



SINKRONISASI DAN MONITORING GENERATOR DENGAN PENGENDALI BERBASIS ARDUINO MEGA 2560

Dimas Bagus Prasetyo¹, Agus Kiswantonono²

^{1,2}Program Studi Sistem Tenaga, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Bhayangkara Surabaya
Jl. Ahmad Yani No.14, Ketintang, Kec. Gayungan, Kota SBY, Jawa Timur 60231

Email : ¹prasetya658@gmail.com, ²kiswantonono@gmail.com

ABSTRACT

A generator that connected with the electrical grid should previously be synchronized. The synchronization requires equal of phase sequence, voltage magnitude and frequency between the generator and grid, and also the phase angle between both source voltages should be at minimum difference. Hence, an automatic control is required on the prime mover and generator excitation system to meet the requirements. This study proposes automatic control of a generator prime mover and excitation system using a controlled rectifier. The controller is based on Arduino Mega for processing the measurement results of voltage and frequency from both generator and grid. The difference of the measurement is used as a basis for control of the prime mover and excitation system. Then, Arduino Mega outputs the firing angle signal for controlling the prime mover and excitation through a controlled rectifier module

Keywords – Electrical Grid, Synchronized, Generator, Arduino Mega

ABSTRAK

Generator yang akan terhubung ke dalam sistem jala-jala listrik harus melalui proses sinkronisasi. Syarat-syarat sinkronisasi adalah generator dan jala-jala sistem harus mempunyai magnitudo tegangan, urutan fasa, dan frekuensi yang sama, serta beda fasa sekecil mungkin. Oleh sebab itu diperlukan pengaturan otomatis penggerak mula (PM) dan sistem eksitasi generator untuk memenuhi syarat sinkronisasi tersebut. Dalam makalah ini diusulkan suatu pengaturan otomatis penggerak mula dan sistem eksitasi menggunakan penyearah terkendali dari suatu sumber tegangan AC konstan menjadi tegangan DC variabel. Suatu pengendali berbasis Arduino Mega digunakan untuk mengolah hasil pengukuran sensor tegangan dan frekuensi dari generator dan jala-jala listrik. Selisih hasil pengukuran sensor-sensor tersebut digunakan sebagai dasar pengaturan PM dan sistem eksitasi. Keluaran pengendali adalah sudut penyalan untuk pengaturan PM dan sistem eksitasi melalui suatu modul penyearah terkendali.

Kata Kunci – Jala-Jala Listrik, Sinkronisasi, Generator, Arduino Mega

I. PENDAHULUAN

Generator merupakan komponen vital dalam pengembangan sistem pembangkitan energi listrik. Dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih serta maju, menuntut bangsa Indonesia untuk dapat menguasai guna menunjang pembangunan yang sedang berlangsung di Indonesia. Sektor industri dengan segala kemampuan teknologinya menjadi prioritas bangsa kita sebagai sarana dalam mewujudkan masyarakat adil dan makmur yang berkesinambungan. Generator sebagai sumber energi listrik dalam sistem perlu diamankan agar tidak mengalami kerusakan. Kerusakan generator akan mengganggu jalannya operasi sistem tenaga listrik. Generator merupakan peralatan yang penting dan nilainya juga cukup mahal, sehingga diusahakan untuk mencegah gangguan dengan secara cepat dan tepat. Sistem daya elektrikal utamanya terdiri dari sebuah generator, jalur transmisi dan distribusi beban.

