

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi listrik Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun, beriringan dengan meningkatnya produktivitas dalam setiap sektor perekonomian dan sosial Indonesia. Pada tahun 2020 lalu total energi listrik yang dikonsumsi berdasarkan statistik PLN tahun 2020 yaitu sebesar 243.582,75 GWh, dengan 46,04% dikonsumsi oleh sektor rumah tangga, 29,66% dikonsumsi oleh sektor Industri dan sebesar 24,3% dikonsumsi oleh sektor bisnis, sosial, kantor pemerintahan dan penerangan jalan umum [1]. Peningkatan konsumsi listrik membuat efisiensi berupa kualitas daya dari tenaga listrik yang digunakan menjadi faktor penting dalam pendistribusian listrik kepada konsumen.

Peningkatan penggunaan peralatan elektronik menjadi salah satu penyebab turunnya kualitas daya yang didistribusikan. Sebagian besar dari peralatan elektronik yang digunakan memiliki beban non-linier yang akan menginjeksikan arus berfrekuensi tinggi pada jala-jala sehingga menyebabkan terjadinya harmonisa [2]. Harmonisa arus pada suatu sistem tenaga listrik akan mengintervensi gelombang sumber atau *fundamental* yang menyebabkan gelombang arus tidak berbentuk sinusoidal murni. Perubahan bentuk gelombang pada jala-jala ini akan menyebabkan peningkatan biaya listrik karena kesalahan ukur pada kWh-meter, penurunan kinerja hingga kerusakan komponen-komponen elektronik.

Harmonisa arus yang dihasilkan oleh beban non-linier dapat direduksi dengan melakukan pemasangan tapis harmonisa. Tapis harmonisa terbagi menjadi tapis pasif dan aktif. Penggunaan tapis pasif dalam mereduksi harmonisa dilakukan dengan memasang komponen induktor dan kapasitor pada frekuensi resonansi tertentu secara paralel dengan beban non-linier. Akan tetapi penggunaan tapis pasif dalam mereduksi harmonisa memiliki kekurangan seperti ukuran fisik tapis yang cukup besar dan kurang fleksibel penggunaannya karena tapis pasif hanya bekerja pada frekuensi tertentu saja, maka perlu dilakukan perhitungan mendalam mengenai karakteristik beban non-linier dan kemungkinan resonansi harmoniknya

sehingga tapis pasif yang dipasang dapat bekerja secara efektif dan tidak terjadi kelebihan beban pada filter [3], [4].

Seiring dengan berkembangnya komponen atau perangkat elektronik seperti *switching* semikonduktor membuat tapis daya aktif jauh lebih diminati sebagai pereduksi harmonisa arus dalam sebuah jaringan listrik. Selain lebih unggul dalam penyaringan harmonisa, dalam segi ukuran tapis aktif jauh lebih kecil dibandingkan tapis pasif, sehingga tapis aktif akan jauh lebih fleksibel dalam pengaplikasiannya. Tapis aktif diklasifikasikan berdasarkan pemasangannya terhadap sistem yakni, tapis aktif seri yang digunakan untuk mengompensasi harmonisa tegangan, tapis aktif paralel (shunt) yang digunakan untuk mengompensasi harmonisa arus dan daya reaktif serta kombinasi antara seri dan paralel yang disebut *unified power quality conditioner* (UPQC) yang dapat mengompensasi harmonisa tegangan dan arus dari sistem. Tapis aktif yang dipasang secara paralel (shunt) terhadap sumber dan lebih diminati dalam mereduksi harmonisa arus dan mengompensasi daya reaktif yang diakibatkan dari penggunaan beban non-linier dengan biaya lebih rendah dan kontrol yang lebih mudah dibandingkan dengan tapis aktif seri dan UPQC [5]. Tapis aktif paralel akan menginjeksikan arus kompensasi dengan *magnitude* yang sama namun fasa yang berlawanan dengan komponen arus harmonisa yang dihasilkan oleh beban non-linier, sehingga gelombang arus pada sistem tiga fasa akan mendekati gelombang sinusoidal kembali [3].

Keandalan tapis daya aktif paralel (tapis daya aktif shunt) dalam mereduksi harmonisa arus bergantung pada teknik kontrol yang digunakan untuk memperkirakan sinyal arus referensi. Kesalahan dalam menentukan perkiraan sinyal arus referensi akan menimbulkan kesalahan dalam reduksi harmonisa arus, sehingga keluaran yang dihasilkan tidak maksimal [6]. Untuk mempermudah pemilihan teknik pengontrolan pada tapis aktif peneliti terdahulu, Raju, Shilpa, Saurabh dan Dhaval telah melakukan perbandingan terhadap tiga teknik kontrol pada tapis daya aktif tiga fasa. Hasil yang didapatkan dari perbandingan ketiga teknik pengontrolan yang diuji yaitu dalam keadaan sistem seimbang teknik pengontrolan menggunakan metode *Generalized Fryze Current Control* dapat mereduksi harmonisa sedikit lebih baik dibandingkan metode daya sesaat p-q, dan metode *Synchronous Reference Frame*. Sedangkan pada keadaan sistem tak

seimbang metode *Synchronous Reference Frame* menunjukan performa yang jauh lebih baik dibandingkan kedua metode yang lain [7], sehingga teknik pengontrolan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode SRF (*Synchronous Reference Frame*), karena performanya yang baik dalam mereduksi harmonisa pada sistem seimbang dan tak seimbang.

