

Simulasi dan Analisis Transient Hibrid Diesel dan Tenaga Surya

Zainal Abidin *)

*) Dosen Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Lamongan
email : inal9474@gmail.com

ABSTRAK

Artikel ini menyajikan simulasi Matlab dari sistem hibrid pembangkit tenaga surya dengan diesel. Keduanya dioperasikan paralel. Sistem ini lebih efektif daripada sistem generator diesel bekerja sendiri. Agar sebuah integrasi sistem yang efektif dari tenaga surya pada sistem, dianjurkan menggunakan metode pengaturan operasi dengan inverter. Besarnya daya tergantung dari jaringan yang dipantau dan pengaturan sudut dan magnitude sinyal tegangan inverter.

Simulasi ini memantau perubahan beban akibat beban yang berbeda. Sebaiknya, untuk membangun sistem yang lebih baik diperlukan kontrol digital untuk menyediakan kecepatan dan respon dinamik yang stabil dari sistem daya hibrid.

Kata kunci : *transient, hibrid, beban, inverter*

I. Pendahuluan

Analisis dari sebuah sistem hibrid dan sistem kontrol secara bersamaan akan membutuhkan waktu dan mahal tanpa menggunakan sebuah model dan simulasi. Dari sebuah simulasi terdapat aturan penting dalam sebuah desain dan analisis sistem tenaga, converter dan pengendalinya.

Simulink, adalah software modeling dinamis pada program Matlab yang khusus diciptakan untuk mendesain simulasi sistem dinamik [1]. Matlab merupakan paket software untuk komputasi matrik dengan penampilan yang tinggi. Pada Simulink, model-model dibangun dari blok diagram dengan interface grafik dan satu set blok dengan interkoneksi sinyal yang dimanipulasikan sebuah sistem. Pustaka blok sistem dapat dengan mudah dibuat sistem yang dinamis. Dengan simulink akan terasa mudah melakukan studi tentang sistem yang dinamis.

Dalam tulisan ini penulis mencoba melakukan pemodelan dan studi simulasi hibrid sel surya dengan pembangkit tenaga diesel. Konversi tegangan DC ke AC dan diesel generator dioperasikan secara paralel, yang dapat dianalisis aliran beban dan pembagian beban dari sistem daya, karena harganya relatif murah dibandingkan sebuah generator diesel yang beroperasi sendiri. Karena generator diesel adalah produk komersial, maka memiliki kontrol kecepatan sendiri dan tidak dapat diakses secara eksternal. Pengendalian suatu sistem terpadu terbukti sangat menarik untuk dikaji. Simulasi ini adalah untuk mengetahui perilaku perubahan perilaku beban yang berbeda. Sehingga sangat perlu dikembangkan pengendali digital canggih untuk memberikan respon dinamik cepat dan stabil dari sebuah sistem hibrid.

2. Model Komponen Sistem

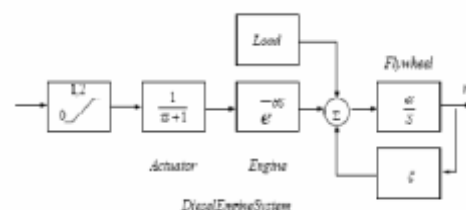
Model yang tepat digunakan untuk mensimulasikan sel surya dengan diesel yang umum dan mampu

memberikan hasil yang akurat. Untuk selanjutnya dijelaskan untuk masing-masing sistem baik inverter sel surya maupun diesel generator.

2.1. Model Diesel

Untuk mensimulasikan dinamika lengkap dari sistem mesin diesel, diperlukan model urutan yang kompleks. Namun untuk sebagian besar studi tentang dinamika kecepatan mesin pembakaran internal, itu sudah cukup untuk menggunakan model orde yang lebih rendah. Pendekatan serupa telah diadopsi dalam studi simulasi mesin diesel [2, 3, 4].

