

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan rumah tangga ataupun industri bisa dipenuhi oleh peran penting yang diperankan oleh energi listrik. Ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin mengalami kemajuan dan perkembangan mencerminkan perkembangan peradaban pada manusia serta pertumbuhan ekonomi yang semakin cepat, Pemasangan listrik di sejumlah sektor kehidupan terus menerus meningkat tiap-tiap tahunnya, terutama dalam sektor industri yang sedang mengalami perkembangan pesat. Pembangkit listrik memiliki kontribusi yang sangat besar dalam sejumlah aspek kehidupan masyarakat, menjadikannya komponen yang krusial. Gangguan pada sistem pembangkit bisa berpotensi merusak komponen-komponen penting, yang pada akhirnya bisa mengakibatkan kerusakan serta meminimalisir umur pada pembangkit.

Untuk mendukung pertumbuhan ekonomi di sejumlah sektor, kehidupan sehari-hari masyarakat memerlukan sarana dan prasarana yang cukup. Dalam waktu 24 jam, banyak kebutuhan dan aktivitas masyarakat yang bergantung pada energi listrik. Untuk mendorong kemajuan di daerah yang sedang berkembang, diperlukan infrastruktur yang memadai. Terkait dengan hal itu, pemerintah setempat harus mengambil langkah-langkah untuk menyediakan fasilitas yang mendukung, seperti pengadaan pembangkit listrik yang memadai guna memenuhi kebutuhan daerah itu.

Industri di Indonesia yang mengalami perkembangan dan permintaan masyarakat akan energi listrik berkualitas yang mengalami kenaikan berimbas pada pengembangan sumber energi listrik yang menjadi sangat penting. PT PLN (Persero) sebagai BUMN yang ditugaskan oleh pemerintah untuk mengelola penyediaan energi listrik memiliki tanggung jawab ini. Kebutuhan listrik masyarakat dan industri di sejumlah pulau Isolated di Provinsi Kepulauan Riau dipenuhi dengan memanfaatkan tenaga listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Untuk memastikan pasokan tenaga listrik tetap berkelanjutan, generator sebagai komponen vital harus berfungsi dengan optimal. Terkait dengan hal itu, sistem proteksi sangat diperlukan untuk melindungi generator dari sejumlah gangguan-gangguan. Satu dari sekian komponen dalam sistem proteksi itu adalah Relay Proteksi Diferensial, yang berfungsi untuk menjaga generator dari gangguan internal ataupun eksternal, seperti hubung singkat

antar fase, hubung singkat dari fase ke tanah, dan hubung singkat antar belitan. Arus dan waktu operasi yang sudah ditentukan dijadikan sebagai dasar dalam menyetel relay ini, sehingga bisa berfungsi dengan cepat dan tepat. Di lain sisi, relay ini juga dilengkapi dengan perlindungan pada gangguan eksternal dan harmonisa untuk mencegah kesalahan operasional. Mengingat potensi dampak serius yang bisa terjadi akibat gangguan pada generator, perangkat proteksi harus dipasang dengan sangat hati-hati dan cermat.

Berdasarkan uraian itu, maka penelitian ini akan membahas terkait “*Surge Protection Device (SPD)* sebagai Proteksi tambahan pada Panel Control dan Generator” yang dilakukan untuk mengurangi kerusakan fatal pada komponen peralatan *Panel Control* dan Generator dari tegangan lebih yang disebabkan oleh gangguan alam.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ialah sejumlah masalah yang dirumuskan dalam studi ini ditinjau dari latar belakang di atas:

1. Bagaimana cara menentukan lokasi dan kenapa engine tersebut yang dipilih dari 2 engine yang ada dilokasi yang tepat untuk penempatan/pemasangan *Surge Protection Device* (SPD) ?
2. Apa saja material yang dibutuhkan dan diperlukan untuk pemasangan *Surge Protection Device* (SPD) ?
3. Berapa perkiraan financial yang ditimbulkan untuk pemasangan *Surge Protection Device* (SPD) ?
4. Bagaimana dampak pada Generator di PLTD Kelong sesudah dilakukan pemasangan *Surge Protection Device* (SPD)?

1.3 Tujuan

Berikut ialah sejumlah tujuan yang diharapkan bisa dicapai dalam studi ini dari latar belakang dan rumusan masalah di atas:

1. Mengetahui bagaimana cara untuk menentukan lokasi yang tepat untuk penempatan/pemasangan *Surge Protection Device* (SPD).
2. Mengetahui apa saja yang dibutuhkan untuk menunjang pemasangan *Surge Protection Device* (SPD).
3. Mengetahui perkiraan financial yang ditimbulkan akibat gangguan surja pada generator.
4. Mengetahui dampak pada Generator sesudah dilakukan pemasangan *Surge Protection Device* (SPD).

