

BAB II

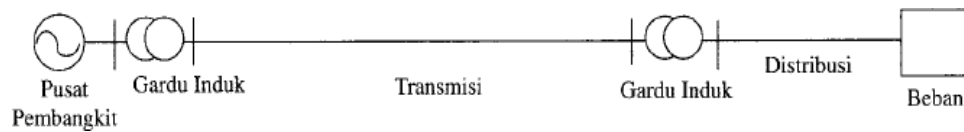
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Distribusi Medan Listrik

Salah satu kebutuhan primer yang sangat kita perlukan dalam kehidupan kita sehari-hari adalah energi listrik. Sumber energi listrik berasal dari pembangkit tenaga listrik misalnya PLTA, PLTU atau PLTG yang disalurkan melewati saluran transmisi dan saluran distribusi hingga bisa kita gunakan untuk memenuhi keperluan kita setiap hari.

Jaringan distribusi adalah elemen sistem tenaga listrik berjaringan yang dapat menyuplai dan menghubungkan gardu induk pusat beban ke pelanggan. Bagian dari jaringan distribusi yang mencakup seluruh komponen mulai dari penyulang dekat sambungan trafo sekunder gardu induk hingga perangkat pembatas dan meteran pelanggan (APP). Fungsi utama jaringan distribusi tenaga listrik adalah menyalurkan secara langsung arus dan tegangan energi listrik kepada pelanggan sesuai dengan kebutuhannya, sehingga dapat mempengaruhi kenyamanan pelanggan. Saluran transmisi memiliki fungsi utama yaitu menyalurkan energi listrik dari pembangkit utama ke masing-masing pusat beban (Handayani, 2019).

Tegangan tinggi digunakan untuk mengurangi rugi-rugi daya di sepanjang saluran listrik. Penggunaan tegangan tinggi tidak hanya menurunkan rugi-rugi daya, tetapi dapat juga menciptakan medan magnet di sekeliling konduktor. Rugi-rugi daya terjadi ketika jaringan listrik beroperasi melalui saluran listrik (Siddiq, 2018). Efek medan magnet dihasilkan dari saluran konduktif bisa membahayakan pekerja, operator, dan penduduk yang tinggal di sekitar saluran listrik. Biasanya, masyarakat mengelola gardu induk itu sendiri untuk mengecilkan tegangan dan mengatur distribusi tenaga listrik. Sebaliknya, beban dengan konsumsi daya beban lebih rendah menggunakan tegangan lebih rendah dan ditenagai oleh jaringan distribusi tegangan minim yang dihubungkan ke trafo distribusi.



Gambar 2. 1 Sistem distribusi tenaga listrik sederhana

2.2 Isolator Jaringan

Salah satu peralatan utama yang berperan dalam sistem distribusi tenaga listrik pada jaringan sekunder serta saluran pelayanan ke rumah-rumah adalah isolator. Isolator merupakan suatu bahan yang tidak dapat atau mengalami kesulitan dalam memindahkan muatan listrik. Oleh karena itu, isolator dibuat sebagai pembatas antar bagian beraliran listrik dan bagian tak beraliran listrik. Isolator daya arus tinggi adalah perangkat dibuat untuk mendukung penghantar dalam sistem transmisi dan distribusi arus listrik. Insulator jaringan arus tinggi dirancang untuk mengisolasi kabel konduktif dari rangka penyangga untuk mencegah kebocoran arus dan flashover yang dapat merusak jaringan listrik dan membahayakan lingkungan rangka penyangga. Kelebihan dielektrik suatu isolator membantunya menghentikan tegangan potensial dan medan listrik yang terkena isolator tersebut.

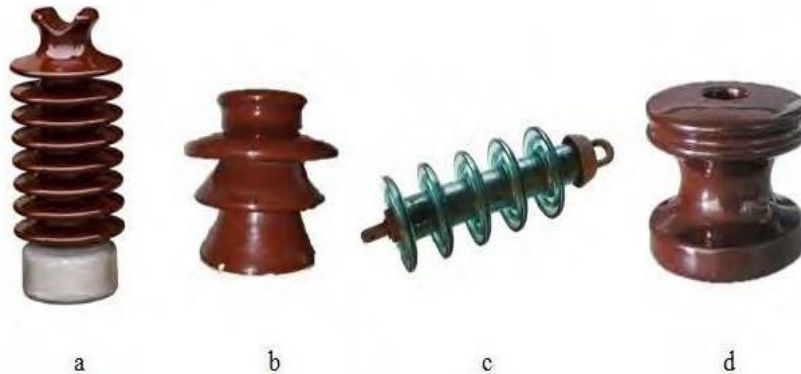
Kegunaan utama Isolator adalah :

