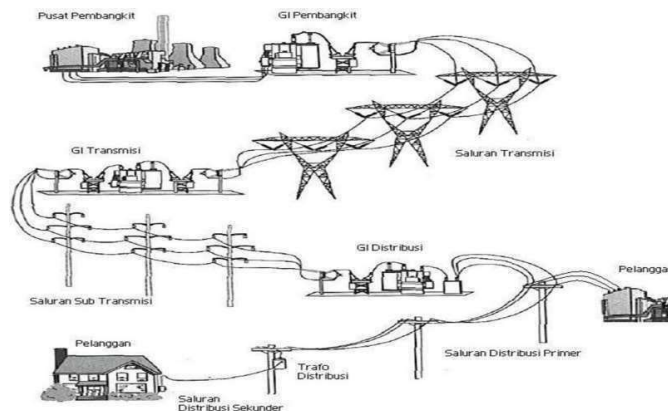


BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Menurut (Stevenson, 1993) secara garis besar sistem tenaga listrik dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu sistem pembangkitan, sistem penyaluran (Transmisi dan Gardu Induk), dan sistem distribusi. Sistem distribusi merupakan bagian akhir dari rangkaian komponen pada sistem tenaga listrik dan dapat terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Sistem Tenaga Listrik

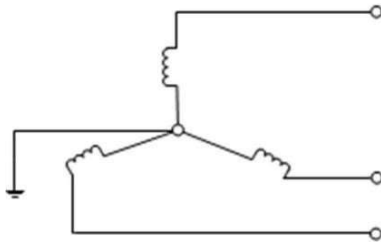
(Sumber : Ajiatmo, 2023)

2.2 Sistem Transmisi

Saluran Transmisi merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari Generator Station/ Pembangkit Listrik sampai distribution station hingga sampai pada konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik di transmisikan oleh suatu bahan konduktor yang mengalirkan tipe Saluran Transmisi Listrik Penyaluran. (Ajiatmo, 2023)

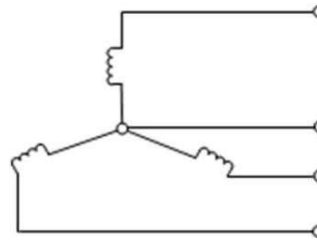
tenaga listrik pada transmisi menggunakan arusbolak-balik (AC) ataupun juga dengan arus searah (DC). Penggunaan arus bolak- balik yaitu dengan sistem

tiga - fasa atau dengan empat -fasa dan dapat terlihat pada gambar 2.2 dan 2.3.



Gambar 2. 2 Sistem tiga fasa

(Sumber : Ajiatmo, 2023)



Gambar 2. 3 Sistem empat fasa

(Sumber : Ajiatmo, 2023)

Saluran Transmisi dengan menggunakan sistem arus bolak-balik tiga fasa merupakan sistem yang banyak digunakan, mengingat kelebihan sebagai berikut:

- a) Mudah pembangkitannya.
- b) Mudah pengubahan tegangannya.
- c) Dapat menghasilkan medan magnet putar.
- d) Dengan sistem tiga fasa, daya yang disalurkan lebih besar dan nilai sesaatnya konstan.

2.3 Kategori Saluran Transmisi

Berdasarkan pemasangannya, saluran transmisi terbagi menjadi 2 kategori yaitu sebagai berikut:

1. Saluran Udara (*Overhead lines*), Saluran transmisi yang menyalurkan energi melalui kawat-kawat yang digantung pada isolator antara menara atau tiang transmisi, dapat terlihat pada gambar 2.4



Gambar 2. 4 Saluran Listrik Udara Tegangan Tinggi

(Sumber : Ajiatmo, 2023)