1.4 Manfaat

Berikut ialah sejumlah manfaat yang diharapkan bisa diberikan oleh temuan penelitian ini:

1. Mengurangi financial yang ditimbulkan untuk penggantian material, perbaikan pada peralatan *Panel Control* dan *Rewinding Generator*
2. Menghindari pemadaman yang disebabkan satu dari sekian unit mesin pembangkit tidak bisa beroperasi.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Berikut ialah sejumlah ruang lingkup masalah yang dibatasi oleh penulis berdasarkan rumusan masalah yang disebutkan di atas agar pembahasan yang melebar bisa dihindari:

1. Pemasangan *Surge Protection Device (SPD)* pada Panel Control Generator di PLTD Kelong disebabkan Karena Harga material di *Panel Control Generator* tidak Terlalu Ekonomis dan sering mengalami gangguan yang disebabkan oleh gangguan Surja pada unit pembangkit itu.
2. Panjang jaringan PLTD Kelong adalah 13 kms , dengan jumlah 1 (satu) Penyulang.
3. Meminimalisir gangguan yang disebabkan oleh Gangguan Surja untuk unit.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian yang Relevan

Referensi yang relevan dengan topik penelitian bisa dijumpai dengan melakukan tinjauan literatur dalam studi ini. Sitasi ini dapat ditemukan di jurnal, buku, artikel, atau proposal tesis yang relevan. Sejumlah referensi yang dikutip dalam penelitian ini antara lain:

1. Berdasarkan Jurnal Ilmiah: Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ibnu Hajar dan Hajar dan Eko Rahman di Jurnal Ilmiah STT PLN Vol. 9 No, 2 yang berjudul “Kajian Pemasangan Lightning Arrester pada sisi HV Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung” bahwa sejumlah komponen yang ada pada pusat listrik sangat berbahaya saat terkena sambaran petir. Terkait dengan hal itu, Komponen pusat daya harus dilindungi dari sambaran petir untuk menghindari kerusakan akibat surja petir. Pemasangan arester pada sisi tegangan tinggi di Gardu Induk Teluk Betung, yang memiliki tegangan nominal 144 kV dirinci dalam jurnal ini. 144 kV merupakan tegangan tinggi. Penelitian ini berbeda dengan penelitian Ibnu Hajar dan Eko Rahman karena memasang arester pada tegangan rendah sesudah KWH meter agar beban bertegangan 380/220V bisa terlindungi.
2. Menurut Jurnal Ilmiah: Sekolah Tinggi Teknik Malang Vol 12 (1), Juni 2023, halaman 37-42, SINTEKS ISSN: 1907-2007 E-ISSN: 2579-7115, berjudul “Analisa Pemilihan dan Penerapan Peralatan Pengaman Surge Petir pada Sistem Kelistrikan Arus Bolak-Balik Tegangan Rendah,” diungkapkan bahwa Peralatan listrik dan elektronik bangunan dapat mengalami kerusakan signifikan akibat sambaran petir. Lembaga Informasi Asuransi melaporkan bahwa pada tahun 2021, terdapat sekitar 61.000 klaim asuransi rumah terkait petir. Studi ini bertujuan untuk menyelidiki pemilihan dan penerapan perangkat proteksi lonjakan petir pada sistem kelistrikan arus bolak-balik tegangan rendah. Metode yang diterapkan dalam studi ini adalah penelitian deskriptif kualitatif, dengan fokus pada pengujian Peralatan Pengaman Surge (Surge Protection Device/SPD). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa saat terjadi lonjakan tegangan akibat petir yang masuk ke

dalam jaringan kabel, Surge Protection Device (SPD) Petir akan mengalirkan kelebihan tegangan itu ke saluran pembuangan atau grounding. Dalam kondisi normal, arrester berperan sebagai isolator, tetapi saat lonjakan tegangan terjadi, ia berfungsi sebagai konduktor dengan resistansi rendah yang menyalurkan arus tinggi ke tanah melalui sistem pentanahan. Terkait dengan hal itu, pemilihan dan persiapan sistem pentanahan atau grounding harus dilakukan dengan sangat hati-hati.