1. Batasi bagian kabel konduktor yang beraliran listrik hanya pada bagian yang menahan beban.
2. Untuk hentikan tekanan mekanis disebabkan oleh gaya tarik dan berat kabel konduktor.
3. Untuk menahan jarak antar tekanan

Ada beberapa jenis isolator biasa digunakan untuk jalur transmisi dan distribusi sistem tenaga listrik. Perbedaan berdasarkan bentuk dan fungsi, yaitu :

1. Isolator jenis post (*post type insulator*)
2. Isolator jenis pasak (*pin type insulator*)

3. Isolator jenis gantung (*suspension type insulator*)
4. Isolator jenis cincin (*spool type insulator*)



Gambar 2. 2 (a) Isolator Pos, (b) Isolator Pasak, (c) Isolator Gantung dan (d) Isolator Cincin

Kegunaan masing-masing isolator berbeda-beda tergantung pada fungsi isolator, level tegangan, dan lokasinya. Kekuatan dielektrik dan kekuatan mekanik isolator juga mempengaruhi penggunaannya. Misalnya, isolator penyangga digunakan untuk membatasi konduktor dari tiang listrik atau untuk mencegah perubahan sudut rotasi konduktor dari satu penyangga ke penyangga lainnya agar tidak berubah.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis perbandingan distribusi medan listrik pada isolator pasak (pin type insulator) yang berbahan keramik dan yang berbahan kaca.

2.3 Isolator Pasak

Isolator pin adalah isolator yang digunakan untuk menopang konduktor saluran. Isolator tiang merupakan jenis isolator yang biasa digunakan pada jalur distribusi tegangan tinggi, dan dipasang pada kolom lurus (kolom cabang) dan kolom persegi (poros ujung) dengan sudut 5° hingga 30° . Isolator penyangga jenis ini lebih umum digunakan pada kolom penyangga jaringan distribusi listrik. Keuntungan dari isolator pos adalah:

1. Isolator pasak dirancang sedemikian rupa sehingga ketika hujan membasahi permukaan isolator, air hujan akan menetes dari permukaannya.

2. Insulator penyangga hanya boleh digunakan untuk beban tekanan yang dirancang untuk beban pada konduktor yang dipasang pada saluran udara tegangan tinggi.

2.4 Bahan Isolator Pasak

Bahan Insulator tiang biasanya terbuat dari kaca, keramik, atau polimer, dan memiliki tiang baja yang dipasang di bagian bawah. Namun bahan keramik dan kaca sering digunakan. Insulator tiang ini terdiri dari satu atau lebih lapisan rok dalam (tabir hujan) yang disemen pada tempatnya dan dilekatkan pada batang tiang yang melintang. Lapisan petticoat ini juga diaplikasikan pada permukaan luar isolator untuk mencegah air hujan yang membasahi isolator tidak menempel pada permukaan isolator.

2.5 Konstruksi Isolator Pasak

Struktur standar isolator penyangga terdiri dari badan inti isolator porselen atau kaca dan penyangga besi. Kepala isolator pin sesuai dengan lebar kabel konduktor.

1. Kabel Konduktor

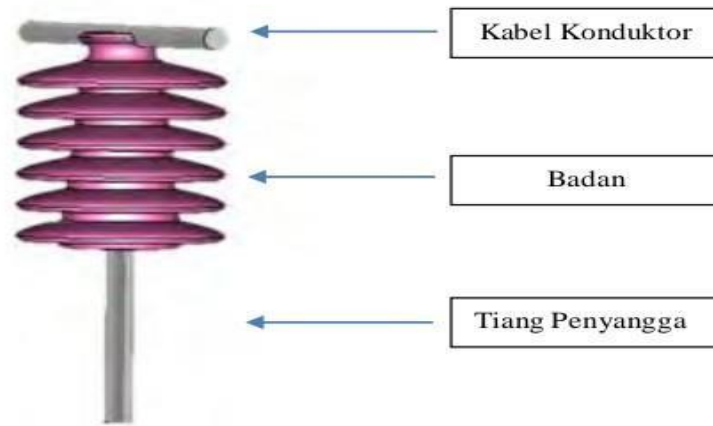
Kabel konduktor adalah komponen yang diberi energi dan membawa arus. Kabel penghantar ini terletak di atas badan isolator.

2. Badan Inti

Inti terbuat dari porselen atau kaca. Bentuk, ukuran dan jumlah sirip isolator ini berbeda-beda tergantung spesifikasi dan kebutuhan masing-masing. Di dalam badan inti terdapat semen yang menghubungkan badan isolator dengan batang penyangga.