2. Saluran kabel bawah tanah (underground cable), saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kabel yang dipendam didalam tanah. Karena berada didalam tanah maka tidak mengganggu keindahan kota dan juga tidak mudah terjadi gangguan akibat kondisi cuaca atau alam. Namun tetap memiliki kekurangan, antara lain mahal dalam instalasi dan investasi serta sulit menentukan titik gangguan dan perbaikannya, dapat terlihat pada gambar 2.5 dan 2.6. (Ajiatmo, 2023)



Gambar 2. 5 Saluran Listrik Bawah Tanah

(Sumber : Ajiatmo, 2023)



Gambar 2. 6 Saluran Bawah Laut

(Sumber : Ajiatmo,2023)

2.3.1 Klasifikasi Saluran Transmisi Berdasarkan Tegangan

Transmisi tenaga listrik sebenarnya tidak hanya penyaluran energi listrik dengan menggunakan tegangan tinggi dan melalui saluran udara (*overhead line*). Namun transmisi adalah proses penyaluran energi listrik dari satu tempat ke tempat

lainnya, yang besarnya adalah Tegangan Ultra Tinggi (UHV), Tegangan Ekstra Tinggi (EHV), Tegangan Tinggi (HV), Tegangan Menengah (MHV) dan Tegangan Rendah (LV). (Ajiatmo, 2023)

Sedangkan Transmisi tegangan tinggi adalah berfungsi sebagai penyaluran energi listrik dari satu substation gardu induk ke gardu induk lainnya. Terdiri dari konduktor yang direntangkan antara tiang (*tower*) melalui isolator, dengan sistem tegangan tinggi. Standar tegangan tinggi yang berlaku di Indonesia adalah 30KV, 70KV, dan 150KV. Ditinjau dari klasifikasi tegangannya, transmisi listrik dibagi menjadi :

a) Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 200KV-500KV

Pada umumnya saluran transmisi di Indonesia digunakan pada pembangkit dengan kapasitas 500KV. Dimana tujuannya agar *drop* tegangan dari penampang kawat dapat direduksi secara maksimal, sehingga diperoleh operasional yang efektif dan efisien. Akan tetapi terdapat permasalahan mendasar dalam pembangunan SUTET adalah konstruksi tiang (*tower*) yang besar dan tinggi, memerlukan tanah yang luas, memerlukan isolator yang banyak, sehingga memerlukan biaya yang besar. Masalah lain yang timbul dalam pembangunan SUTET adalah masalah sosial yang akhirnya berdampak pada masalah pembiayaan.(Ajiatmo, 2023)

b) Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 30KV-150KV

Pada saluran transmisi ini memiliki tegangan operasi antara 30KV sampai 150KV. Konfigurasi jaringan pada umumnya *single* atau *double sirkuit*, dimana satu sirkuit terdiri dari tiga fasa dengan tiga atau empat kawat. Biasanya hanya 3 kawat dan penghantar netralnya diganti oleh tanah sebagai saluran kembali. Apabila

kapasitas daya yang disalurkan begitu besar, maka penghantar pada masing-masing fasa terdiri dari dua atau empat kawat (*Double* atau *Quadrapole*) dan berkas konduktor disebut *bundle conductor*. Jarak terjauh paling efektif dari saluran transmisi ini adalah 100km, apabila jarak transmisi lebih dari 100km maka tegangan jatuh (*drop voltage*) terlalu besar, sehingga tegangan diujung transmisi menjadi rendah. (Ajiatmo, 2023)

2.3.2 Komponen Saluran Transmisi

Saluran Transmisi tenaga listrik terdiri atas konduktor, isolator dan infrastruktur tiang penyangga.

