

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Generator adalah suatu mesin listrik dengan prinsip induksi elektromagnetik yang mengubah energi mekanik menjadi energi, dimana kumparan jangkar merupakan tempat terangkitnya ggl yang dihubungkan ke beban listrik. Generator berdasarkan keluarannya terbagi atas generator AC dan generator DC. Generator induksi (*Asynchronous Machine*) merupakan salah satu jenis generator AC dimana kecepatan medan putar tidak sama dengan kecepatan rotor ($N_s \neq N_r$) [1]. Sedangkan generator sinkron (*Synchronous Machine*) memiliki kecepatan medan putar yang sama dengan kecepatan rotor ($N_s = N_r$).

Generator induksi banyak dipilih sebagai pembangkit energi terbarukan, karena dengan *prime mover* yang tidak konstan asalkan kecepatan turbin dapat berputar melebihi kecepatan sinkronnya maka generator induksi tetap dapat membangkitkan tegangan nominalnya [2], seperti Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) & Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Generator induksi memiliki banyak kelebihan, salah satunya yaitu pemeliharaan yang lebih murah daripada generator sinkron.

Rotor pada generator induksi terbuat dari bahan feromagnetik yang bekerja dengan memanfaatkan fluks sisa pada rotornya [3]. Fenomena fluks sisa pada rotor ini sesuai dengan kurva histerisis [4]. Gaya gerak listrik pada kumparan jangkar dibangkitkan dengan cara memutar rotor melebihi kecepatan sinkronnya dan menghubungkan kapasitor eksitasi pada kumparan jangkarnya sebagai penyuplai daya reaktif generator induksi. Drop tegangan pada generator akan timbul saat generator diberi beban. Drop tegangan akan semakin besar sebanding dengan pembebanan pada generator. Tegangan pada kumparan jangkar akan hilang saat pembebanan yang dilakukan melewati batas ratingnya ataupun kapasitor eksitasi sebagai suplai daya reaktifnya tidak mencukupi untuk kebutuhan generator tersebut sehingga menyebabkan tegangan keluaran akan hilang dan bernilai sangat kecil. Fluks sisa dan kapasitor eksitasi tidak dapat menyesuaikan suplai daya reaktifnya dengan beban sehingga keluaran dari generator tidak dapat dipertahankan. Gangguan hubung singkat pada generator induksi dapat menyebabkan kehilangan magnet sisa pada rotornya [5].

Generator induksi membutuhkan daya reaktif untuk menghasilkan tegangan keluarannya [6]. Generator induksi yang terhubung ke *grid* mendapatkan daya reaktif dari jaringan listrik dan juga bisa dari kapasitor eksitasi. Kapasitor eksitasi digunakan untuk menghasilkan tegangan awal generator induksi. Suplai daya reaktif sangat penting agar generator induksi dapat menghasilkan dan mempertahankan tegangan nominalnya [7]. Pembebanan yang berlebihan dapat menyebabkan generator induksi membutuhkan lebih banyak daya reaktif, dan jika

tidak tercukupi, generator induksi dapat berhenti beroperasi. Pada generator sinkron, kebutuhan daya reaktif bisa di suplai dari pengaturan besaran dari nilai arus eksitasi yang mengalir ke rotor dengan *output* medan magnet.

Kapasitor merupakan komponen penting pada generator induksi sebagai suplai daya reaktif. *Fixed* kapasitor merupakan kebutuhan dasar generator induksi berpenguatan sendiri untuk mencapai tegangan nominalnya. Karena pembebanan generator bersifat fluktuatif berdasarkan kebutuhan konsumen, maka nilai kapasitor yang dibutuhkan untuk menyuplai daya reaktif pada generator induksi juga berubah-ubah [8]. Apabila tidak ada tambahan suplai daya reaktif pada pembebanan generator induksi maka akan timbul drop tegangan dan apabila pembebanan berlebihan bahkan bisa menyebabkan tegangan keluaran bernilai sangat kecil.

Pembebanan generator yang bersifat fluktuatif membutuhkan daya reaktif yang berubah-ubah juga. Dari hal tersebut dibutuhkan sistem *switching* kapasitor yang dapat membantu menyuplai daya reaktif ke generator akibat fluktuasi pembebanan dari generator induksi. *Switching* kapasitor dengan metode *binary weighted* membuat pensaklaran kapasitor memiliki banyak nilai bertingkat sesuai sistem biner sehingga penggunaan kapasitor bervariasi nilainya [9]. Metode *binary weighted* merupakan metode pensaklaran kapasitor yang lebih efisien karena penggunaan kapasitor dapat diatur sesuai kebutuhan. *Switching* kapasitor sebagai suplai daya reaktif memiliki beberapa kekurangan, salah satunya adalah menimbulkan arus awal yang besar saat kondisi kapasitor kosong atau yang biasa disebut dengan arus *inrush* [10], [11].

Pengontrolan sistem biasanya menggunakan peralatan kontrol yang andal dari sisi aplikasinya seperti DCS dan PLC. PLC merupakan suatu peralatan kontrol yang bisa mengotomatiskan fungsi tertentu baik secara lokal ataupun secara universal menggunakan SCADA. SCADA atau *Supervisory Control and Data Acquisition* merupakan suatu *interface* yang bersifat terpusat dan biasanya terdiri dari banyak alat kontrol serta banyak jenis komunikasi. Untuk *interface* yang bersifat lokal biasanya menggunakan HMI untuk pengaplikasiannya. HMI atau *Human-Machine Interface* biasanya merupakan tahap awal pada sisi automasi untuk menggambarkan suatu sistem proses yang dapat kontrol melalui sebuah layar.