Dalam banyak kasus dibutuhkan untuk menghubungkan lebih dari satu generator ke sistem. Beberapa keuntungan untuk memakai sistem multi generator secara paralel termasuk untuk menambah kehandalan, meningkatkan kapasitas, fleksibel dan efisien. Sistem operasi generator paralel dapat menambah efisiensi yang tinggi terhadap beban. Ketika menghubungkan sebuah generator yang saling berhubungan ke dalam sistem yang berisi banyak generator, tegangan, fasa dan frekuensi ke terminal harus disamakan satu dengan yang lainnya. Generator akan rusak jika generator dioperasikan terpisah dari sistem tersebut. Oleh karena itu perangkat sinkronisasi mempunyai peran yang penting dalam sinkronisasi generator. Generator sinkron merupakan jenis mesin listrik yang

berfungsi untuk menghasilkan tegangan bolak-balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis diperoleh dari putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak mula (prime mover), sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya. Sinkronisasi generator tersebut untuk menjaga kontinuitas pelayan energi listrik pada industri garmen akibat suplai listrik dari sumber PLN padam. Kekurangan dari sinkronisasi manual adalah waktu sinkron yang lebih lama sehingga biaya sinkronisasi manual lebih besar dari pada sinkronisasi dengan pengendali. Sehingga didalam penelitian selanjutnya perlu digunakan Arduino Mega 2560 untuk rancangan kontrol yang kompleks karena mempunyai kapasitas memori dan pemrograman terbesar dan port terbanyak [1].

Generator Sinkron

Arus bolak-balik (AC) generator biasanya disebut sebagai sinkron generator atau alternator. jenis mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan bolak-balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis diperoleh dari putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak mula (prime mover), sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya.

Sebuah mesin generator beroperasi dikecepatan sinkron, yaitu, pada kecepatan di mana medan magnet yang diciptakan oleh kumpulan kumparan berputar. Seperti yang ditunjukkan pada persamaan di bawah ini dimana untuk sinkron kecepatan N , diputar per menit (rpm) [2].

$$N = 120 f / P$$

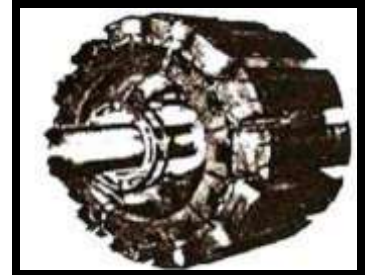
(1)

Dimana f adalah frekuensi dalam hertz (Hz) dan P adalah jumlah kutub di mesin. Dengan demikian, untuk generator sinkron 4-tiang untuk menghasilkan listrik pada 50 Hz, kecepatan rotasi harus 1.500 rpm. Di sisi lain, motor sinkron 4-tiang yang beroperasi dari sumber 50-Hz berjalan pada 1500 rpm. Prinsip kerja generator sinkron adalah menggunakan prinsip induksi elektromagnetik dimana disini rotor berlaku sebagai kumparan medan (yang menghasilkan medan magnet) dan akan menginduksi stator sebagai kumparan jangkar yang akan menghasilkan energi listrik. Pada belitan rotor diberi arus eksitasi DC yang akan menciptakan medan magnet [3].

Konstruksi Generator Sinkron

Dalam semua generator bolak-balik medan diletakkan pada bagian yang berputar atau rotor, dan lilitan jangkar pada bagian yang diam atau stator dari mesin. Medan yang berputar dicatu/dieksitasi dengan arus searah melalui cincin slip dan sikat-sikat, atau melalui hubungan kabel langsung antara medan dan penyearah yang berputar jika digunakan sistem eksitasi tanpa sikat-sikat (brushless). Ada dua jenis yang berbeda dari struktur medan generator sinkron, yaitu tipe kutub-sepatu (salient) dan silinder. Rotor tipe kutub-sepatu Generator kecepatan rendah yang digerakkan oleh mesin diesel

atau turbin air mempunyai rotor dengan kutub medan yang menonjol atau kutub medan sepatu seperti rotor yang ditunjukkan dalam Gambar 1[4].



Gambar 1. Rotor Kutub Sepatu Untuk Generator Sinkron Kecepatan Rendah

Generator kecepatan tinggi atau tipe turbo mempunyai rotor silinder seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2. Rotor yang ditunjukkan pada Gambar 2 dirancang untuk bekerja pada 3000 rpm. Konstruksi silinder penting dalam mesin kecepatan tinggi karena tipe kutub sepatu sukar dibuat untuk menahan tekanan pada kecepatan tinggi. Generator sinkron dengan konstruksi rotor silinder digerakkan oleh turbin uap atau gas[5].