2.3.3.1 Konduktor

Kawat dengan bahan konduktor untuk saluran transmisi tegangan tinggi selalu tanpa pelindung atau isolasi kawat. Namun kawat berbahan tembaga atau alumunium dengan inti baja (*steel-reinforced alumunium cable ACSR*) telanjang besar yang terbentang untuk mengalirkan arus listrik. (Pramono, 2019)

Komponen-Komponen yang termasuk pada fungsi pembawa arus, yaitu sebagai berikut:

1) Conductor Joint (Midspan Joint)

Sambungan konduktor adalah material penyambung konduktor pengantar yang cara penyambungannya dengan alat press tekanan tinggi. Sambungan (*joint*) harus memenuhi beberapa syarat antara lain konduktivitas listrik yang baik, dan kekuatan mekanik yang besar. (Ajiatmo, 2023)

2) Jumper Joint

Jumper joint sendiri berfungsi sebagai pembagi arus pada titik sambungan konduktor, dapat terlihat pada gambar 2.7.

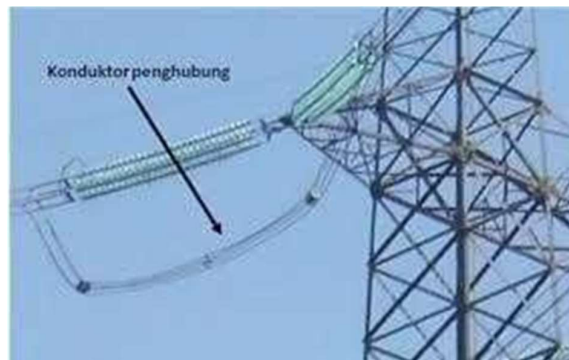


Gambar 2. 7 *Jumper Point*

(Sumber : Ajiatmo, 2023)

3) Jumper Conductor

Jumper Conductor atau Konduktor jumper berfungsi sebagai konduktor pada tiang tension. Besar penampang jumlah konduktor pada konduktor penghubung disesuaikan dengan konduktor yang terpasang pada SUTT / SUTET tersebut, dapat terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 *Jumper Konduktor*

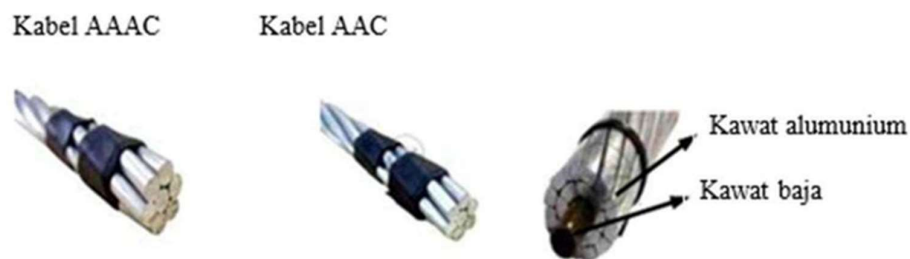
(Sumber : Ajiatmo, 2023)

Jarak jumper konduktor dengan tiang diatur sesuai tegangan operasi dari SUTT atau SUTET konduktor pada tiang tension SUTET umumnya dipasang counter weight sebagai pemberat agar posisi dan bentuk konduktor penghubung tidak berubah. Pada tiang tertentu perlu dipasang isolator *support* untuk menjaga agar jarak antara

konduktor atau 4 konduktor perlu dipasang *twin spacer* ataupun *quadspacer*.

Kawat penghantar alumunium terdiri dari berbagai jenis dengan lambang sebagai berikut:

- a) *AAC (All-Alumunium Conductor)* merupakan kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari alumunium.
- b) *AAAC (All-Alumunium-Alloy Conductor)* merupakan kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran alumunium.
- c) *ACSR (Alumunium conductor, Steel-Reinforced)* merupakan kawat penghantar alumunium berinti kawat baja.
- d) *ACAR (Alumunium Conductor, Alloy-Reinforced)* merupakan kawat penghantar alumunium yang diperkuat dengan logam campuran.
- e) Kabel *AAC*, untuk contoh kabelnya akan terlihat pada gambar 2.9.
- f) Kawat Alumunium, untuk contohnya akan terlihat pada gambar 2.9.
- g) Kawat Baja, untuk contohnya akan terlihat pada gambar 2.9.
- h) Kawat *ACSR*.
- i) *Kawat AAAC*, untuk contohnya terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Jenis-jenis Transmisi Listrik

