

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai pemegang kebijakan pemakaian dan pemanfaatan listrik, bertanggung jawab penuh dalam menyediakan energi listrik yang stabil dan kontinyu untuk kebutuhan konsumennya. Proses penyaluran energi listrik dari gardu induk ke pusat beban diperlukan saluran distribusi. Namun, pada saluran distribusi sering terjadi ketidakseimbangan beban antar fasa RST yang secara tidak langsung berdampak terhadap menurunnya kualitas daya yang diterima oleh beban [1]. Ketidakseimbangan ini terjadi disebabkan oleh beberapa faktor seperti ketidakmerataan pembagian beban antar fasa, waktu pengoperasian beban tiap fasa yang tidak selalu sama dan panjang saluran dari pusat pembangkitan ke beban. Berdasarkan standar persentase ketidakseimbangan tegangan yang diijinkan mengacu pada aturan NEMA-MG 1 yaitu sebesar 3% [2]. Oleh karena itu, suatu tindakan mengkompensasi ketidakseimbangan beban untuk mempertahankan kualitas daya agar tetap stabil perlu dilakukan pada saluran distribusi. Terdapat berbagai cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut, salah satunya dengan memanfaatkan *renewable energy* seperti PV.

PV merupakan salah satu perangkat teknologi yang dapat menghasilkan energi listrik DC dengan memanfaatkan paparan sinar matahari [3]. Pemanfaatan PV dapat berkontribusi baik pada keamanan dunia karena mengurangi ketergantungan negara terhadap pembangkitan yang masih menggunakan bahan bakar fosil, dan secara tidak langsung menekan tingkat polusi udara di dunia [4]. Pada saluran distribusi, penggunaan sistem PV mampu meningkatkan profil tegangan, mengantisipasi ketidakseimbangan beban, mengurangi *losses* dan fluktuasi aliran daya aktif dan daya reaktif, meningkatkan faktor daya dan keandalan jaringan listrik [5]. Namun, ketika dioperasikan pada saluran distribusi yang abnormal, sistem PV berdampak gangguan transien dan interupsi yang merambat sehingga mempengaruhi kinerja inverter [4]. Inverter memiliki peran penting dalam sinkronisasi PV dengan saluran distribusi. Maka dari itu, mengembangkan pengontrolan inverter perlu dilakukan agar dapat mempertahankan sistem PV tetap beroperasi dengan baik dan secara aktif mengkompensasi ketidakseimbangan beban pada saluran distribusi.

Pada berbagai literatur terdapat beberapa penelitian terdahulu yang sudah mengembangkan sistem PV untuk mengatasi ketidakseimbangan beban. Pertama adalah sistem PV dengan kombinasi dua loop kontrol PID pada inverternya yang menggunakan teori daya aktif dan reaktif sesaat untuk kompensasi beban yang tidak seimbang [1]. Loop kontrol dalam (arus) berguna mengontrol arus jaringan dan bertanggung jawab untuk masalah kualitas daya seperti *Total Harmonic Distortion* (THD), sedangkan loop kontrol luar (tegangan) berguna untuk mengontrol tegangan tautan DC dan aliran daya dalam sistem. Output utama dari modul kontrol adalah sekumpulan sinyal PWM di inverter untuk mencapai daya aktif dan reaktif dari daya PV. Sehingga dapat bertindak baik sebagai penyeimbang beban maupun eliminasi distorsi harmonik. Lalu, juga terdapat sistem PV yang dikombinasikan dengan inverter tegangan empat kaki menggunakan pengontrol histerisis berbasis *space vector* di $\alpha\beta$ sistem koordinasi dan konverter DC/DC yang dikontrol menggunakan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dengan algoritma *Perturb & Observ* [6]. Hasil simulasi menunjukkan keefektifan sistem dalam mengkompensasi atau pelemahan beban yang tidak seimbang.