Gambar 2. Rotor Tipe Silinder Untuk Generator Sinkron 3000 Rpm

Memparalelkan Generator

Sebelum dua generator sinkron diparalelkan harus dipenuhi beberapa syarat – syarat berikut ini:

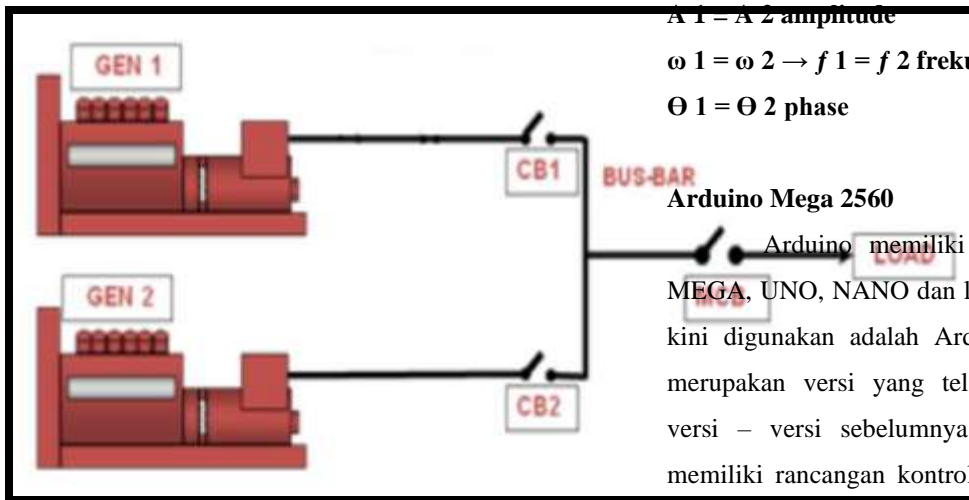
1. Urutan fasanya harus sama
2. Sudut fasanya harus sama
3. Tegangannya harus sefase
4. Frekuensinya harus sama

Jika dua generator beroperasi dan persyaratan ini dipenuhi maka dikatakan dalam keadaan sinkron [6]. di Gambar 3.

Komponen tegangan masing - masing harus harus sama seperti yang disebutkan dalam definisi di atas yang menyiratkan bahwa : [7].

$$A_1 \cos(\omega_1 t + \theta_1) = A_2 \cos(\omega_2 t + \theta_2) \tag{3}$$

Dari persamaan di atas, didapatkan



Gambar 3. Pengkoneksian Dua Generator Secara Paralel

Untuk menggambarkan definisi sinkronisasi dengan menggunakan fungsi volt, komponen yang disediakan oleh generator tersebut adalah sebagai berikut :

$$V = A \cos(\omega t + \theta) \tag{2}$$

(2)

Jika tegangan dari generator pertama adalah $A_1 \cos(\omega_1 t + \theta_1)$ dan tegangan dari generator kedua adalah $A_2 \cos(\omega_2 t + \theta_2)$, kemudian jika dengan menghubungkan dua generator dalam satu bus.

$A_1 = A_2$ amplitude

$\omega_1 = \omega_2 \rightarrow f_1 = f_2$ frekuensi

$\theta_1 = \theta_2$ phase

Arduino Mega 2560

Arduino memiliki beberapa jenis seperti MEGA, UNO, NANO dan lainnya. Sedangkan yang kini digunakan adalah Arduino Mega 2560 yang merupakan versi yang telah disempurnakan dari versi - versi sebelumnya. Arduino Mega 2560 memiliki rancangan kontrol yang kompleks dengan kapasitas memori dan pemrograman terbesar dan port terbanyak. Arduino Mega 2560 merupakan papan mikrokontroler berbasis ATmega 2560 (datasheet ATmega 2560). Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset [8] [9] [10].