(Sumber : Ajiatmo, 2023)

2.3.3.2 Isolator

Isolator pada sistem transmisi tenaga listrik berfungsi untuk menahan bagian

konduktor terhadap *ground*. Isolator disini biasanya terbuat menggunakan bahan *porcelaine*, tetapi bahan gelas dan bahan isolasi sintetis juga sering digunakan. Bahan isolator harus memiliki ketebalan yang secukupnya (sesuai standar) untuk mencegah *breakdown* pada tekanan listrik tegangan tinggi sebagai pertahanan fungsi isolasi tersebut. Kondisinya harus kuat terhadap goncangan apapun dan beban konduktor. (Ajiatmo, 2023)

Jenis-jenis isolator pada SUTT / SUTET dibagi tiga, yaitu *ceramic* isolator, *non- ceramic* isolator, dan *ground clearance* di sekitar penghantar.

1) *Ceramic Isolator* (Insulator Keramik)

Media penyekat antara bagian bertegangan dengan yang tidak bertegangan atau *ground* secara elektrik dan mekanik. Pada SUTT/SUTET, Insulator berfungsi untuk menginsolir konduktor fasa dengan *tower* atau *ground*, untuk contoh insulator keramiknya dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10 *Ceramic Isolator*

(Sumber : Ajiatmo, 2023)

2) *Non-Ceramic Isolator*

a) Isolator gelas atau kaca

Digunakan hanya untuk isolator jenis piring. Bagian gelas harus bebas dari lubang atau cacat lain termasuk adanya gelembung dalam gelas. Warna gelas

biasanya hijau dengan warna lebih tua atau lebih muda, apabila terjadi kerusakan isolator gelas mudah terdeteksi, untuk contohnya dapat terlihat pada gambar 2.11.

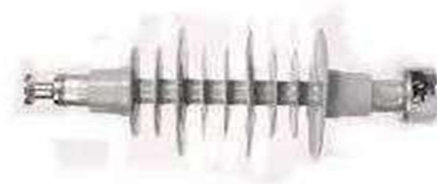


Gambar 2. 11 Isolator Gelas atau Kaca

(Sumber :Ajiatmo, 2023)

b) Isolator *Polymer*

Insulator polymer dilengkapi dengan mechanical *load-bearing fiberglassrod*, yang diselimuti oleh *weather shed polymer* untuk mendapatkan nilai kekuatan elektrik tinggi, untuk contohnya dapat terlihat pada gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Isolator *Polymer*

(Sumber : Ajiatmo, 2023)

2.4 Sistem Proteksi Saluran Transmisi

Sistem proteksi saluran transmisi adalah sistem yang berfungsi untuk mengamankan peralatan transmisi tenaga listrik dari kerusakan akibat gangguan. Sistem ini bekerja secara otomatis untuk mengisolasi elemen terganggu sehingga bagian sistem yang sehat dapat tetap beroperasi normal. (Pramono, 2019)

Komponen-komponen yang termasuk dalam sistem proteksi saluran transmisi,

antara lain:

- *Circuit Breaker* (Sakelar Pemutus, PMT)
- *Relay*
- Trafo arus (*Current Transformer*)
- Trafo tegangan (*Potential Transformer*)
- Catu daya

rele proteksi merupakan komponen utama dalam sistem proteksi saluran transmisi. *Relay* proteksi akan menangkap respon pertama jika terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik, kemudian menyuruh PMT untuk trip sehingga gangguan tidak meluas (Pramono, 2019)