Model matematis dari tipe diesel kecil yang dikendalikan prime over ditunjukkan pada gambar 1, dimana input ke sistem adalah sinyal kontrol ke aktuator, output dari model adalah kecepatan, $0.035 \leq \alpha \leq 0.2$ detik, $0 = 0.04$, $0.1 \leq \alpha \leq 2$ kecepatan per detik, $0.01 \leq \xi \leq 0.1$, dan beban = 0 atau 1. Waktu akhir θ pada Gambar 1 merupakan waktu murni terkait dengan mesin. Kali ini batas akhir adalah hasil dari kerja beberapa silinder. Tidak semua silinder akan berada dalam posisi untuk menerima lebih banyak bahan bakar pada suatu saat tertentu. Waktu akhir θ sebagian besar terdiri dari waktu yang dibutuhkan untuk semua silinder menuju posisi yang akan diisi dengan bahan bakar lebih atau kurang. Parameter ini tetap dalam model ini, dan ditetapkan untuk 0,04 detik. Sebuah kontroler PID *self-tuning* telah dikembangkan untuk mesin diesel berukuran kecil dan genset dan terbukti bekerja dengan baik.



Gambar 1. Blok diagram diesel

2.2. Generator Sinkron

Persamaan generator sinkron didapatkan dari persamaan Park [6]. Yang paling penting dalam rangkaian ini adalah transient pada stator diabaikan dibandingkan ke rotor. Dalam presentasi model rotor mesin sinkron terdiri dari 3 lilitan. Sebuah medan dan kumparan redam pada poros langsung memperhitungkan transient dan sub transient masing-masing. Kumparan redam berada pada sumbu quadrature juga memiliki waktu transient dan subtransient konstan. Persamaan stator dihitung menggunakan per unit.

$$Vd = Ed' - R_s \cdot Id + Xq'' \cdot Iq \quad (1)$$

$$Vq = Eq' - R_s \cdot Iq - Xd' \cdot Id \quad (2)$$

Persamaan diferensial pada kumparan dinamis rotor diformulasikan dalam per unit :

$$\frac{dE'q}{dt} = \frac{Ef + (Xd - X'd) \cdot Id - E'q}{T'd0} \quad (3)$$

$$\frac{dE'd}{dt} = \frac{-(Xq - X'q) \cdot Iq - E'd}{T'd0} \quad (4)$$

$$\frac{dF'q}{dt} = \frac{F'q + (X'd - X''d) \cdot Id - F'q}{T''d0} \quad (5)$$

$$\frac{dE''d}{dt} = \frac{E''d - (X'q - X''q) \cdot Iq - E''d}{T''d0} \quad (6)$$

Persamaan torsi elektromagnetik dalam pu :

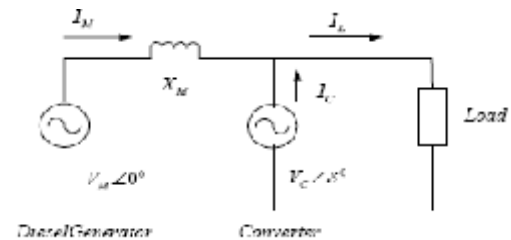
$$T_{De} = E'd \cdot Id + E'q \cdot Iq - (X'd - X''d) Id \cdot Iq \quad (7)$$

2.3. Model Inverter

Inverter terdiri atas induktor, kapasitor, transformator dan komponen elektronika daya seperti IGBTs, MOSFETs. Masing-masing rangkaian switch jembatan dari inverter dioperasikan oleh sinyal PWM (pulse width modulation). Perangkat elektronika daya menyalakan sinyal dari sumber daya. Fungsi dari inverter adalah mengubah tegangan DC menjadi gelombang sinus AC. Input DC diasumsikan sebuah sumber konstan (baterai dengan kapasitas besar). Transfer daya antara sumber inverter DC dan sumber AC dapat dicapai dengan mengatur sudut fase (δ) dan magnitude dari tegangan output inverter. Sebuah kontroler juga digunakan untuk memantau seluruh sistem. Pada kondisi normal, inverter menghasilkan secara paralel tegangan output dan harus disimpan disinkronkan dengan sistem listrik.