3. Batang Penyangga

Batang penyangga berfungsi untuk menghubungkan isolator ke tiang listrik.



Gambar 2. 3 Konstruksi Isolator Pasak (pin type insulator)

2.5.1 Isolator Keramik (Porselin)

Isolator keramik (porselen) terbuat dari campuran tanah liat Cina dan aluminium silikat. Aluminium silikat dicampur dengan plastik kaolin, kuarsa, dan feldspar. Bagian luar dilapisi bahan glasir sehingga insulasi tidak berpori. Isolator keramik memiliki non-konduktivitas listrik tegangan tinggi dan kekuatan mekanik yang tinggi. Kelebihan isolator keramik ini adalah ::

1. Porselen memiliki ikatan ionik antar atom yang kuat, sehingga memiliki kekuatan dielektrik yang stabil..
2. Memiliki kekuatan mekanik yang sangat baik dan dapat menghentikan gaya tarik kabel konduktor.
3. Harga bahannya juga sangat terjangkau dan tersebar luas.
4. Sangat tahan lama karena beberapa langkah selama proses pembuatannya, termasuk Penggilingan dan pembakaran mengurangi kadar air dan membuat porselen memiliki sifat tahan lama.
5. Dapat digunakan di area lembab atau

Kekurangan bahan isolator keramik ialah :

1. Mudah pecah saat dilakukan proses pemasangan.
2. Memiliki massa yang berat sehingga biaya yang dikeluarkan untuk pengiriman dan instalasi lebih besar.
3. Berpori-pori bila pembuatan tidak sempurna
4. Mudah terpolusi karena keramik memiliki sifat hidrophilik

2.5.2 Isolator Kaca (Gelas)

Isolator kaca (*gelas*) pada umumnya terbentuk dari campuran $SiO_2, B_2O_3, Al_2O_3, PbO, BaO$ dan CaO . Isolator kaca ini sering digunakan sebagai outdoor insulator dan overhead insulator.

Kelebihan isolator kaca yaitu :

1. Ketahanan dielektri yang tinggi.
2. Pemuaian rendah.
3. Mudah dibentuk.
4. Bahan menyebar merata sehingga
5. Karena transparan, kotoran dan gelembung retakan pada bahan mudah terlihat.
6. Harga dari isolator kaca lebih terjangkau dari isolator keramik.

Kekurangan dari isolator kaca antara lain :

1. isolator kaca memiliki sifat kondensasi embun, debu dan kotoran dapat dengan mudah menempel pada isolator, sehingga meningkatkan konduktivitas permukaan isolator, sehingga lebih mungkin terjadi flashover dan arus bocor, dan dapat mengurangi medan listrik di dalam isolator .
2. Tegangan rendah dan kekuatan dielektriknya berubah cepat sesuai suhu.
3. Mudah pecah karena materi pembentuknya.
4. Mempunyai massa yang cukup berat.

2.6 Pembentukan Sudut Kontak

Sudut kontak (θ) adalah sudut yang terbentuk antara permukaan isolator dengan air yang berada pada permukaan isolator. Besar sudut kontak yang terbentuk mempengaruhi sifat hydrophobic bahan isolator dan dapat mempengaruhi nilai medan listrik pada isolator. Sifat hydrophobic merupakan suatu sifat menolak air dalam keadaan terpolusi.

Pembentukan sudut kontak pada permukaan isolator dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian, yaitu :

1. Basah semua

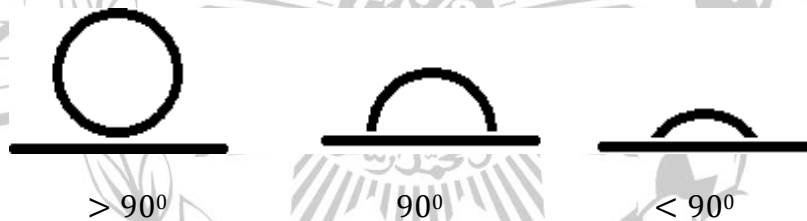
Sudut kontak terbentuk butir air dengan permukaan isolator >90 derajat.

2. Basah setengah

Sudut kontak terbentuk butir air dengan permukaan isolator sekitar 90 derajat.

