

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kalangan industri, komersil, maupun rumah tangga memerlukan sumber energi listrik untuk mengoperasikan beban listrik. Dengan menggunakan sistem distribusi dan transmisi listrik, maka energi listrik yang dihasilkan oleh sumber energi tersebut dapat sampai ke konsumen listrik. Di Indonesia, sistem penyaluran energi listrik menggunakan sistem AC. Sistem AC memiliki kelebihan dibandingkan dengan sistem DC. Tegangan pada sistem AC dapat diubah, dinaikkan maupun diturunkan menggunakan transformator [1]. Kelebihan ini menyebabkan tegangan pada sistem AC cocok digunakan untuk penyaluran energi listrik untuk jarak yang jauh [2].

Sebagaimana pada sistem DC, beban listrik yang menggunakan sistem AC terbagi menjadi dua, yaitu beban linear dan beban non-linear. Beban linear merupakan beban listrik yang memiliki gelombang arus dan tegangannya berbentuk sinusoidal dan proporsional antara satu dengan yang lainnya. Contoh beban ini yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari yaitu lampu pijar dan pemanas. Sedangkan beban non linear adalah beban yang perbandingan gelombang tegangan dan arus tidak proporsional. Hal inilah yang menyebabkan penggunaan beban non linear dapat mengurangi kualitas daya. Contoh dari beban non linear yaitu *rectifier*, tv, *cycloconverter*, dll.

*Rectifier* merupakan salah satu contoh beban non linear yang sering digunakan. *Rectifier* (penyearah) adalah komponen listrik yang mampu mengubah gelombang AC menjadi DC. *Rectifier* yang paling sederhana menerapkan prinsip kerja dioda yang hanya dapat melewatkan gelombang daya satu polaritas. *Rectifier* dalam menyearahkan gelombang AC akan menimbulkan terjadinya distorsi harmonisa pada gelombang daya.

Salah satu fenomena distorsi pada gelombang daya yang berbahaya yaitu harmonisa [3]. Harmonisa adalah gelombang daya yang terkandung pada gelombang non-sinusoidal yang memiliki frekuensi kelipatan bilangan bulat dari frekuensi fundamental [4]. Harmonisa jika melebihi standar dapat menimbulkan beberapa kerugian, diantaranya dapat menyebabkan terjadinya peningkatan suhu pada peralatan listrik, terjadinya *flicker* tegangan, interferensi pada sistem komunikasi, distorsi gelombang tegangan, dll. Oleh karena itu, harmonisa adalah fenomena yang tidak diinginkan terjadi pada suatu sistem kelistrikan sehingga fenomena tersebut perlu dikurangi atau dihilangkan. Kandungan dari harmonisa itu sendiri pada suatu sistem tenaga listrik dapat dihitung menggunakan THD (*Total Harmonic Distortion*).

Untuk menghilangkan atau mengurangi harmonisa pada sistem, maka salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan kompensasi daya. Kompensasi daya adalah proses menginjeksi gelombang kompensasi ke dalam suatu sistem daya dengan tujuan menghilangkan komponen-komponen tertentu pada gelombang daya tersebut. Kompensasi daya secara umum terbagi menjadi dua, yaitu kompensasi arus dan kompensasi tegangan. Contoh kompensasi arus yang sederhana yaitu menggunakan filter aktif yang dipasang paralel pada sebuah rangkaian listrik. Filter berperan mengontrol arus kompensasi yang akan menghilangkan arus harmonisa yang dihasilkan oleh beban non-linear. Sedangkan untuk kompensasi tegangan, filter aktif dipasang secara seri pada rangkaian. Hal ini bertujuan agar filter dapat membangkitkan tegangan kompensasi untuk menghilangkan gelombang tegangan harmonisa [5].

Agar kompensasi arus atau tegangan ini efektif, maka diperlukan teknik yang tepat untuk menghitung arus atau tegangan kompensasi. Sayangnya teknik yang umum digunakan, yang bertumpu pada teori daya konvensional tidak mampu digunakan untuk menghitung arus dan tegangan pada kondisi non-sinusoidal. Permasalahan mulai muncul disaat penggunaan beban non-linear semakin banyak, yang menyebabkan meningkatnya distorsi pada gelombang tegangan atau arus. Oleh karena itu, para ahli mencoba merumuskan teori yang dapat dipakai untuk menghitung daya pada kondisi non sinusoidal. Salah satu teori yang terkenal yaitu *P-Q theory* yang dikenalkan oleh Akagi, Kanazawa dan Nabae pada tahun 1983.

*P-Q theory* adalah teori daya berdasarkan satu set daya sesaat yang didefinisikan pada domain waktu. Dalam menganalisa daya menurut *P-Q Theory*, daya sesaat terbagi menjadi dua bagian, yaitu daya sesaat aktif ( $p$ ) dan daya sesaat reaktif ( $q$ ). Daya aktif adalah daya ‘sebenarnya’ yang melakukan usaha. Sedangkan daya reaktif adalah daya yang dikirim-balikkan dari satu fasa ke fasa yang lain, namun tidak terjadi transfer energi dari sumber daya dengan beban. Dua jenis daya sesaat tersebut memadai jika digunakan untuk menganalisa suatu sistem tenaga listrik tiga fasa yang memiliki beban seimbang. Namun, permasalahan muncul pada saat penggunaan beban tidak seimbang. Pada kondisi tersebut, diperlukan satu jenis daya sesaat lagi yang disebut daya sesaat sekuen nol ( $p_0$ ). Daya sekuen nol adalah daya yang timbul pada saat beban tidak seimbang yang disebabkan karena adanya arus yang mengalir ke netral. Apabila beban seimbang, maka daya sekuen nol dapat diabaikan.