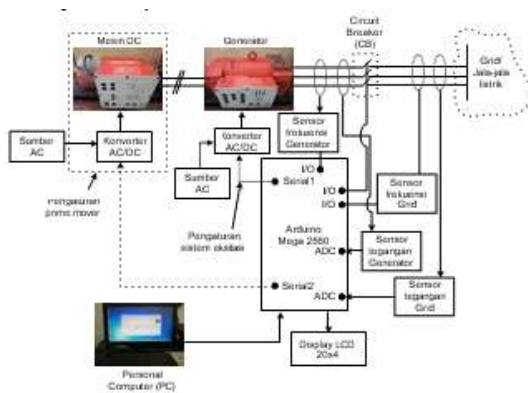
Gambar 4. Minimum Sistem Arduino (*Datasheet* Arduino)

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Blok Rancangan Sistem

Pengaturan prime mover untuk mengatur frekuensi generator diperoleh dari pengaturan motor DC shunt oleh konverter AC/DC terkontrol (input AC konstan dengan output DC variabel). Sumber DC untuk sistem eksitasi generator juga diperoleh dari konverter AC/DC terkontrol. Untuk sinkronisasi, prime mover dan sistem eksitasi diatur berdasarkan selisih frekuensi dan tegangan generator terhadap jalal-jala dari sensing sensor frekuensi dan sensor tegangan. Blok rancangan sistem ditunjukkan pada Gambar 5



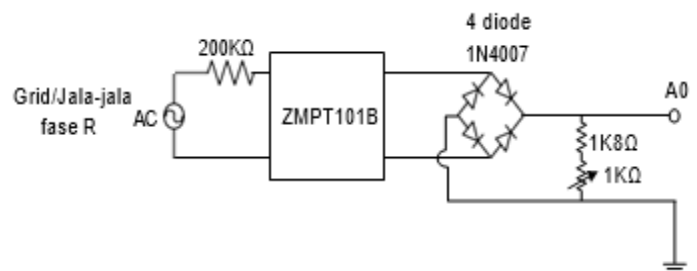
Gambar 5. Blok Diagram Rancangan Sistem

Gambar 6 adalah rancangan konverter AC/DC terkontrol untuk motor DC shunt sebagai prime mover dan untuk sistem eksitasi. Komponen utama konverter adalah SCR dan diode. Penelitian ini menggunakan SCR 2P4M. Kapasitas arus SCR 2P4M sebesar 2 A dengan tegangan forward maksimum 500 V [10] dan

diode tipe IN5407. Kapasitas arus diode IN5407 adalah 3 A dan tegangan reverse maksimum sebesar 800 V [11]. Rangkaian konverter dilengkapi dengan zero crossing untuk mendeteksi perubahan tegangan pada fase positif ke fase negatif atau sebaliknya. Input rangkaian zero crossing berupa sumber AC dan output ke port interrupt (port 2) arduino pro mini. Rangkain zero crossing untuk pilot penyalan SCR. SCR dinyalakan dengan rangkaian penyalan melalui port 8 untuk SCR 1 dan port 9 untuk SCR 2. Untuk mengisolasi arduino pro mini dari rangkaian penyalan digunakan optocoupler (PC817x).

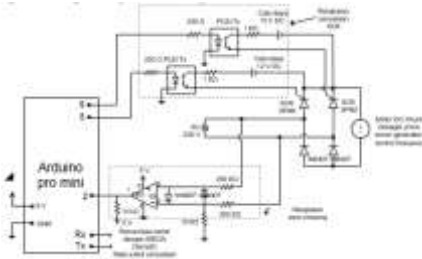
Gambar 6. Rangkaian penyearah terkontrol

Gambar 7 adalah rangkaian sensor tegangan. Komponen utama sensor tegangan adalah transformator tegangan ZMPT101B. ZMPT101B