3. Tidak basah

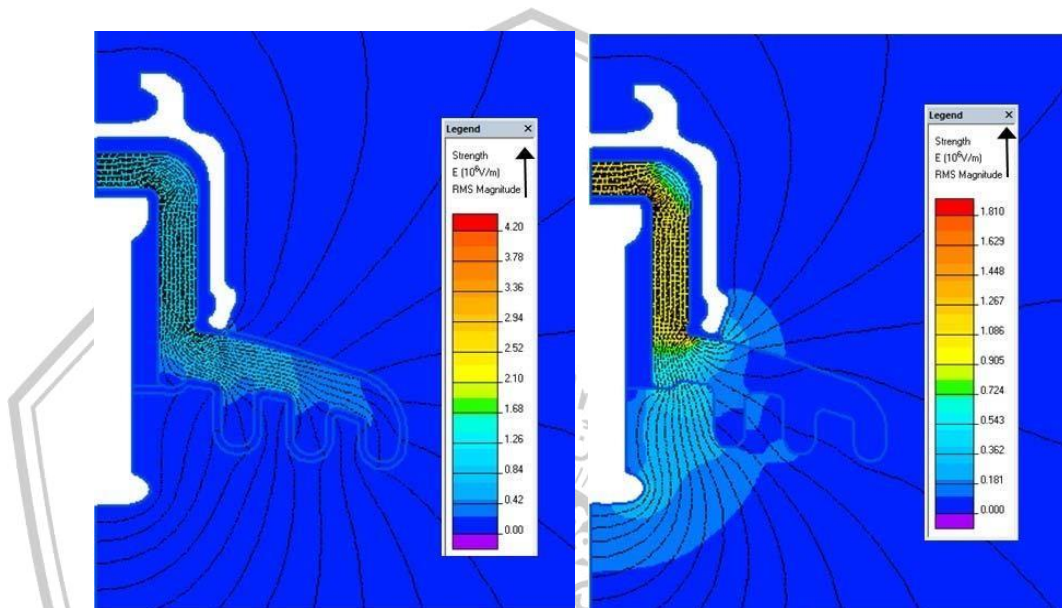
Sudut kontak terbentuk antara butir air dengan permukaan isolator <90 derajat.



Gambar 2. 4 Pembentukan sudut kontak terhadap permukaan Isolator

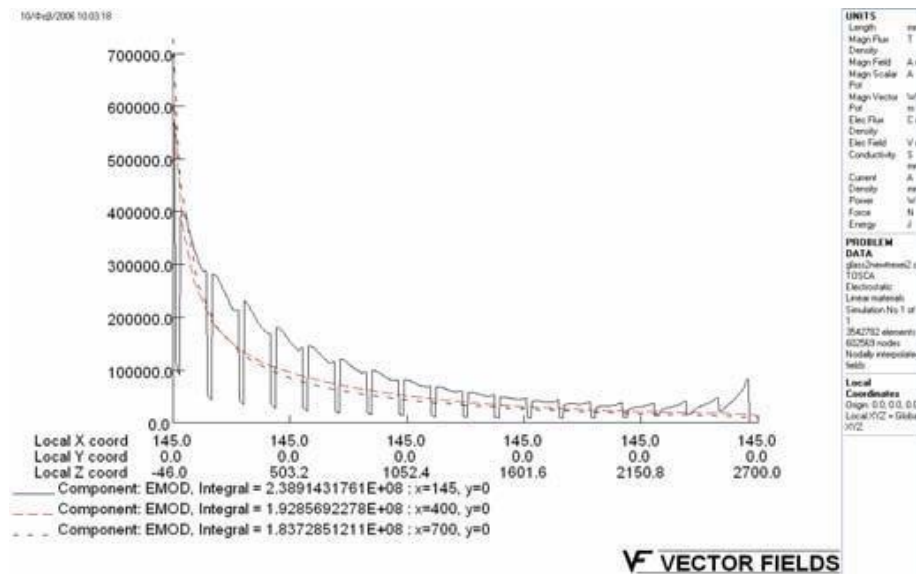
Dengan penggunaan di lapangan, terdapat beragam kontaminan yang dapat mempengaruhi kemampuan dielektrik isolator apabila air atau debu tersebut menempel permukaannya. Isolator pasak (*pin type insulator*) adalah salah satu jenis isolator yang digunakan pada tiang lurus (*tangent pole*) dan tiang sudut (*angle pole*) untuk sudut 5° sampai 30° dengan tiang besi sebagai penyangga. Oleh sebab itu diperlukan analisa pengaruh kontaminan terhadap distribusi medan listrik di sebuah isolator.

Kajian sebaran medan listrik dilakukan dengan metode elemen hingga atau FEM (Finite Element Method), dan dijelaskan bahwa pengotor mempunyai pengaruh yang besar terhadap sebaran medan listrik. Penelitian ini berfokus pada isolator kaca bertegangan tinggi dengan diameter 175 mm dan tinggi 110 mm. Penelitian ini menunjukkan bahwa kontaminan menyebabkan medan listrik terkonsentrasi di dalam isolator.