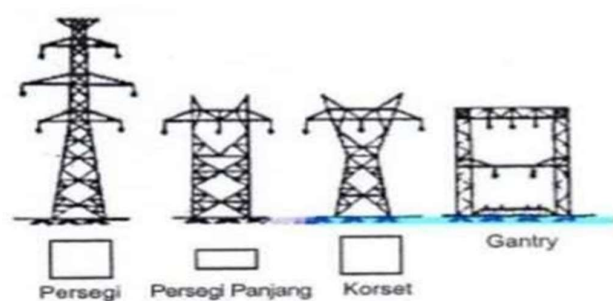
2.5 Konstruksi Saluran Tiang Penyangga

Konstruksi *tower* besi baja merupakan jenis konstruksi Saluran Transmisi Tegangan Tinggi (SUTT) atau Saluran Transmisi Tengan Ekstra Tinggi dengan (SUTET) yang sering digunakan pada jaringan PLN, karena mudah dibangun terutama dalam pemasangan di daerah pegunungan yang jauh dari jalan raya. (Pramono, 2019)

Harga biasanya lebih murah apabila dibandingkan dengan menggunakan saluran pada bawah tanah dan pemeliharaannya mudah. Namun diperlukannya pengawasan intensif, karena rawannya pencurian pada baja menara *tower* listrik yang biasanya mengakibatkan robohnya menara Listrik yang menghambat penyaluran listrik ke konsumen terganggu, untuk contohnya dan jenis-jenis bentuk tiang saluran dapat dilihat pada gambar 2.13.

Menurut fungsinya menara *tower* atau listrik terbagi pada 7 macam, yaitu sebagai berikut:

- 1) *Dead-end tower* yaitu tiang akhir yang berlokasi dekat dengan gardu induk, *tower* ini biasanya menanggung gaya tarik;
- 2) *Section tower* yaitu tiang penyekat diantara *tower* penyangga dengan sejumlah *tower* penyangga lainnya agar mempermudah disaat pembangunan yang umumnya memiliki sudut berbelok yang kecil.
- 3) *Suspension tower* yaitu *tower* penyangga ini hamper sepenuhnya menanggung daya berat yang tidak memiliki sudut belokan.
- 4) *Tension tower* yaitu *tower* penegang ini biasanya menanggung gaya tarik yang lebih besar dari pada gaya berat, biasanya juga memiliki sudut belokan.
- 5) *Transposition tower* yaitu *tower* tension yang berfungsi sebagai perubahan pada posisi kawat fasa untuk memperbaiki impedansi transmisi.
- 6) *Gantry tower* yaitu *tower* berbentuk portal yang berfungsi dalam persilangan dua saluran transmisi, biasanya tiang ini dibangun di bawah saluran existing transmisi.
- 7) *Combine tower* yaitu *tower* yang digunakan pada dua buah jaringan transmisi yang berbeda dengan tengangan operasinya.



Gambar 2. 13 Bentuk Tiang Saluran Penyangga

(Sumber : Pramono, 2019)

Menurut susunannya kawat fasa, *tower* listrik sendiri dikelompokkan menjadi 3 bagian diantaranya:

- 1) Jenis delta, digunakan pada konfigurasi mendatar.
- 2) Jenis piramida, digunakan pada konfigurasi tegak.
- 3) Jenis zigzag, kawat fasa yang tidak berada pada satu sisi lengan *tower*.

2.5.1 Komponen Pada Tiang Penyangga

Pada umumnya tiang penyangga atau *tower* listrik terbagi menjadi beberapa bagian diantaranya pondasi, *stub*, *leg*, *common body*, *super structure*, *cross Arm*, *K frame*, *cross Arm K frame*, *bridge*, rambu tanda berbahaya, rambu identifikasi *tower* atau penghantar, *anti climbing device*, *step bolt*, halaman *tower*.
(Pramono, 2019)

2.5.1.1 Pondasi

Pondasi adalah konstruksi beton bertulang yang digunakan untuk mengikat kaki *tower* listrik (*stub*) dengan bumi, dapat dilihat pada gambar 2.14 dan 2.15.