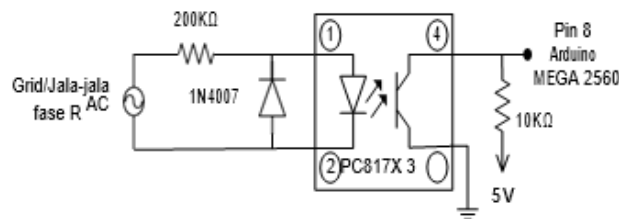
mempunyai perbandingan primer sekunder, 1:1. Arus maksimum yang dapat mengalir pada sisi primer dan sekunder 2 mA. Resistor 200 kOhm untuk membatasi arus pada sisi primer. Pada sisi sekunder tegangan AC disearahkan menggunakan penyearah jembatan menggunakan diode IN4007.

tegangan dan frekuensi. Langkah berikutnya adalah merancang konverter AC/DC terkontrol untuk pengendali frekuensi dan sistem eksitasi generator. Konverter AC/DC terkontrol diuji dengan mengatur sudut penyalan SCR. Apabila hasil uji belum optimal dilakukan redesain konverter.



Gambar 7. Rangkaian Sensor Tegangan

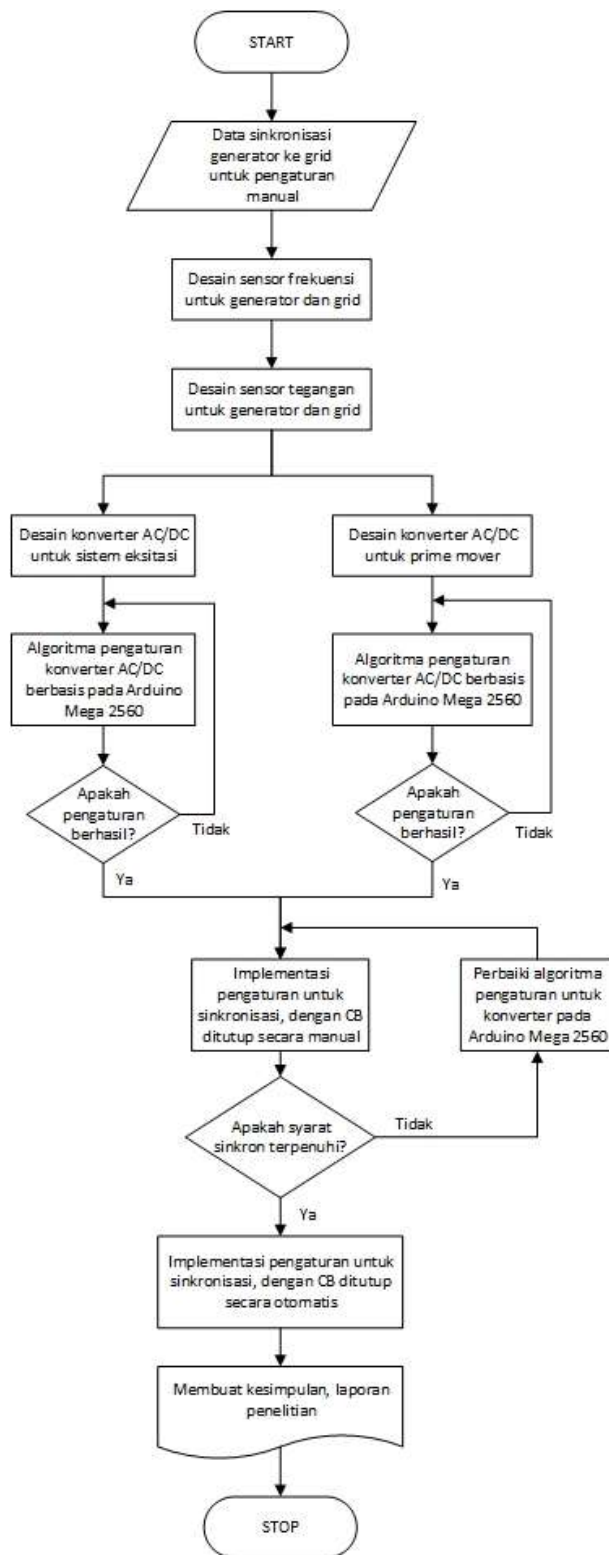
Rangkaian sensor frekuensi ditunjukkan pada Gambar 8. Komponen utama sensor frekuensi adalah optocoupler PC817x. PC817x untuk mengisolasi sumber AC grid dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560.