Gambar 2. 5 Penelitian distribusi medan listrik oleh (Othman, 2013)

(Kontangyri, 2014) Kami melakukan penelitian tentang isolator pendukung untuk transmisi daya 400kV. Objek penelitian dengan memakai metode elemen hingga pada software OPERA. Isolator yang dipakai pada simulasi terdiri dari 18 bagian keramik dan kaca dengan diameter 320 mm dan tinggi 170 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolator berbahan dasar kaca memiliki medan listrik yang lebih tinggi dibandingkan keramik.



Gambar 2. 6 Distribusi medan listrik oleh Kontargyri et al. (2014)

(Marungsri, 2009) Kami mempelajari pengaruh berbagai kotoran pada isolator. Penelitian ini memakai metode elemen hingga pada perangkat lunak MATLAB untuk mensimulasikan berbagai jenis polutan yaitu tepung kayu dan air. Hasil penelitian menghasilkan bahwa tetesan air merupakan kontaminan yang paling terpengaruh kuat medan listrik di sepanjang isolator. Sedangkan (Dwinugraha. A, 2017) menggunakan metode elemen hingga pada program CST Studio untuk mempelajari medan magnet terhadap operator. Pada penelitian ini dilakukan simulasi pada saluran transmisi 500 kV dan ditunjukkan bahwa jika CST Studio bekerja dengan baik maka hasil percobaan dan simulasinya sama.

Simulasi pengaruh geometri terhadap distribusi medan listrik dilakukan dengan metode elemen hingga di MATLAB (Saris, 2012). Benda yang dipertimbangkan adalah isolator gantung 20kV dengan empat tipe ukuran sirip yaitu tipe SC, tipe SS, tipe SL, dan tipe SE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi medan listrik terpengaruh oleh geometri isolator, dengan medan listrik maksimum yang ada di sekitar titik sambungan. Sementara itu (A.Rahimnejad, 2012), telah dilakukan penelitian untuk mengoptimalkan cincin corona dengan menggunakan metode elemen hingga dan software Maxwell 3D. Isolator pendukung yang terdiri dari 13 bagian dengan tiga variasi cincin mahkota digunakan dalam simulasi ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk cincin mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap distribusi medan listrik dan dapat

mengurangi distribusi medan listrik sebesar 28%.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa geometri mempengaruhi bentuk medan listrik pada suatu isolator. Sebagian besar penelitian dilakukan pada isolator penyangga dan suspensi. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan simulasi medan listrik yang dihasilkan pada isolator penyangga dengan menerapkan metode elemen hingga menggunakan software CST Studio, dengan harapan dapat menjelaskan secara detail perubahan medan listrik ketika terdapat benda asing pada penyangga isolator.

2.7 Metode Elemen Hingga (FEM)

Untuk mensimulasikan menghitung hasil sebaran medan listrik pada isolator penyangga keramik dan kaca, digunakan berdasarkan elemen hingga atau analisis FEM (finite element method). Program yang digunakan untuk analisis FEM ini adalah CST Studio Suite. Metode elemen hingga didasarkan pada proses diskritisasi. Proses diskritisasi digunakan untuk mengubah bentuk satu, dua, atau tiga dimensi suatu objek atau wilayah yang dianalisis dan secara otomatis membaginya menjadi mesh yang saling berhubungan (Supriyono, 2005)

Metode elemen hingga merupakan metode numerik secara umum digunakan untuk menyelesaikan permasalahan struktur, termal, dan elektromagnetik. Metode ini menyelesaikan permasalahan menggunakan prinsip dasar proses diskritisasi, yaitu membagi objek analisis menjadi sekumpulan elemen (work) dan menghubungkannya sehingga membentuk demonstrate dua dimensi atau tiga dimensi.

Pemrosesan diskritisasi pada elemen hingga merupakan suatu pemrosesan pembagian yang memodelkan struktur suatu benda dengan membaginya menjadi elemen-elemen kecil yang tak terhitung jumlahnya sesuai dengan objeknya. Elemen-elemen ini adalah bentuk jaringan kecil yang terletak di dalam objek. Cara perhitungannya adalah dengan menghitung jaring kecil dan kemudian menggabungkannya menjadi bentuk yang lebih besar. Hasil yang diperoleh adalah perkiraan berkelanjutan dari hubungan antara sumber daya untuk memberikan bentuk yang diharapkan.