3. Menurut Jurnal Ilmiah: Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Lhokseumawe, Vol. 06, No. 02, September 2022, yang berjudul “Studi Kinerja Sistem Proteksi Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Tapak Tuan,” diungkapkan bahwa Mesin diesel digunakan sebagai sumber tenaga listrik untuk satu dari sekian Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) di Kabupaten Aceh Selatan. Listrik yang dihasilkan oleh PLTD ini dimanfaatkan oleh masyarakat dan industri setempat untuk memenuhi kebutuhan energi mereka. Generator merupakan komponen penting yang diperlukan untuk pengoperasian yang efektif guna menjamin pasokan listrik yang stabil. Sistem proteksi dirancang guna melindungi generator dari sejumlah gangguan. Dalam menganalisis kinerja generator diesel, sejumlah parameter dihitung untuk mengidentifikasi tipe gangguan yang terjadi. Satu dari sekian parameter itu adalah arus gangguan tiga fase yang dihitung mencapai 10.334,24 A. Di lain sisi, arus gangguan satu fase ke tanah dicatat sebanyak 3.384,41 A. Penyetelan relay diferensial didasarkan pada nilai arus nominal yang terukur pada transformator arus, yakni 0,926 A, yang kemudian dikalikan dengan pengaturan minimum relay sebanyak 12%, menghasilkan nilai 0,11 A. Relay diferensial ini akan aktif bila terdeteksi arus yang melebihi pengaturan itu, yakni 0,11 A.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Jenis Gangguan dan Relay Proteksi Pada Generator.

Berikut adalah beberapa jenis gangguan dan masalah yang bisa terjadi pada Generator:

1. Gangguan Internal Generator (Gangguan dari dalam Generator)

Secara umum, ada lima jenis gangguan yang bisa terjadi pada Generator, yakni:

a. Hubungan singkat antara fasa

kondisi listrik di mana dua atau lebih fasa bertegangan tinggi dalam sistem tenaga listrik bersentuhan secara langsung atau melalui impedansi rendah, menyebabkan aliran arus yang sangat besar, berfluktuasi, dan merusak peralatan. Gangguan ini bisa terjadi sebab kontak langsung, kegagalan isolasi, atau sambungan longgar, dan mengakibatkan rugi-rugi daya yang besar dan potensi kerusakan pada peralatan seperti trafo dan generator.

b. Hubungan singkat fasa ke tanah

suatu kondisi di mana satu konduktor fasa terhubung dengan tanah, menyebabkan aliran arus besar yang bisa merusak peralatan dan meminimalisir kestabilan sistem tenaga listrik. Sistem tenaga listrik paling sering mengalami jenis gangguan ini dan bisa disebabkan oleh kegagalan isolasi, kerusakan kabel, atau kontak yang tidak disengaja. Untuk mengatasi masalah ini, sistem proteksi yang handal, seperti *Ground Fault Relay* (GFR), digunakan untuk mendeteksi dan mengisolasi gangguan.

c. Over Voltage

terjadi saat tegangan keluarannya melebihi nilai nominalnya, yang bisa menyebabkan kerusakan pada generator dan peralatan yang terhubung. Penyebabnya antara lain kerusakan regulator tegangan (AVR), pelepasan beban mendadak yang meningkatkan kecepatan generator, atau pengaturan yang salah. Untuk mengatasinya, lakukan perawatan rutin, periksa komponen seperti AVR dan baterai, pastikan beban tidak melebihi kapasitas, dan pasang perangkat proteksi tegangan yang sesuai.

d. Kehilangan Magnet Penguat

kondisi saat arus penguat rotor generator melemah atau hilang, menyebabkan generator tidak bisa menghasilkan tegangan dan arus listrik. Kondisi ini bisa terjadi sebab kegagalan pada sistem kontrol *Automatic Voltage Regulator* (AVR), hubungan pendek pada lilitan medan, atau rusaknya sikat pada sistem penguat. Akibatnya, generator bisa berubah fungsi menjadi generator induksi yang menyerap daya reaktif dari sistem, atau bahkan mengalami kerusakan akibat kelebihan beban dan panas, serta kehilangan sinkronisasi dengan sistem kelistrikan.

e. Hubung singkat dalam sirkuit rotor

Saat terjadi hubung singkat pada sirkuit rotor, generator bisa mengalami kehilangan medan (Loss of Field) dan berpotensi merusak sirkuit rotor akibat arus hubung singkat itu. Kerusakan ini bisa dicegah dengan memanfaatkan Relay arus lebih atau sekering lebur pada sirkuit rotor.