2.4. Aliran Beban

Genetarot Diesel dan sebuah konverter dihubungkan secara paralel untuk mensuplay beban. Diesel dan konverter sumber tegangan dipisahkan dengan induktor X_m . Aliran daya dapat dijelaskan dengan referensi pada rangkaian ekivalen single line pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Rangkaian ekivalen single line hibrid solar dan diesel

Daya aktif (PM) dan daya reaktif (QM) dapat dihitung :

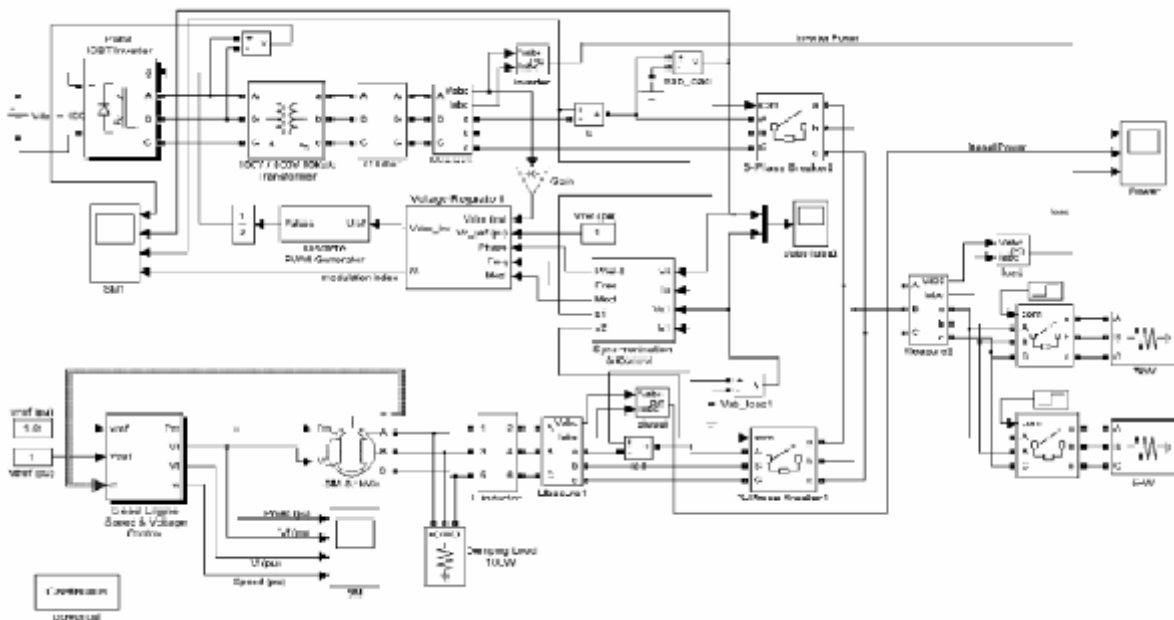
$$P_M = \frac{V_M V_C}{X_M} \sin \delta \quad (8)$$

$$Q_M = \frac{V_M}{X_M} (V_M - V_C \cos \delta) \quad (9)$$

$$\delta = \sin^{-1} \left(\frac{X_M P_L}{V_M V_C} \right) \quad (10)$$

Dimana ' δ ' adalah sudut fase antara dua sumber tegangan, sudut fase berhubungan dengan tegangan diesel bervariasi untuk aliran listrik. Hal ini dapat dilihat bahwa daya yang disediakan oleh inverter dari baterai atau dipasang ke baterai dapat dikendalikan dengan mengendalikan ' δ ' sudut fase. Tegangan konverter secara terpisah dikendalikan oleh indeks modulasi PWM.

Sistem kerja hibrid tergantung dari beban. Pada beban rendah, generator diesel dimatikan. Listrik dari baterai dan sel surya ditransfer ke beban melalui inverter. Untuk beban menengah, generator diesel akan memasok beban langsung. Kelebihan daya dari generator diesel yang digunakan untuk mengisi baterai melalui inverter bi-directional. Oleh karena generator diesel beroperasi dalam kapasitas optimum 80% -100% kapasitas beban. Saat beban puncak, generator diesel berjalan secara paralel dengan inverter yang mengubah listrik DC dari baterai ke daya AC.



