

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas daya menjadi salah satu aspek yang sangat penting bagi pengelola dan pengguna energi listrik. Menurut perkiraan *the Electric Power Research Institute* (EPRI) kerugian yang terjadi akibat masalah pada kualitas daya diperkirakan mencapai \pm USD 15-24 milyar/tahun di USA (Yudha, 2017).

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas daya yang di berikan kepada beban atau konsumen adalah keberadaan harmonisa dalam sistem jaringan listrik. Secara umum harmonisa muncul karena banyaknya penggunaan beban non linier seperti komputer, televisi, lampu dengan *ballast* elektronik maupun *ballast* magnetik, *tape recorder*, dan peralatan elektronik lainnya dimana peralatan-peralatan tersebut menggunakan rangkaian semikonduktor atau komponen elektronika daya yang menyebabkan distorsi terhadap gelombang sinusoidal pada tegangan dan arus (Prabowo et al., 2015).

Dampak buruk dari adanya harmonisa pada jaringan listrik diantaranya dapat menyebabkan rugi-rugi daya, panas yang berlebih pada trafo, adanya *noise* atau interferensi pada saluran telekomunikasi, dan terjadinya gangguan kinerja peralatan listrik maupun elektronik (Setiyono et al., 2020), sehingga meminimalkan penyebaran arus harmonisa perlu dilakukan guna mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan yang berada dalam jaringan listrik.

Harmonisa dapat diperkecil dengan cara pemasangan filter harmonisa. Filter harmonisa dibagi menjadi filter pasif dan filter aktif (Prabowo et al., 2015). Filter pasif telah banyak digunakan dalam mengatasi masalah harmonisa karena filter ini

memerlukan biaya pembuatan yang rendah dan struktur yang sederhana, akan tetapi filter pasif ini hanya dapat digunakan untuk memfilter satu frekuensi harmonisa (Suharto, 2013), sedangkan didalam kenyataannya besarnya frekuensi harmonisa didalam jaringan listrik selalu berubah-ubah berdasarkan beban yang terpasang, sehingga untuk menutupi kekurangan dari filter pasif tersebut digunakan filter aktif yang dapat mereduksi harmonisa lebih dari satu frekuensi dan dapat mengkompensasi faktor daya (Odinanto et al., 2008).

Filter aktif terdiri dari rangkaian konverter dan rangkaian kontroler (Odinanto et al., 2008). Konverter pada filter aktif merupakan inverter. Inverter bukan hanya digunakan untuk merubah polaritas tegangan atau arus dari *direct current* (DC) menjadi *alternating current* (AC), inverter juga menjadi bagian dari filter aktif yang digunakan untuk mereduksi harmonisa. Sedangkan pada kontroler terdapat dua bagian algoritma; yang pertama adalah menghitung arus referensi yang dibutuhkan dan algoritma yang kedua adalah pengontrol arus.

Kinerja dari sebuah filter aktif didasarkan pada metode yang digunakan untuk mengekstraksi harmonisa dan menghasilkan arus referensi (Chavan et al., 2018). Metode yang digunakan untuk mengekstraksi arus harmonisa dan menghasilkan arus referensi tersebut diantaranya seperti; *Synchronous Reference Frame* (SRF), *Instantaneous Reactive Power Theory* (IRPT) dan skema *Current-based-Source* (CS) (Aboutaleb et al., 2020). Hasil dari ekstraksi harmonisa berupa sinyal referensi yang akan diproses oleh kontroler. Kontroler kemudian akan mengendalikan pensaklaran pada *gating* inverter. Pensaklaran ini menentukan besarnya arus kompensasi sesuai dengan arus referensi yang diberikan. Arus

kompensasi ini akan diinjeksikan kedalam jaringan listrik yang fasa-nya dibuat berbeda 180° (Rinas, 2013).

Beberapa skema kontrol yang biasa digunakan untuk rangkaian pengontrol pada filter aktif yaitu *fuzzy logic*, *proportional integral derivative* (PID), *neural networks*, *sliding mode control* hingga *model predictive control* (MPC) (Rajapakse et al., 2017), masing-masing skema kontrol yang digunakan memiliki karakteristik tersendiri, akan tetapi masing-masing dari skema kontrol tersebut memiliki tujuan yang sama yaitu memenuhi tujuan pengendalian konverter pada filter aktif yang dibuat.