2. Gangguan Eksternal Generator (Gangguan dari luar Generator)

Penyebab utama gangguan dalam sistem adalah sambaran petir, yang seringkali terkait saluran udara transmisi rendah, menengah dan lain-lainnya. Hal ini menjadikan saluran udara transmisi sebagai satu dari sekian sumber gangguan utama. Di lain sisi, saluran udara distribusi ini juga sering kali mengalami gangguan, tidak hanya disebabkan oleh sambaran petir tetapi juga gangguan alam lainnya oleh tumbuhan dan hewan-hewan liar di sekitarnya.

Berdasarkan hasil pertimbangan itu, pengaman Generator yang paling penting pada gangguan eksternal ini adalah Relay arus lebih. Relay arus lebih merupakan pengaman utama pada gangguan yang terjadi pada rel yang terhubung langsung ke generator. Di sisi lain, cadangan cenderung akan diamankan oleh relay arus jika proteksi rel diferensial terpasang.

3. Pengaman pada gangguan dalam mesin penggerak

Melibatkan pemasangan sistem proteksi yang bisa mendeteksi dan menghentikan mesin penggerak saat terjadi kondisi abnormal seperti tekanan oli terlalu rendah atau suhu terlalu tinggi, mencegah kerusakan pada bantalan atau komponen lain. Sistem ini bekerja dengan menggunakan relay proteksi seperti relay daya balik, yang memicu Pemutus Tenaga (PMT) untuk memisahkan generator dari sistem agar tidak berubah menjadi motor dan menimbulkan kerusakan lebih lanjut.

Kehilangan sumber penggerak utama bisa menyebabkan Generator berfungsi sebagai motor. Dalam situasi ini, frekuensi menjadi faktor penting, dimana torsi yang dihasilkan oleh penggerak utama lebih kecil dibandingkan dengan torsi yang diperlukan untuk menjaga kecepatan rotor pada tingkat proporsional. Hal ini menyebabkan penurunan daya input dari penggerak utama, sehingga generator yang seharusnya menyediakan daya aktif beralih fungsi menjadi motor yang menyerap daya aktif. Kondisi ini dikenal dengan istilah motoring.

2.2.2 Macam-macam Proteksi pada Generator

Sejumlah peralatan proteksi pada Generator dari gangguan sebagai berikut:

1. Generator-Differential-Protection

Bekerja saat ada perbedaan arus antara arus masuk dan keluar peralatan, mendeteksi gangguan hubung singkat di dalam area yang diproteksi.

2. Over Voltage Protection

Relay ini berfungsi sebagai pelindung Generator dari kondisi tegangan berlebih yang bisa terjadi pada sistem.

3. Under Voltage Protection

Perlindungan ini dirancang untuk mengidentifikasi sejumlah keadaan yang bisa mengakibatkan terjadinya kondisi undervoltage.

4. Field Failure Relay

Perlindungan ini berfungsi sebagai untuk memantau dan melindungi sistem listrik tiga fasa dari gangguan tegangan seperti kehilangan fasa (satu dari sekian fasa terputus), tegangan kurang (under-voltage), tegangan lebih (over-voltage), dan urutan fasa yang salah.

5. Reverse Power Protection

Melindungi generator dari kerusakan dengan mencegahnya beroperasi sebagai motor listrik.

6. Voltage Dependent Over Protection

Melindungi peralatan elektronik dan sirkuit dari kerusakan akibat lonjakan tegangan berlebih dengan cara mendeteksi kondisi tegangan tinggi dan, bila diperlukan, mengaktifkan mekanisme proteksi untuk memutus atau mengatur tegangan itu agar tetap dalam batas aman.

7. Under Frequency Protection

Perlindungan tambahan untuk Generator yang berfungsi mengidentifikasi penurunan frekuensi yang berada bawah batas yang diperbolehkan.

8. Over Frequency Protection

Perlindungan tambahan untuk Generator yang berfungsi mengidentifikasi peningkatan frekuensi yang berada pada atas batas yang diperbolehkan.

Gangguan dalam sistem tenaga listrik tidak bisa dihindari sepenuhnya, tetapi bisa dikecilkan dengan membatasi area yang terpengaruh seminimal mungkin. Berdasarkan hal itu memerlukan penerapan sistem proteksi.