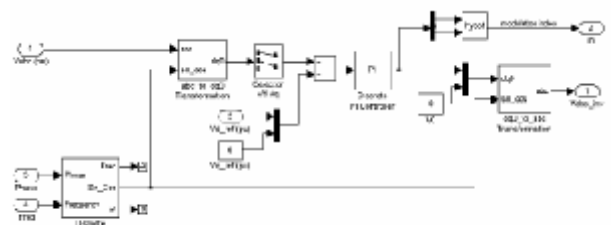
Gambar 3. Model Simulasi SIMULINK hibrid solar cell dan diesel

3. Model Simulasi

Matlab Simulink digunakan untuk memodelkan sistem dan membagi produksi listrik antara inverter dan generator mesin diesel. Secara umum, model Simulink dapat digunakan untuk mempelajari kinerja dari setiap sistem tenaga hibrid. Dengan Simulink untuk sumber energi terbarukan, operasi dinamis dan strategi sistem kontrol dapat dengan mudah dimasukkan ke dalam sistem model hibrid power listrik yang ada untuk mempelajari kinerja sistem secara keseluruhan. Simulasi dilakukan inverter dan mesin diesel generator yang berbagi beban aliran dan respon dinamis. Hasil simulasi digunakan untuk merancang sistem kontrol yang komprehensif dan memprediksi dampak sistem tenaga untuk mengintegrasikan sistem listrik tenaga surya dan diesel.

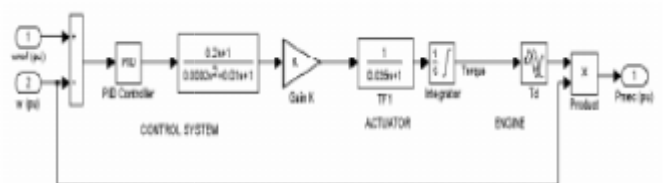
Sebuah model dari sistem pembangkit listrik tenaga diesel dan inverter dibangun menggunakan Matlab Simulink. Model Simulink dikembangkan sehingga dapat digunakan untuk mempelajari kinerja sistem beban aliran daya. Dengan Simulink, blok-blok dibangun mewakili komponen sistem dapat dengan mudah dimasukkan ke dalam model daya sistem hibrid. Simulink juga memungkinkan operasi dinamis dan strategi kontrol yang akan dimasukkan ke dalam model sistem tenaga hybrid untuk mempelajari kinerja dinamis dari sistem. Diagram blok keseluruhan dari sistem saat ini ditampilkan pada Gambar. 3. Model ini terdiri dari dua subsistem besar yang terkandung di blok seperti yang ditunjukkan gambar 3 di atas.

Model Simulasi 10 KVA power konverter :

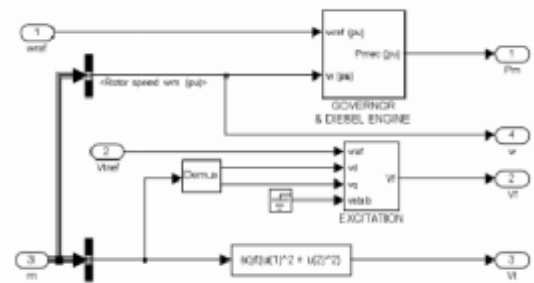


Gambar 4. Regulator tegangan sub sistem

Model 8 KVA generator set diesel :