Demi mencapai target bauran energi baru terbarukan 2060 yang telah direncanakan oleh pemerintah dan untuk memenuhi peningkatan konsumsi listrik tiap tahunnya, menjadikan pemanfaatan energi surya sebagai pembangkit listrik terbarukan mengalami peningkatan yang signifikan. Dewasa ini juga integrasi antara teknologi *photovoltaic* (PV) dengan tapis daya aktif sedang dikembangkan, integrasi ini dinilai memberikan manfaat yang signifikan dalam mereduksi harmonisa dibandingkan dengan integrasinya dengan sumber dari *grid* [8]. Jika pada umumnya sebuah PV *inverter* hanya mengubah daya dari sistem PV untuk diinjeksikan ke *grid*, namun pada tugas akhir ini PV *inverter* akan digunakan sebagai konversi energi dan juga tapis daya aktif shunt yang dapat mereduksi harmonisa arus dan daya reaktif secara bersamaan [9].

Pada penelitian ini hanya dilakukan desain dan simulasi pada Matlab/*Simulink* dikarenakan harga pasaran dari tapis daya aktif shunt yang sangat tinggi. Oleh karena itu pada tugas akhir ini dilakukan pemodelan optimal Matlab/*Simulink* suatu *inverter* sistem fotovoltaiik sebagai tapis daya aktif untuk mereduksi harmonisa dalam sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa agar dihasilkan keluaran dengan total distorsi harmonisa di bawah batas maksimum yang telah ditetapkan. Sistem fotovoltaiik pada penelitian ini digunakan sebagai sumber tegangan bagi tapis daya aktif, yang terdiri dari PV dan DC-DC *boost converter* dengan MPPT, dan digunakan untuk mengurangi arus harmonisa jangka panjang serta mengompensasi daya reaktif dari sistem distribusi [6]. Sistem yang dibuat akan diuji dengan menghubungkannya pada pemodelan beban non-linier sederhana yang telah termodifikasi menggunakan parameter daya aktif dan reaktif dari gedung P, O, dan N .

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang pemodelan optimal MATLAB/*Simulink* dari PV *inverter* sebagai tapis daya aktif untuk mengurangi gelombang harmonisa ?
2. Bagaimana perbedaan arus AC tiga fasa sebelum dan setelah pemasangan tapis daya aktif shunt yang dipasang pada beban non-linier yang berbeda-beda ?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan latar belakang yang penyusun buat, maka tujuan dibuatnya penelitian ini adalah merancang dan mensimulasikan PV *inverter* sebagai tapis daya aktif pada sebuah sistem tenaga listrik agar nilai THD (*Total Harmonic Distortion*) tidak melebihi 5%

Adapun manfaat dari penelitian ini ditinjau dari tujuan diatas adalah merancang sebuah PV *inverter* yang dapat mereduksi keluaran arus/tegangan AC akibat pengaruh beban nonlinier dengan nilai THD (*Total Harmonic Distortion*) tidak melebihi 5%, serta dapat digunakan menjadi sumber bagi studi dan penelitian selanjutnya

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Tidak ada pembuatan alat hanya dilakukan simulasi menggunakan MATLAB/*Simulink*
2. Harmonisa yang direduksi merupakan harmonisa arus
3. Nilai THD yang digunakan sebagai batas maksimum berdasarkan pada IEEE standard 519 – 2014
4. Kapasitas PV yang digunakan sebesar 20kWp
5. Metode MPPT yang digunakan adalah P&O
6. Modifikasi pemodelan beban non-linier sederhana yang digunakan menggunakan data daya aktif dan reaktif gedung-gedung di Fakultas Teknik Elektro Telkom University

1.5 Metode Penelitian

Berikut merupakan metode penelitian yang digunakan penyusun dalam menyusun Tugas Akhir ini :

1. Studi Literatur
Digunakan penyusun untuk mengetahui dan mempelajari dasar-dasar teori yang terkait dengan penelitian yang penyusun laksanakan. Sumber yang penyusun gunakan adalah jurnal ilmiah, buku referensi, *website* resmi dan terpercaya, serta diskusi bersama teman dan dosen pembimbing.
2. Perancangan
Metode yang digunakan untuk membantu penyusun dalam memberikan gambaran struktur sistem beserta analisis matematisnya.
3. Simulasi
Penyusun membuat simulasi dengan menggunakan aplikasi MATLAB/*Simulink* untuk mengetahui hasil dari rancangan yang telah dibuat, dan juga untuk melakukan *trial* dan *error* dari rancangan yang telah dibuat.
4. Evaluasi dan Analisis Hasil
Setelah simulasi dilakukan, perlu dilakukan evaluasi untuk menentukan apakah sistem yang telah disimulasikan perlu dilakukan perbaikan atau tidak. Jika hasil pengevaluasian telah didapatkan maka dapat dilakukan analisis hasil dari simulasi yang telah dibuat.
5. Penyusunan Tugas Akhir
Penyusunan tugas akhir merupakan tahap yang dilakukan seiring dengan didaptkannya hasil perancangan, hasil simulasi, evaluasi dan hasil analisis Tugas Akhir

1.6 Jadwal Pelaksanaan

Di bawah ini merupakan jadwal pelaksanaan beserta *milestone* penelitian yang menjadi acuan penyusun dalam mengerjakan penelitian kedepannya.

Tabel 1. 1 Jadwal Pelaksanaan

No	Deskripsi Tahapan	Durasi	Tanggal Selesai	<i>Milestone</i>
1.	Perhitungan matematis & Desain Sistem	1 bulan	20 Juli 2022	Diagram blok & Spesifikasi <i>input-output</i>
2.	Simulasi Sistem	1 bulan	15 Agustus 2022	Simulasi selesai
3.	Penyusunan laporan/buku TA	3 minggu	30 Agustus 2022	Buku TA