2.2.3 Pengertian dan Fungsi *Surge Protection Device* (SPD)

Surge Protection Device (SPD) adalah perangkat pelindung kelistrikan yang dirancang untuk melindungi peralatan listrik dan elektronik dari lonjakan tegangan mendadak (transien) akibat Gangguan Surja atau gangguan Pensaklaran (*switching*). Fungsi utamanya adalah membatasi lonjakan tegangan dan menyalurkan kelebihan arus tersebut ke tanah (*grounding*) dengan cepat, sehingga sistem listrik tetap aman dan peralatan terhindar dari kerusakan.

Berikut adalah rincian mengenai pengertian dan fungsi *Surge Protection Device* (SPD):

1. Pengertian: *Surge Protection Device* (SPD) adalah komponen pengaman internal (sering disebut penangkal internal Komponen) yang dipasang pada panel distribusi, gardu induk, atau dekat perangkat sensitif. Alat ini memiliki impedansi tinggi pada kondisi normal, namun berubah menjadi impedansi rendah saat terjadi lonjakan tegangan tinggi, memungkinkan arus berlebih dibuang ke *grounding*.
2. Fungsi Utama:
 - a. Perlindungan Lonjakan Tegangan (Surge Protection): Mencegah peralatan listrik berharga seperti komputer, server, motor, dan transformator rusak akibat *spaneng* (tegangan kelewat tinggi).
 - b. Perlindungan dari Gangguan Surja dan Switching: Melindungi jaringan listrik dari lonjakan yang disebabkan oleh Gangguan Surja atau gangguan saat *switching* jaringan.
 - c. Mengalihkan Arus ke Tanah: Membelokkan arus berlebih ke sistem *grounding* agar tidak mengalir ke perangkat elektronik.
 - d. Menjamin Kontinuitas Daya: Menjaga keandalan sistem kelistrikan agar tidak terputus atau rusak, terutama di lingkungan rawan petir.



Gambar 2.1 Simbol *Surge Protection Device* (SPD).

2.2.4 Cara Kerja *Surge Protection Device* (SPD)

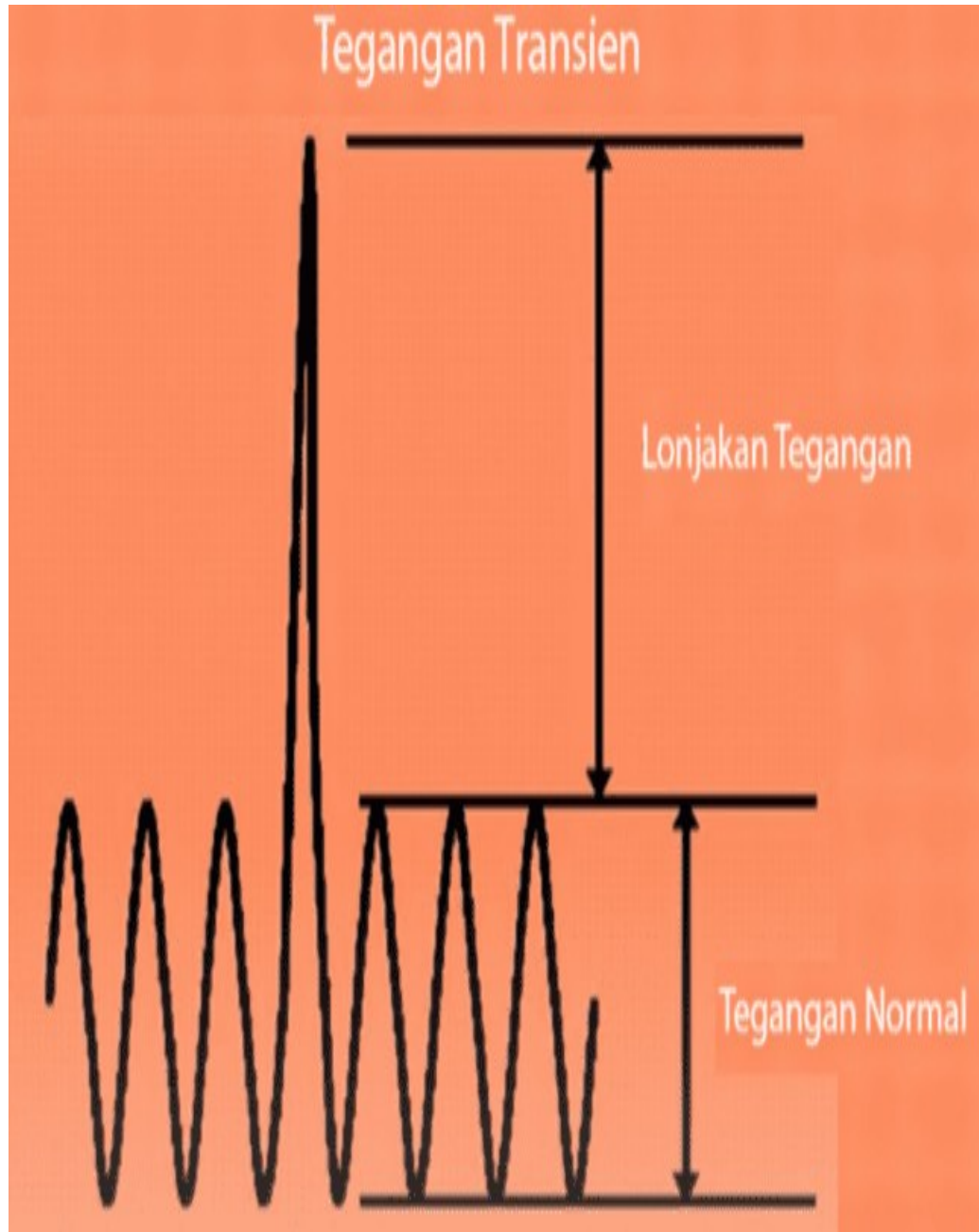
Surge Protection Device (SPD) bekerja sebagai pelindung peralatan listrik dengan membatasi lonjakan tegangan tinggi (gangguan surja atau *switching*) dan mengalirkannya ke sistem pembumian (*grounding*). Dalam kondisi normal, arrester bertindak sebagai isolator (non-konduktif), namun secara instan berubah menjadi konduktor saat tegangan melampaui batas, membuang arus lebih, lalu kembali ke posisi semula.