Gambar 2. 14 Pondasi *Tower (Lattice)*

(Sumber : Pramono, 2019)



Gambar 2. 15 Pondasi *Steel*

(Sumber : Pramono, 2019)

2.5.1.2 Stub

Stub merupakan bagian dasar dari kaki *tower*, dipasang bersamaan dengan pemasangan pondasi dan diikat menyatu dengan pondasi.

2.5.1.3 Leg

Leg merupakan bagian kaki *tower* yang terhubung dengan *stub* dan *body tower*. Apabila pada tanah yang tidak merata diperlukan penambahan atau pengurangan tinggi *leg* sedangkan *body* harus tetap sama tinggi permukaanya.

2.5.1.4 Common Body

Common body merupakan badan *tower* bagian bawah yang terhubung dengan kaki *tower* (*leg*) dengan badan *tower* bagian atas (*super structure*). Kebutuhan tinggi *tower* ini dapat dilakukan dengan pengaturan tinggi, common body dengan penambahan atau pengurangan. (Pramono, 2019)

2.5.1.5 super structure

Super structure merupakan badan *tower* yang terhubung antara *common body* dan *cross Arm* kawat fasa dan kawat petir. *Tower* jenis delta tidak dikenal dengan *super structure* melainkan dengan “K” *frame* dan *bridge*. (Pramono, 2019)

2.4.1.5 Cross Arm

Cross Arm merupakan bagian *tower* yang digunakan untuk mengaitkan isolator kawat fasa dan clamp kawat petir, biasanya *cross Arm* berbentuk segitiga dan kecuali *tower* tension yang memiliki sudut belokan.

2.4.1.6 K frame

K frame merupakan bagian yang terhubung dengan *common body* dan *bridge*, biasanya *K frame* tidak dikenal di *tower* berbentuk piramid.

2.5.1.7 Cross Arm K Frame

Cross Arm K frame terdiri dari sisi kiri kanan yang simetris pada tiang penyangga.

2.5.1.8 Bridge

Bridge merupakan penghubung *cross Arm* kiri dan tengah, pada tengah *bridge* terdapat kawat penghantar fasa, juga sama tidak ada pada *tower* piramid.

2.5.1.9 Rambu Tanda Berbahaya

Rambu tanda berbahaya digunakan untuk memberikan perhatian dan peringatan bahwa instalasi SUTT/SUTET terdapat sebuah resiko yang berbahaya, biasanya rambu ini bergambar petir dan terdapat tulisan “Berbahaya! Tegangan tinggi”, untuk contoh rambunya dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Rambu pada *Tower*

(Sumber : Pramono, 2019)

2.5.1.10 Rambu identifikasi *tower* atau penghantar

Rambu identifikasi *tower* dan penghantar digunakan untuk menginformasikan identitas *tower* seperti: Nomer, Urutan fasa, penghantar dan nilai tahanan, dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2. 17 Rambu Identifikasi *Tower*

(Sumber : Pramono, 2019)

2.5.1.11 *Anti Climbing Devive (ACD)*

ACD biasanya digunakan untuk menghalangi orang yang tidak memiliki sebuah kepentingan untuk naik ke *tower*, biasanya dibuat dengan bentuk runcin dengan ukuran 10 cm dipasang pada setiap kaki *tower* dibawah rambu tanda

bahaya, dapat dilihat pada gambar 2.18.



Gambar 2. 18 Anti *Climbing Device*

(Sumber : Pramono, 2019)

2.5.1.12 Step Bolt

Step Bolt dipasang dari atas *ACD* ke badan *tower* hingga *super structure* dan *Arm* kawat petir, dimana digunakan sebagai pijakan petugas sewaktu naik ataupun turun dari *tower*. (Pramono, 2019)