Gambar 5. Governor dan mesin diesel

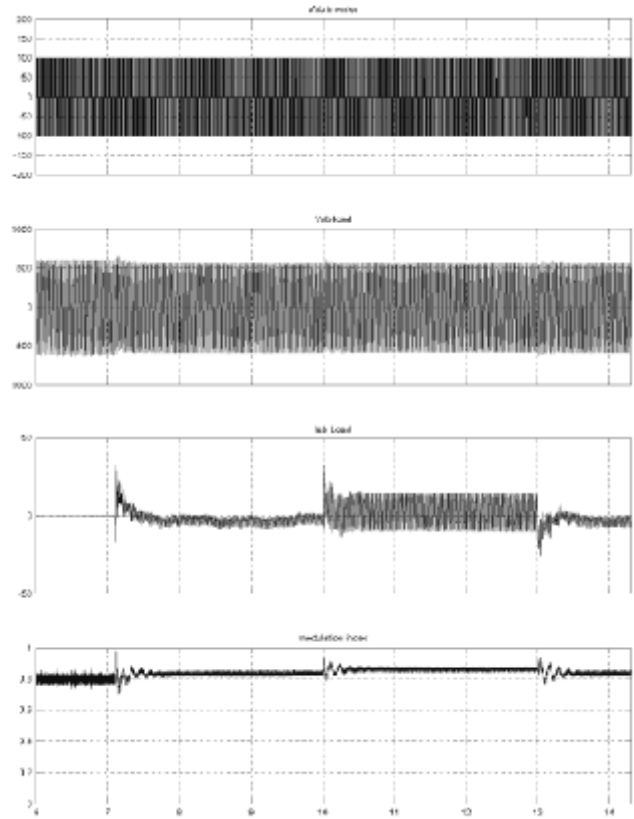


Gambar 6. Sub sistem Tegangan dan Kontrol Kecepatan

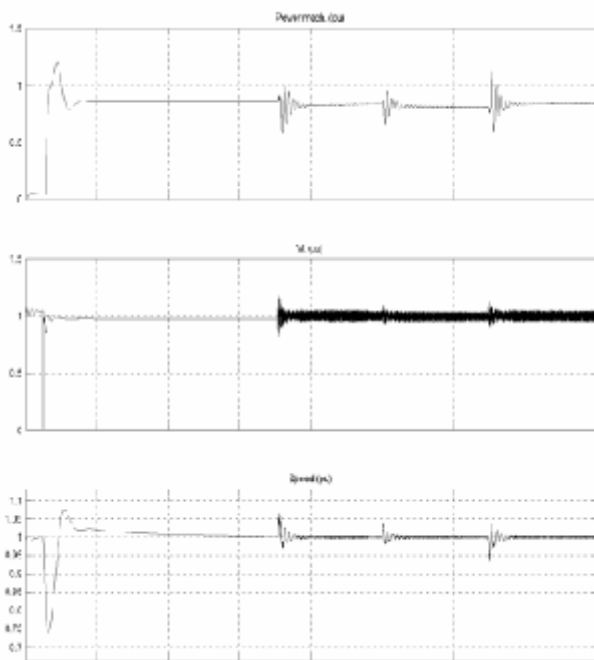
Blok mesin sinkron dapat dioperasikan dalam mode generator. Rangkaian setara model diwakili dalam kerangka acuan rotor (bingkai qd). Semua parameter rotor dan jumlah listrik yang dilihat dari stator dan model parameter yang ditetapkan.