Berikutnya, kontrol inverter untuk injeksi daya dari sumber PV di microgrid dengan kombinasi dua kontrol yaitu pertama menggunakan kontrol daya langsung atau *direct power control* (DPC) pada L-filter, dan yang kedua menggunakan PI kontrol dalam koordinat d/q dengan LCL-filter [7]. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kontroler DPC berperilaku baik dalam berbagai kondisi yang luas, tetapi membutuhkan induktansi filter yang besar, sementara kontroler PI dengan filter LCL membutuhkan kompensasi khusus untuk mengurangi osilasi bawaan karena filter LCL. Selanjutnya, skema kontrol inverter PV tiga fasa empat kaki yang terhubung ke saluran distribusi di bawah gangguan tidak seimbang dengan mengendalikan arus urutan positif dan negatif dengan menggunakan pengendalian PI [4]. Strategi kontrol ini dikembangkan untuk mengurangi osilasi frekuensi jaringan ganda dalam keluaran daya aktif atau keluaran daya reaktif dari inverter. Hasil simulasi menunjukkan kontrol yang diusulkan berhasil menghilangkan osilasi frekuensi tersebut di bawah gangguan yang tidak seimbang dengan mengendalikan arus urutan positif dan negatif. Namun, dalam arus urutan nolnya masih terdapat enam kebebasan kontrol arus.

Pada penelitian yang telah diuraikan di atas, terlihat bahwa desain pengontrolan sistem PV yang dikembangkan telah berhasil mengatasi ketidakseimbangan beban pada saluran distribusi. Namun, pada pengontrolan inverter hanya mengandalkan kontrol PI konvensional. Sebagaimana diketahui, kontrol PI memiliki beberapa kelemahan seperti ketidakmampuan untuk melacak arus referensi sinusoidal tanpa kesalahan kondisi tunak dan rasio penolakan gangguan yang buruk [8]. Maka dari itu, pada penelitian ini mengusulkan skema pengontrolan inverter dikembangkan dengan menggunakan kontrol ANFIS untuk menghasilkan daya yang akan diinjeksikan pada saluran distribusi ketika proses kompensasi berlangsung. Sistem PV dengan pengontrolan inverter berbasis ANFIS yang diusulkan telah berhasil mengkompensasi ketidakseimbangan beban yang terjadi saat aktifnya beban dinamis pada saluran distribusi. Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan penurunan angka persentase faktor ketidakseimbangan setelah dikompensasi dari sebelumnya antar fasa R, S, T berturut – turut yaitu 16.47%, 1.49%, dan 14.97% menjadi berturut – turut 0,3%, 0.7% dan 0,3%. Hasil kompensasi tersebut telah memenuhi standar NEMA-MG 1.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Dari uraian pada latar belakang di atas, maka permasalahan pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem PV dengan skema kontrol inverter berbasis ANFIS untuk perbaikan ketidakseimbangan beban pada saluran distribusi tiga fasa ?
2. Bagaimana menguji kinerja sistem PV dengan kontrol inverter berbasis ANFIS dalam memperbaiki ketidakseimbangan beban pada saluran distribusi tiga fasa ?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah, penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Mampu merancang sistem PV dengan skema kontrol inverter berbasis ANFIS untuk perbaikan ketidakseimbangan beban pada saluran distribusi tiga fasa.
2. Mengetahui kinerja sistem PV dengan kontrol inverter berbasis ANFIS dalam memperbaiki ketidakseimbangan beban pada saluran distribusi tiga fasa.

1.4 BATASAN MASALAH

Luasnya cakupan dari kelistrikan itu sendiri maka pada penelitian ini hanya akan membahas sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada pengontrolan inverter sebagai kompensator ketidakseimbangan beban.
2. Penelitian ini hanya berupa simulasi dengan *software* Matlab/Simulink.
3. Simulasi penelitian ini menggunakan data dari referensi penelitian sebelumnya.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Berdasarkan uraian yang telah dibuat, adapun manfaat pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Peneliti dan pembaca dapat mengetahui cara mengatasi ketidakseimbangan beban pada saluran distribusi tiga fasa menggunakan sistem PV.
2. Referensi untuk penelitian berikutnya dalam menyelesaikan permasalahan yang serupa.