Kelebihan *P-Q theory* dibandingkan dengan teori daya yang lain yaitu masing-masing daya dapat dipecah menjadi dua bagian, yaitu komponen daya rata-rata dan komponen daya osilasi [6]. Kompensasi menggunakan *P-Q theory* dapat dilakukan dengan mengkompensasi komponen-komponen daya tersebut yang dirasakan perlu untuk dikompensasi.

*P-Q theory* dapat digunakan untuk menghitung nilai arus kompensasi yang dibutuhkan oleh suatu sistem tenaga listrik. Namun, kelemahan dari teori ini adalah tidak dapat digunakan untuk menghitung nilai tegangan kompensasi. Hal ini disebabkan pada *P-Q theory*, analisa komponen daya didasarkan oleh komponen-komponen arus. Untuk mengatasi hal ini, maka dapat digunakan teori *dual P-Q theory*, pasangan dari *P-Q theory* yang mampu menganalisa perhitungan kompensasi tegangan pada sistem. Hal ini disebabkan karena pada *dual P-Q theory*, analisa komponen daya mengacu pada komponen-komponen tegangan.

Pada penyusunan tugas akhir ini, akan dilakukan analisa mengenai kompensasi tegangan pada sistem listrik yang terhubung pada beban non linear berupa *rectifier*. Kompensasi tersebut dilakukan, bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan kandungan harmonisa pada gelombang tegangan sistem. Beban non linear yang diteliti ada dua jenis, yaitu beban non linear tiga fasa seimbang dan beban non-linear tiga fasa tidak seimbang. Kondisi tidak seimbang diperoleh dengan menghubungkan tiga buah *rectifier* satu fasa yang berbeda-beda besar bebannya. Sementara kondisi seimbang diperoleh dengan mengatur beban tiap *rectifier* masing-masing fasa, dengan nilai yang sama besar. Untuk mengatasi distorsi yang disebabkan oleh beban tersebut, akan digunakan *dual P-Q theory* untuk perhitungan tegangan kompensasi.

Dalam penelitian ini, dilakukan perancangan rangkaian listrik yang terhubung dengan beban non-linear. Rangkaian tersebut akan membangkitkan tegangan terdistorsi. Gelombang tersebut akan di-*import* terlebih dahulu ke *workspace* untuk dicuplik dengan tujuan mendapatkan data gelombang yang sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Data tersebut kemudian di *export* ke dalam simulink dan digunakan sebagai input pada blok diagram penghitung nilai kompensasi tegangan sesuai dengan *dual P-Q theory*. Akan dilakukan pemilihan komponen-komponen daya yang akan dieliminasi. Kemudian, dilakukan teknik kompensasi dengan menginjeksi gelombang tegangan kompensasi ke gelombang tegangan terdistorsi. Keberhasilan dari proses kompensasi ini akan dilihat dari perbandingan kandungan THD tegangan sebelum dan sesudah kompensasi menggunakan blok *powergui*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang akan dibahas pada penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara melakukan simulasi sistem kompensasi tegangan menggunakan *Dual P-Q Theory*?
2. Bagaimana performansi penerapan sistem kompensasi untuk distorsi tegangan menggunakan *Dual P-Q Theory* dan performansi sistem kompensasi untuk distorsi tegangan dalam kondisi seimbang dan tidak seimbang?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian pada penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Membangun model simulasi sistem kompensasi menggunakan perangkat lunak simulink
2. Melakukan perbandingan THD tegangan sebelum dan setelah kompensasi menggunakan *Dual P-Q Theory* untuk kasus beban seimbang dan tidak seimbang
3. Membuktikan penerapan *Dual P-Q Theory* untuk melakukan kompensasi tegangan

### 1.4 Batasan Masalah

Dilakukan pembatasan untuk meneliti masalah dalam tugas akhir ini. Batasan-batasan yang dimaksudkan adalah sebagai berikut :

1. Beban non-linear yang digunakan adalah *rectifier full bridge*
2. Beban yang akan diteliti adalah beban tiga fasa seimbang dan tidak seimbang
3. Komponen daya yang akan dikompensasi adalah komponen daya aktif osilasi serta komponen daya reaktif osilasi dan rata-rata
4. Arus tiga fasa diasumsikan sinusoidal murni (tidak terdistorsi)
5. Software yang digunakan untuk simulasi kompensasi tegangan adalah Matlab 2016
6. Parameter yang dilihat adalah nilai THD dari gelombang tegangan

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat menjadi dasar dalam perancangan pengendalian kompensasi daya, agar dapat terciptanya sistem penyaluran listrik yang handal
2. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan atau literatur bagi penelitian-penelitian di masa akan datang terkait pengendalian tegangan

### 1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan  
Bab ini berisi latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. Bab II Tinjauan Pustaka  
Bab ini berisi teori dasar yang mendukung penelitian tugas akhir ini.
3. Bab III Metode Penelitian  
Dalam bab ini diuraikan tentang jenis penelitian, diagram alir penelitian beserta pengumpulan, pengolahan, dan pemodelan data

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan  
Bab ini berisi penjelasan mengenai hasil dan pembahasan dari simulasi kompensasi tegangan harmonisa
5. Bab V Kesimpulan dan Saran  
Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang disampaikan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari penelitian ini

