hydro/etc. unconventional electric groups /plants / farms*, Editura Politehnica, Timisoara.
8. P. Gipe, (2004) “*Wind Power: Renewable Energy for Home, Farm, & Business*”, Chelsea Green Publishing Co,
9. R. Gagnon, B. Saulnier, G. Sybille, P. Giroux, (2002), *Modeling of a Generic High-Penetration No-Storage Wind-Diesel System Using Matlab / Power System Blockset*, Global Windpower Conference, Paris, France.
10. Szeidert, (TT) “Comparative Study Regarding Control of Wind Energy Conversion Systems Based on the Usage of Classical and Adaptive Neuro Fuzzy Controllers”, Department of Automation and Industrial Informatics, Faculty of Automation and Computer Sciences, “Politehnica” University from Timisoara, Av.V. Parvan, No.2, 300223, Timisoara, Romania