

## Bab I Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

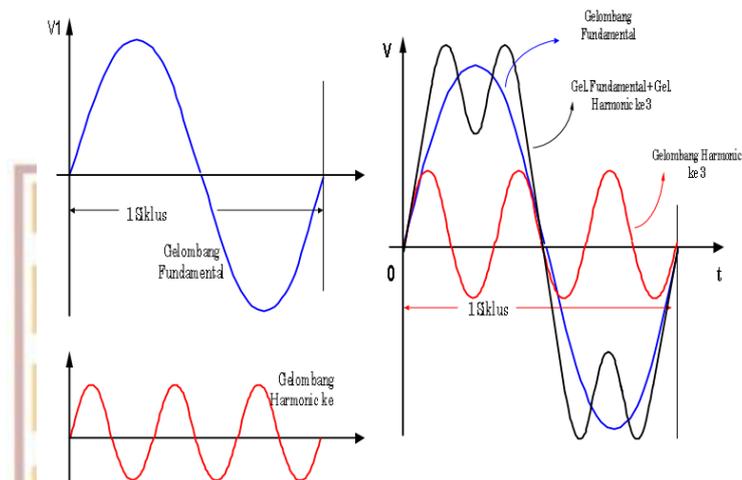
Penggunaan *power converter* dan teknologi elektronika daya dalam sistem tenaga listrik saat ini berkembang sangat pesat. Aplikasinya terbentang dari sistem pembangkitan, penyaluran, hingga sistem penggunaan tenaga listrik. Di sisi penggunaan tenaga listrik, konverter daya yang bekerja berdasarkan prinsip pensaklaran (*switching*) frekuensi tinggi digunakan pada peralatan-peralatan penerangan, sistem konversi listrik-mekanik, dan penggunaan lainnya. Dalam beroperasi, konverter daya memperlihatkan fenomena non linear antara tegangan suplai dan arus yang ditariknya, sehingga pada umumnya peralatan yang tersusun dari konverter daya digolongkan sebagai beban-beban non linear. Peralatan atau beban non linier merupakan jenis beban yang menghasilkan arus yang tidak sebanding atau tidak linier dengan tegangan yang diterima beban tersebut. Arus beban non linier menarik arus yang tidak berbentuk sinusoidal meskipun sumber tegangan yang dipakai pada beban itu berbentuk gelombang sinusoidal.

Peralatan non linier yang beroperasi pada suatu instalasi konsumen dapat mempengaruhi kualitas daya sistem tenaga listrik yang mensuplai konsumen tersebut. Selanjutnya, buruknya kualitas daya sistem tersebut mengakibatkan konsumen lain yang terhubung pada sistem yang sama akan mendapatkan dampak buruk dari kondisi tersebut. Kualitas daya listrik merupakan setiap masalah daya listrik yang berbentuk penyimpangan tegangan, arus atau frekuensi yang mengakibatkan kegagalan ataupun kesalahan operasi pada peralatan-peralatan yang terjadi pada konsumen energi listrik [1].

Salah satu bentuk dari kualitas daya yang buruk adalah tingginya kandungan harmonisa pada suatu sistem tenaga listrik. Harmonisa merupakan suatu fenomena yang timbul akibat pengoperasian peralatan listrik non linier, bentuknya berupa adanya gelombang-gelombang daya pada frekuensi tinggi yang merupakan kelipatan dari frekuensi fundamental sistem tersebut. Untuk sistem 50 Hz, maka frekuensi gelombang harmonisanya adalah 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 300 Hz, dan seterusnya. Keberadaan gelombang-gelombang harmonisa akan mengganggu

bentuk gelombang fundamental sistem kelistrikan, bentuk gelombang arus maupun tegangan yang idealnya berbentuk sinusoidal murni akan menjadi cacat akibat distorsi harmonisa yang terjadi [2].

Pada gambar 1.1 dapat dilihat dua buah gelombang yang merupakan gelombang fundamental (kiri atas) dan gelombang harmonisa ke-3 (kiri bawah) akan menghasilkan bentuk gelombang terdistorsi (kanan).