Gambar 8. Rangkaian Sensor Frekuensi

B. Diagram Alir Penelitian

Gambar 9 menunjukkan diagram alir penelitian. Pada tahap persiapan, dilakukan pengukuran variabel-variabel sinkronisasi, seperti; magnitud tegangan, frekuensi dan beda fase sebagai dasar untuk perancangan sensor



Gambar 9. Diagram alir penelitian

III. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shihab, M.K., Nrartha, I.M.A., Suksmadana, I.M.B., 2018, "Analisis Arus Starting Dan Torsi Pada Motor Induksi Tiga Fasa Terhadap Pemasangan Kapasitor Secara Real Time Berbasis Atmega 2560", Jurnal Dielektrika, Vol. 5, No. 2, pp. 99 - 107. Tersedia pada: <<http://dielektrika.unram.ac.id/index.php/dielektrika/article/view/167>>
- [2] Makarimal Fasya, Arina., 2019, "Pengukur Arus, Tegangan, dan Kecepatan Generator berbasis Arduino UNO pada Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro", Jurnal Tugas Akhir Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Yogyakarta
- [3] Sitti Wetenriajeng Sidehabil, St. Nurhayati Jabir, 2018, "Pengontrolan Genset Jarak Jauh Melalui Website Berbasis Mikrokontroller Arduino MEGA 2560-16AU", Seminar Nasional ke - 9: Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi
- [4] Lutfianto, Faqih Rofi'i, Moch. Mukhsim, 2018 "Sistem Pengendalian Generator Set Secara Wireless Berbasis Arduino Dengan Modbus Tcp Dan Logika Fuzzy", Teknika : Engineering and Sains Journal ISSN 2579-5422 online Volume 2, Nomor 1, Juni 2018, 1-10
- [5] I Made Ari Nrartha Sultan, Agung Budi Muljono, I Made Ginarsa, Warindi, 2020 "Sinkronisasi Generator Dengan Pengendali Berbasis Arduino Mega 2560" Dielektrika, [P-ISSN 2086-9487] [E-ISSN 2579-650x] 30 Vol. 7, No.1 : 30 - 37, Pebruari 2020
- [6] Gellen Twin Agiantoro* dan Moh Toni Prasetyo, 2018, "Sinkronisasi Generator 3 Fasa Dengan Kapasitas Daya 511 Kva Dan 820 Kva Yang Berbeban Di Pt Ungaran Sari Garments", G7,

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang

[7] Martanto, Rb Dwiseno Wihadi, Ronny Dwi Agusulistyo, Tjendro, 2020, "*Penampil Gelombang Tegangan dan Arus Berbasis Arduino Due untuk Generator AC Tiga Fasa*", Vol. 8 | No. 2 | Halaman 336 – 346 DOI : <http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v8i2.336> Mei 2020

[8] Zuly Budiarmo, Wiwien Hadikurniawati dan Agung Prihandono, 2019, "*Rekayasa Sistem Kendali Generator Sinyal XR-2206 Berbasis Arduino UNO R3*", *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK* Volume 19, No.2, Juni 2019 : 101-111

[9] Aji Krisna Andriansah, 2020, "*Sistem Pengaturan Beban Generator Satu Fasa Secara Otomatis Berbasis Arduino Uno*", *Jurnal Teknik Elektro*, Volume 09 Nomor 02 Tahun 2020, 339 – 346, Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya

[10] Surya Hidayat, I Made Ari Nrartha, dan Ida Bagus Fery Citarsa, 2019, "*Perancangan Proteksi Dan Monitoring Generator Sinkron Tiga Fase Berbasis Arduino Mega 2560*", *Jurnal Tugas Akhir*