4. Simulasi dan Hasil

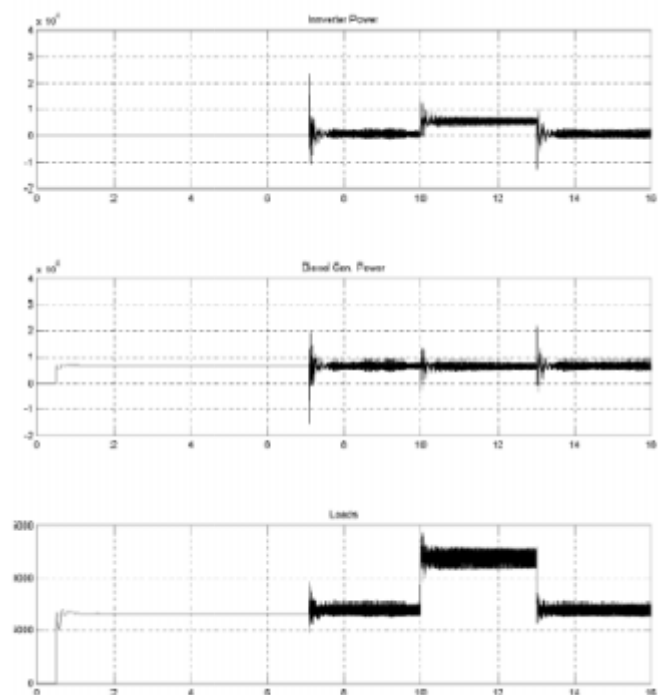
Tegangan utama dari sistem hibrid adalah 400 Volt (single fase 230 volt rms). Diasumsikan bahwa tegangan DC dari sistem konverter adalah sumber tegangan DC konstan. Generator diesel mensuplai 7 kW beban resistif setelah 0.5 detik saat mesin stabil. Generator diesel secara konstan bertegangan 220 volt. Pada frekuensi stabil 50 Hz konverter dan diesel secara sinkron pada waktu 7.1 detik dan arus konverter bergeser 31° . Saat beban resistif 5 KW naik merubah beban pada 10 detik yang ditunjukkan pada gambar 8, 9 dan 10. Arus utama dari konverter naik selama perubahan beban dan membutuhkan waktu sekitar 6 siklus hingga mencapai kondisi steady state. Demikian pula, ketika tegangan kembali ke normal, arus konverter masih mempertahankan seperti ditunjukkan pada Gambar. 8b. Karena beban 5 kW ditarik dari sistem daya, konverter juga mengurangi daya tetapi generator tetap mempertahankan tingkat yang sama seperti gambar 9.



Gambar 8. (a) Vab Output PWM inverter , (b) Vab Tegangan Inverter, (c) Arus Inverter, (d) Indeks Modulasi



Gambar 7. (a) Output daya generator (pu), (b) Tegangan Eksitasi (pu), (c) Kecepatan mesin/ frekuensi (pu)



Gambar 9. (a) daya output inverter, (b) daya output generator diesel, (c) konsumsi beban

5. Conclusion

Simulasi hibrid solar energi dan diesel dengan Simulink Matlab telah dimodelkan dan dilakukan pengujian dengan beberapa langkah simulasi. Hasil simulasi untuk membantu dan mengevaluasi perilaku transien aliran daya dalam sistem. Investigasi telah dikhususkan untuk mempelajari perilaku dinamis dalam perubahan beban normal dan langkah dalam kondisi berbeban. Oleh karena itu, osilasi dalam daya dan frekuensi terjadi dengan periode yang ditimbulkan oleh sumber dengan konstanta waktu terbesar.

Osilasi ini mungkin berlebihan untuk pengoperasian sistem daya. Osilasi dan ketidakstabilan dapat dihindari dengan menggunakan inverter dengan kontrol digital yang lebih baik.

Pustaka

- [1] "MATLAB Simulink, dynamic system simulation software". The Maths Works Inc., 1994-2005
- [2] S. Roy, O. P. Malik and G. S. Hope, An adaptive control scheme for speed control of diesel driven power plants, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol.6., No.4, 1991.
- [3] S. Roy, O. P. Malik and G. S. Hope, A k-step predictive scheme for speed control of diesel driven power plants, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 29, No. 2, 1993.
- [4] B. Kuang, Y. Wang and Y.L. Tan, An H_{∞} Controller Design for Diesel Engine Systems, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol., No., 2000.
- [5] D. W. Augustine and K.S. P. Kumar, A method for self-tuning a PID controller for control of small to medium sized diesel engines, IEEE International Conference on System Engineering, P.85-88 1-3 Aug. 1991.
- [6] Paul C. Krause, Analysis of Electric Machinery, McGraw Hill, 1987.
- [7] Ashari M., Nayar C.V., Islam S., Steady-state performance of a grid interactive voltage source inverter, IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, 2001. Vol. 1, P.650 – 655 July 2001
- [8] Nayar C.V., Ashari M., Keerthipala, W.W.L., A grid-interactive photovoltaic uninterruptible power supply system using battery storage and a back up diesel generator, IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 15, Issue 3, Ps. 348 – 353, Sept. 2000