Gambar 1.1 Gelombang fundamental, harmonisa ke 3 & hasil penjumlahannya

Kehadiran harmonisa pada saluran power sistem menghasilkan kerugian yang sangat besar pada sistem distribusi, masalah interferensi sistem komunikasi, dan sering terjadi kegagalan dalam kinerja peralatan elektronika yang sangat sensitif termasuk sistem kontrol mikroelektronika yang bekerja pada tegangan rendah. Selain hal tersebut, masih terdapat masalah-masalah yang berhubungan dengan harmonisa yang terjadi di dalam suatu bangunan/ gedung. Sebagai contoh adalah, panas lebih (*overheating*) dan kerusakan/ kegagalan penghantar netral, panas lebih dan kerusakan/ kegagalan terhadap saluran penghubung papan penampil (*panel board*), distorsi saluran jala-jala, tegangan bermuara sama (*common mode*) yang lebih tinggi, gangguan *tripping* pada *circuit breaker*, panas lebih dan kegagalan prematur pada trafo distribusi, dan sebagainya [3]. Karena efek yang merugikan pada harmonisa daya, maka dikembangkan suatu skema untuk pengontrolan harmonisa [4]. Tujuannya adalah untuk memastikan batas-batas harmonisa yang dapat diterima oleh peralatan listrik.

Distorsi harmonisa dalam sistem distribusi listrik, dari aspek peralatan dapat ditekan dengan menggunakan 3 metode yakni penggunaan filter pasif, filter aktif dan filter *hybrid*. Filter pasif adalah solusi paling sederhana untuk mengurangi distorsi harmonisa. Filter ini dibangun dengan menggunakan konfigurasi komponen pasif R, L, dan C. Meskipun sederhana dan paling murah, filter pasif mempunyai beberapa kekurangan yakni hanya bekerja pada frekuensi yang telah ditentukan, impedansi sumber harus diketahui dengan teliti, dimensi komponen yang sangat besar, serta masalah resonansi yang disebabkan oleh interaksi antara filter pasif dan beban lain atau sumber [5]. Resonansi dapat mempengaruhi stabilitas sistem distribusi listrik.

Filter aktif merupakan filter yang menggunakan komponen aktif seperti transistor daya, mosfet dan komponen *switching* daya lainnya. Penggunaan filter aktif mempunyai keuntungan dibandingkan filter pasif, yaitu penguatan dan frekuensinya mudah di atur selama perangkat elektronika transistor ataupun op-amp masih memberikan penguatan, dan sinyal input tidak kaku seperti pada filter pasif. Pada dasarnya filter aktif lebih mudah di atur, karena tidak ada masalah beban, sebab tahanan input tinggi dan tahanan output rendah, dan filter aktif tidak membebani sumber input. Umumnya filter aktif lebih ekonomis dari pada filter pasif, karena pemilihan variasi dari komponen *switching* yang murah dan tanpa menggunakan induktor yang harganya mahal. *Bandwidth* frekuensi yang dapat dikompensasi menggunakan filter aktif sangat luas, hal ini di satu sisi menguntungkan, namun di sisi lain menyebabkan filter aktif harus dirancang pada kapasitas yang besar, secara ekonomis hal ini tidak menguntungkan.

Filter *hybrid* dikembangkan untuk mengatasi kekurangan pada filter pasif dan filter aktif. Filter ini merupakan gabungan dari filter pasif dan filter aktif, dimana keuntungan dari kedua filter tersebut digabungkan. Bagian filter pasif pada filter *hybrid* digunakan untuk mengkompensasi harmonisa orde rendah, sementara harmonisa dengan orde yang lebih tinggi dibebankan kompensasinya pada bagian filter aktif pada filter hybrid ini. Kekurangan filter *hybrid* adalah pada aspek finansialnya yang tinggi dan prosedur desain komponen dan kontrolnya yang rumit. Untuk itu dalam tugas akhir ini penekanan dilakukan pada penggunaan filter aktif dan penggunaan konsep daya sesaat pada sistem kontrolnya.

Arsitektur sebuah filter aktif pada dasarnya terdiri dari 2 komponen, yaitu komponen atau rangkaian daya dan kontroler. Rangkaian daya pada filter aktif terdiri dari perangkat *switching* berupa komponen-komponen elektronika daya. Komponen elektronika daya ini bekerja dengan mode *switching* yang diperoleh dari pengatur modulasi lebar pulsa tegangan atau arus yang disebut *Pulse Width Modulation*. Teknik pengontrolan pada filter aktif banyak digunakan berdasarkan teori daya sesaat (*Instantaneous Power Theory*) atau dikenal dengan teori p-q. Ketika penggunaan metode ini di aplikasikan pada kompensasi harmonisa, daya sesaat dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu komponen dc dan komponen ac.