Dalam penelitian ini, digunakan metode *model predictive control* (MPC) pada pengontrolan konverter karena memiliki keunggulan dimana skema kontrol ini dapat diimplementasikan ke berbagai sistem dengan konsepnya yang mudah dipahami, serta memiliki akurasi dan respon yang cepat dalam pengendalian proses pada sistem jika dibandingkan dengan skema kontrol PID (Tarisciotti et al., 2017) (Jichkar & Sondkar, 2017). Sedangkan untuk kekurangannya, MPC membutuhkan hardware yang dapat melakukan penghitungan dengan sangat cepat (Rodriguez & Cortes, 2012).

Penelitian sebelumnya tentang filter aktif telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti penelitian yang dilakukan oleh (Assaffat et al., 2013) dan (Prabowo et al., 2015), namun penelitiannya berupa analisis dan simulasi saja dan tidak diimplementasikan berupa hardware. Selain berupa simulasi, skema kontrol yang digunakan juga berbeda-beda, dan belum banyak yang menggunakan metode MPC sebagai skema kontrol pensaklaran konverter pada sebuah filter aktif (Odinanto et al., 2008) (Dinata et al., 2019).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang pengimplementasian dari hasil ekstraksi harmonisa dalam menghasilkan nilai arus referensi kedalam rangkaian pengontrol dengan metode kendali MPC menggunakan *Field Programmable Gate Array* (FPGA). Pemilihan FPGA sebagai perangkat kendali pada penelitian ini dikarenakan FPGA mampu untuk memungkinkan perancang membangun arsitektur perangkat keras yang efisien dan terintegrasi melalui perangkat lunak yang fleksibel dan memiliki kecepatan clock yang tinggi jika dibandingkan dengan arduino (Rodriguez & Cortes, 2012). Selain itu, FPGA juga dapat diprogram menggunakan MATLAB/Simulink sehingga memudahkan untuk melakukan perancangan menggunakan pemrograman yang lebih sering digunakan dalam penelitian, baik pemodelan maupun perancangan. Sistem yang telah di buat pada MATLAB/Simulink dapat langsung di *generate* dan *upload* kedalam FPGA. Penelitian ini berjudul “Perancangan Kendali Konverter pada Filter Aktif menggunakan metode *Model Predictive Control* berbasis FPGA”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengontrol inverter untuk mereduksi harmonisa berdasarkan arus referensi pada simulasi *FPGA in the Loop* (FIL).
2. Bagaimana kinerja metode *model predictive control* (MPC) pada sistem pensaklaran konverter pada filter aktif menggunakan FPGA.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis implementasi dari arus referensi yang dihasilkan untuk mengontrol inverter dalam mereduksi harmonisa pada simulasi *FPGA in the Loop* (FIL).
2. Menganalisis kinerja metode *model predictive control* (MPC) dengan menggunakan FPGA untuk pensaklaran konverter yang berfungsi sebagai filter aktif.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi berbagai pihak, antara lain:

1. Dapat meminimalisir adanya harmonisa pada jaringan listrik sehingga meningkatkan kualitas daya listrik.
2. Menghasilkan simulator *hardware-in-the-loop* untuk perancangan dan pengujian suatu sistem sebelum diimplementasikan pada *real plant*.
3. Dapat menguji performa kendali MPC pada kontroler yang sudah dirancang.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut berikut:

1. Tidak memperhitungkan proses ekstraksi.
2. Menggunakan inverter sumber tegangan tiga-fasa tiga-kaki
3. Sistem dibuat dalam bentuk simulasi *fpga-in-the-loop* (FIL).
4. Program kendali MPC dibuat dalam bentuk blok simulink.

1.6 Sistematika Laporan

Sistematika pelaporan penelitian ini terdiri beberapa bab, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan penelitian dari penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi bahasan umum mengenai harmonisa, *instantaneous reactive power theory*, filter aktif, inverter, teknik kendali *model predictive control* (MPC), *field programmable gate array* (FPGA), Altera, MATLAB/Simulink, dan simulasi *fpga-in-the-loop* (FIL).

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang bahasan dan tahapan yang dilakukan selama proses penelitian, dimulai dari persiapan penelitian, *flowchart* pada setiap tahapan yang akan dilakukan, hingga tahap untuk mendapatkan data hasil penelitian.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas rincian proses dan hasil penelitian yang dilakukan.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.