

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi panel surya menjadi salah satu pilihan utama bagi masyarakat dan industri sebagai sumber energi terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil yang semakin menipis. Indonesia memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi surya karena terletak di daerah khatulistiwa, sehingga menerima intensitas radiasi matahari yang tinggi sepanjang tahun [1]. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, potensi energi terbarukan di Indonesia diperkirakan mencapai lebih dari 400.000 MW. Sekitar 50% dari total potensi tersebut berasal dari energi surya yang dapat dikonversi menjadi listrik melalui teknologi *photovoltaic* (PV) atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [2]. Pemanfaatan PLTS atap juga menunjukkan peningkatan signifikan. Kapasitas terpasang bertambah dari 80 MWp pada tahun 2022 menjadi 141 MWp pada tahun 2023 [3].

Meskipun penggunaannya terus meningkat, PLTS atap memiliki tantangan tersendiri terkait risiko gangguan petir. Instalasi PLTS umumnya ditempatkan di area terbuka untuk memaksimalkan paparan sinar matahari dan menghindari efek bayangan yang dapat menurunkan efisiensi panel. Namun, kondisi ini juga membuat PLTS lebih rentan terhadap sambaran petir. Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan tingkat frekuensi petir tertinggi di dunia. Berdasarkan data BMKG, kepadatan sambaran petir di wilayah Sumatra mencapai sekitar 15.000 hingga 30.000 sambaran per bulan, atau sekitar 200.000 hingga 400.000 sambaran per tahun [4], [5]. Data tersebut menunjukkan Indonesia memiliki hari guruh yang relatif tinggi sepanjang tahun. Dengan demikian, instalasi PLTS yang berada di ruang terbuka memiliki tingkat paparan risiko petir yang besar. Kondisi tersebut dapat meningkatkan potensi gangguan pada sistem PLTS yang beroperasi di area terbuka.

Gangguan akibat petir dapat terjadi dalam bentuk sambaran langsung maupun sambaran tidak langsung (*induced lightning surge*). Induksi petir akibat sambaran petir tidak langsung dapat menghasilkan lonjakan tegangan pada kabel dan peralatan listrik yang dapat merusak komponen sensitif seperti modul surya, inverter, dan perangkat proteksi. Kerusakan tersebut tidak hanya mengganggu operasional, tetapi juga meningkatkan biaya pemeliharaan dan memperpendek umur sistem [5].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa PLTS sangat rentan terhadap gangguan petir baik pada sisi DC maupun pada sisi AC. N. H. Zaini dkk. (2019) melakukan analisis menggunakan PSCAD/EMTDC dan menemukan bahwa sambaran petir pada sistem PLTS tanpa proteksi dapat menghasilkan tegangan transien hingga 328,60 kV pada sisi DC dan 354,79 kV pada sisi AC [6]. Penelitian

lain oleh Nasir dkk. (2019) menganalisis sambaran petir pada PLTS atap tanpa sistem proteksi eksternal yang terhubung ke jaringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sambaran petir pada dua titik berbeda menyebabkan arus dan tegangan masing-masing mencapai 31 kA dan 2397 kV pada titik pertama, serta 5,97 kA dan 5392 kV pada titik kedua [5]. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa tanpa sistem proteksi petir yang memadai, komponen utama PLTS berisiko tinggi mengalami kerusakan serius.

Salah satu solusi proteksi internal terhadap lonjakan tegangan akibat petir tidak langsung adalah penggunaan *Surge Protection Device* (SPD). SPD berfungsi membatasi tegangan transien agar tidak melebihi kemampuan isolasi peralatan, sehingga risiko kerusakan dapat diminimalkan [5]. SPD umumnya dipasang pada sisi DC dan sisi AC untuk membatasi lonjakan tegangan yang masuk menuju inverter maupun menuju jaringan. Beberapa penelitian menunjukkan efektivitas SPD dalam mereduksi tegangan induksi. Studi oleh Ahmad dkk. (2021) pada sistem PLTS hibrida menunjukkan bahwa tanpa SPD, tegangan induksi akibat arus petir 19 kA pada jarak 100 m dapat mencapai sekitar 10,5 kV, melampaui batas tegangan tahan impuls peralatan sebesar 6 kV, sedangkan dengan pemasangan SPD Kelas II, tegangan di titik dekat inverter dan transformator berhasil ditekan hingga sekitar 1,4–1,6 kV, meskipun sisi PV–baterai masih dapat mengalami tegangan sisa yang relatif tinggi [7].

Meskipun penelitian terkait gangguan petir pada PLTS telah banyak dilakukan, sebagian besar masih berfokus pada sambaran langsung, sistem berskala besar, atau konfigurasi sistem hibrida. Penelitian yang secara khusus membahas pengaruh sambaran petir tidak langsung pada sistem PLTS atap terhubung ke jaringan masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini disusun dalam bentuk tugas akhir dengan judul “Analisis Pengaruh Tegangan Induksi Akibat Petir terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Penambahan *Surge Protection Devices* Menggunakan *Software* ATPDraw”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh sambaran petir tidak langsung terhadap sistem PLTS atap terhubung ke jaringan?
2. Bagaimana efektivitas penambahan *Surge Protective Device* (SPD) pada sisi DC dan sisi AC dalam membatasi tegangan induksi akibat sambaran petir tidak langsung pada sistem PLTS atap terhubung ke jaringan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis pengaruh sambaran petir tidak langsung terhadap sistem PLTS atap terhubung ke jaringan menggunakan *software* ATPDraw.
2. Untuk mengevaluasi efektivitas penambahan SPD pada sisi DC dan sisi AC dalam membatasi tegangan induksi petir pada sistem PLTS atap terhubung ke jaringan.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperjelas ruang lingkup pembahasan, penelitian ini dibatasi pada:

1. Penelitian difokuskan pada sambaran petir tidak langsung dan tidak meninjau sambaran langsung.
2. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ATPDraw untuk menganalisis respon transien sistem PLTS terhadap gangguan petir.
3. Bentuk gelombang arus petir yang digunakan adalah 8/20 μ s dan 10/350 μ s dengan amplitudo 10 kA, 20 kA, dan 40 kA.
4. Lokasi gangguan disimulasikan pada sisi DC (Titik A) dan sisi AC (Titik B), dengan titik pengukuran tegangan pada P1 (jalur modul PV), P2 (masukan inverter DC), P3 (keluaran inverter AC), dan P4 (jalur menuju transformator/jaringan).
5. Proteksi internal yang dianalisis terbatas pada penggunaan SPD pada sisi DC dan sisi AC, sedangkan proteksi eksternal tidak dibahas.
6. Faktor lingkungan dianggap konstan dan tidak divariasikan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Memperdalam pemahaman mengenai pengaruh sambaran petir tidak langsung terhadap sistem PLTS atap terhubung ke jaringan.
2. Menyajikan analisis kuantitatif besarnya tegangan induksi serta efektivitas SPD dalam membatasi lonjakan tegangan pada sisi DC dan sisi AC.
3. Sebagai referensi ilmiah bagi penelitian selanjutnya terkait proteksi petir internal pada sistem PLTS berbasis simulasi ATPDraw.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, dan batasan masalah penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang digunakan sebagai penunjang dalam melakukan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode yang akan digunakan dalam penelitian, pemodelan, serta skenario penelitian yang diterapkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan beserta saran untuk penyempurnaan penelitian dan pengembangan penelitian selanjutnya.