Teori daya sesaat atau *p-q theory* merupakan teori yang ditulis oleh Akagi pada tahun 1983 untuk mengontrol filter aktif. Metode teori p-q mengandung transformasi aljabar tegangan dan arus sistem tiga fasa dari koordinat a-b-c ke koordinat  $\alpha$ - $\beta$ -0 yang diikuti oleh perhitungan komponen teori daya sesaat. Teori p-q didasarkan pada sekumpulan teori daya sesaat yang didefinisikan berdasarkan domain waktu [6]. Teori p-q dalam versi pertama diterbitkan dalam bahasa Jepang pada bulan Juli 1982 dalam sebuah konferensi lokal dan kemudian di dalam jurnal *Transactions of the IEE-Japan* [7]. Dengan sedikit keteringgalan waktu, maka diterbitkan pada tahun 1983 dalam sebuah konferensi internasional [8], dan pada tahun 1984, dalam *IEEE Transactions on Industry Applications*, mengikutsertakan verifikasi secara eksperimental [9]. Perkembangan teori ini didasarkan pada berbagai karya sebelumnya yang ditulis oleh spesialis elektronika yang tertarik di bidang elektronika daya.

Berdasarkan uraian mengenai manfaat teori daya sesaat yang dapat dijadikan solusi untuk mengurangi permasalahan kualitas daya yang disebabkan oleh harus harmonisa, maka dalam tugas akhir ini akan dilakukan tinjauan penggunaan teori daya sesaat berupa konsep yang diterapkan pada filter aktif untuk mengkompensasi arus harmonisa yang disebabkan oleh beban non linier, dan tugas akhir ini diberi judul dengan "***Pemanfaatan Konsep Daya Sesaat bagi Reduksi Harmonisa pada Saluran Distribusi Tenaga Listrik***".

Tinjauan dari tugas akhir ini dilakukan dengan cara menggunakan kerja filter aktif paralel berdasarkan teori daya sesaat yang nantinya ditunjukkan dengan hasil simulasi menggunakan *software* MATLAB *Simulink* sebagai alat simulasi [2].

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini, antara lain :

1. Bagaimana mensimulasikan penggunaan filter aktif paralel yang akan digunakan dengan *software* MATLAB *Simulink* sebagai alat simulasi agar dapat mereduksi harmonisa.
2. Bagaimana peningkatan kualitas daya saluran distribusi tenaga listrik dengan memanfaatkan teori daya sesaat.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah menunjukkan efektivitas penggunaan teori daya sesaat kompensator pada arus dan tegangan harmonisa yang dibangkitkan oleh beban non linier dengan menggunakan filter aktif paralel yang akan di simulasikan pada *software* MATLAB *Simulink*.

## 1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan mengenai kompensasi arus dan tegangan harmonisa dengan menggunakan filter aktif, maka permasalahan ini dibatasi sebagai berikut :

1. Penelitian hanya difokuskan pada masalah peningkatan kualitas daya pada sistem distribusi tenaga listrik dengan mengkompensasi arus dan tegangan harmonisa.
2. Permasalahan terjadi pada saat beban bersifat non linier dan bentuk gelombang sinyal tidak sinusoidal.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah dapat menunjukkan tingkat keefektivitasan penggunaan konsep daya sesaat pada kompensator dalam

peningkatan kualitas daya dan mengurangi efek harmonisa yang terjadi pada saluran distribusi tenaga listrik akibat beban non linier.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Setelah proposal ini diterima maka dilanjutkan pada penulisan tugas akhir. Untuk mempermudah pemahaman terhadap tugas akhir, penulis menyusun laporan dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari subbab latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang konsep dan teori-teori yang mendasari penelitian ini.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan diagram alir penelitian dan langkah-langkah penelitian

### BAB IV HASIL DAN ANALISA

Bab ini membahas hasil serta analisa dari pengujian simulasi yang dirancang pada penelitian.

### BAB V PENUTUP

Bab ini tentang simpulan dan saran dari penelitian ini.