Dari penjabaran permasalahan di atas, maka dilakukan penelitian yang berjudul “Pengaturan Daya Reaktif Menggunakan *Switching* Kapasitor Metode *Binary Weighted* untuk Generator Induksi Terhubung ke *Grid* Menggunakan PLC Berbasis HMI”. Penelitian ini dilakukan dengan perancangan modul sistem kontrol daya reaktif dengan kombinasi *fixed* kapasitor dengan *switching* kapasitor metode *binary weighted* pada pembebanan generator induksi terhubung ke grid. Penelitian ini diharapkan bisa bermanfaat untuk penelitian selanjutnya dan dapat meminimalisir kekurangan dari penggunaan generator induksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan diatas, maka permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tahapan yang dilakukan untuk perancangan modul pengaturan kebutuhan daya reaktif kombinasi *fixed* kapasitor dengan *switching variable* kapasitor metode *binary weighted* pada generator induksi menggunakan PLC berbasis HMI?
2. Bagaimana menggambarkan *design interface* proses dari modul pengaturan daya reaktif untuk generator induksi yang terhubung ke *grid* ke dalam HMI yang dikontrol dengan PLC?
3. Bagaimana kinerja modul pengaturan daya reaktif untuk generator induksi terhubung ke *grid* serta kinerja *interface* HMI yang dikontrol dengan PLC?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang & membuat *interface* sistem pengaturan daya reaktif dengan kombinasi *fixed* kapasitor dengan *switching variable* kapasitor metode *binary weighted* menggunakan PLC berbasis HMI.
2. Menunjukkan kinerja *interface* pada HMI yang dikontrol PLC terhadap sistem pengaturan daya reaktif generator induksi terhubung ke *grid*.
3. Menunjukkan dampak dari *set point* yang di *setting* pada *interface* HMI terhadap pengaturan daya reaktif pada generator induksi terhubung ke *grid*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel kapasitor dibagi menjadi 5 nilai yang bertingkat nilainya dan aktif setelah pengoperasian tanpa beban.
2. Pembebanan generator induksi berasal dari *grid* dimana suplai daya yang disalurkan diatur dari *prime mover* yang di kopel pada generator DC.
3. Nilai parameter generator induksi serta nilai dasar kapasitor variabel disesuaikan dengan alat yang ada di laboratorium.
4. *Inrush current* saat proses *switching* dari *variable* kapasitor di luar dari *scope* penelitian ini.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Merancang sistem pengaturan daya reaktif dengan kombinasi *fixed* kapasitor dan *switching* kapasitor metode *binary weighted* dan menentukan pengaruh pengoperasian generator induksi terhubung ke *grid* setelah modulnya dipasangkan menggunakan kontrol PLC berbasis HMI.
2. Merancang sistem pengaturan daya reaktif yang dapat diatur untuk menyuplai ataupun menyerap kebutuhan daya reaktif terhadap *grid* sesuai dengan kebutuhan pengoperasiannya menggunakan modul kompensasi daya reaktif (*fixed & variabel* kapasitor) melalui *interface* HMI dan kontrol PLC.

3. Untuk skala yang lebih kompleks, sistem ini bisa diintegrasikan ke SCADA karena sistem ini merupakan *basic interface* serta pengaturan satu sistem kebutuhan daya reaktif dari generator.
4. Juga diharapkan penelitian ini membantu mengoptimalkan penggunaan dari generator induksi.

1.6 Kontribusi Penelitian

Penelitian terkait kebutuhan daya reaktif menggunakan *switching* kapasitor metode *binary weighted* sudah pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya seperti simulasi pada simulasi menggunakan Simulink Matlab [12], sistem kompensasi menggunakan *switching* kapasitor metode *binary weighted* berbasis PLC dengan 4 tingkat nilai *variable* kapasitor [13], serta sistem kompensasi menggunakan *switching* kapasitor metode *binary weighted* berbasis PLC dengan 5 tingkat nilai *variable* kapasitor [14]. Keterbaruan pada penelitian ini yaitu menggunakan HMI yang berfungsi sebagai monitoring parameter generator induksi terhubung ke *grid* serta *input* nilai *set point* dari kebutuhan daya reaktif baik itu memenuhi kebutuhannya sendiri, menyuplai daya reaktif dari *grid*, maupun menyerap daya reaktif dari *grid* menggunakan modul kompensasi daya reaktif (*fixed & variable* kapasitor). Implementasi dari HMI ini akan memudahkan *user* dalam pemenuhan kebutuhan daya reaktif pada pengoperasian generator induksi terhubung ke *grid* yang sangat *applicable* dengan dunia industri serta dapat diintegrasikan nantinya dengan sistem yang lebih besar yang terintegrasi menggunakan SCADA.

1.7 Sistematika Penelitian

Bagian utama tulisan ini secara sistematis dibagi menjadi beberapa bab untuk memudahkan pembaca memahaminya. Sistematika tugas akhir ini terdiri dari:

- Bab I Pendahuluan, bab ini membahas mengenai latar belakang dari masalah dalam pembuatan tugas akhir ini, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan yang akan dicapai, kontribusi penelitian dan sistematika penulisan.
- Bab II Tinjauan Pustaka, bab ini membahas tentang materi berupa komponen, metode yang digunakan, dan teori pendukung lainnya.
- Bab III Metodologi Penelitian, berisi penjelasan langkah-langkah pelaksanaan penelitian mulai dari identifikasi masalah, perancangan, dan analisis dan evaluasi.
- Bab IV Hasil dan Analisa, berisi penjelasan mengenai proses dan hasil pengujian dari sistem yang telah dibuat serta analisa dari hasil pengujian tersebut.
- Bab V Berisi kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini beserta saran untuk penelitian selanjutnya untuk hasil yang lebih baik berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari penelitian.