Berikut adalah prinsip kerja mendetail dari *Surge Protection Device* (SPD):

- a. Kondisi Normal (Siaga): Komponen internal arrester (biasanya Zinc Oxide/ZnO) memiliki resistansi tinggi, sehingga tidak ada arus yang melewati arrester ke tanah.
- b. Saat Terjadi Lonjakan (Tegangan Tinggi): Ketika terjadi lonjakan *switching*, tegangan di jaringan melampaui tegangan tembus (*breakdown voltage*) arrester
- c. Pengalihan Arus (Grounding): Komponen internal dengan cepat mengubah karakteristiknya menjadi resistansi rendah (konduktif).
- d. Kembali ke Kondisi Normal: Setelah lonjakan tegangan berhasil dibuang ke tanah, arrester secara otomatis kembali ke status non-konduktif (isolator) dalam hitungan mikrodetik.

Komponen Penting:

- a. Metal Oxide Varistor (MOV): Komponen utama yang paling umum digunakan karena respons cepatnya terhadap lonjakan tegangan.
- b. Grounding: Komponen krusial; tanpa pembumian yang baik, arrester tidak dapat bekerja membuang energi berlebih.



Gambar 2.2 Saat terjadi tegangan transien atau lonjakan tegangan

Tegangan transien bisa disebabkan oleh sejumlah faktor, seperti hubung singkat, konsleting, dan lainnya.

2.2.5 Perbedaan *Surge Protection Device* (SPD) dengan Penangkal Petir

Perbedaan utama adalah posisi pemasangan dan objek perlindungannya dan Berikut perbedaan lebih lengkap antara Surge-Arrester dengan penangkal petir atau Lightning-Arrester:

1. Surge Protection Device (SPD):
 - a. Fungsi utamanya Melindungi peralatan listrik dan sistem kelistrikan internal dari lonjakan tegangan yang disebabkan oleh Gangguan surja atau gangguan listrik lainnya seperti operasi pengalihan atau transien lainnya.
 - b. Dipasang dalam panel utama.
 - c. Menghentikan lonjakan dan mengalihkan energi berlebih ke tanah melalui kawat tanah.
2. Penangkal Petir atau Lightning Arrester:
 - a. Fungsi utamanya Menangkap dan mengalihkan sambaran petir langsung yang kuat ke tanah dengan aman untuk mencegah kerusakan pada struktur bangunan.
 - b. Pemasangan Lightning Arrester hanya bisa dilakukan pada panel luar
 - c. Mengalihkan aliran listrik ke tanah melalui perangkat Arrester secara langsung
 - d. Digunakan untuk lonjakan petir dan bisa digunakan sebagai Surge Arrester