2.5.1.13 Halaman Tower

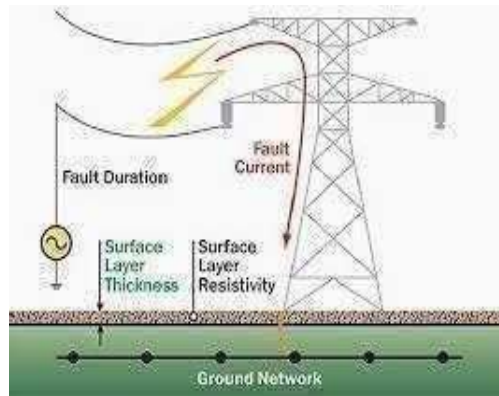
Halaman *tower* merupakan daerah tapak *tower* yang luasnya sendiri diukur dari proyeksi keatas tanah galian pondasi, biasanya berukuran 3 sampai dengan 8 meter diluar *stub* tergantung pada jenis *tower*.

2.6 Grounding

Grounding adalah media yang digunakan untuk melindungi kawat fasa dari sambaran petir, biasanya kawat ini dipasang diatas fasa yang sudut perlingkungannya sekecil mungkin karena dianggap petir menyambar dari atas kawat. Akan tetapi, apabila petir menyambar dari samping berdampak pada kawat fasa yang tersambar dan terjadinya gangguan. Kawat *tower tension* menggunakan *tension clamp*, sedangkan pada *tower suspension* menggunakan *suspension clamp*. Pada *tension*

clamp menggunakan kawat *jumper* juga yang menghubungkan pada *tower* agar arus petir dapat terbangun ke dalam tanah melalui *tower*. (Nurcahyo, 2016)

Untuk menjaga kualitas *grounding* maka dari kawat *jumper* ini ditambahkan lagi kawat menuju ke tanah kemudian dihubungkan pada *grounding*, dapat terlihat pada gambar 2.19.



Gambar 2. 19 Kabel *Grounding Tower* Transmisi

(Sumber : Nurcahyo, 2016)

2.7 Komponen Pengaman

Komponen pengaman pada saluran udara transmisi tegangan tinggi, antara lain sebagai berikut:

- 1) Kawat tanah, *grounding* dan pelengkapanya, Jalur SUTT dipasang di sepanjang jalur yang digunakan untuk menyetanahkan arus listrik saat adanya gangguan petir secara langsung.
- 2) Pentanahan tiang digunakan untuk menyalurkan arus dari kawat tanah yang diakibatkan sambaran petir, biasanya terdiri dari kawat tembaga dan baja yang di klem pada pipa pentahanahan dan ditanam didekat pondasi *tower* SUTT.

- 3) Jaringan pengaman berfungsi untuk mengamankan SUTT dari gangguan yang membahayakan tersebut dari lalu lintas yang berada dibawahnya yang tingginya melebihi tinggi yang diizinkan.
- 4) Bola pengaman digunakan sebagai pengaman lalu lintas udara.

2.8 Gangguan Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada tenaga listrik adalah keadaan yang tidak normal, dimana keadaan ini mengakibatkan kontinuitas pada pelayanan tenaga listrik, biasanya gangguan ini terjadi dengan berbagai ragam besaran dan jenisnya. Pada umumnya klasifikasi gangguan disebabkan oleh beberapa faktor, gangguan yang berasal dari sistem dan gangguan dari luar sistem karena pada dasarnya sistem tenaga listrik harus beroperasi secara terus menerus dengan normal tanpa adanya gangguan, akan tetapi keadaan tidak normal ini tidak dapat dihindarkan. (Nurcahyo, 2016)

2.8.1 Penyebab Gangguan

Adapun penyebab gangguan pada sistem tenaga listrik diantaranya sebagai berikut:

- 1) Gangguan terjadi karena kelalaian manusia.
- 2) Gangguan dari sistem seperti, faktor ketuaan, arus berlebih, kerusakan pada material seperti isolator pecah, kawat putus, atau kabel yang cacat.
- 3) Gangguan dari luar ini terjadi dikarenakan faktor alam seperti, cuaca, petir, banjir, binatang, pohon, gempa dan bencana alam lainnya.
- 4) Tegangan dan arus yang tidak normal.
- 5) Pemasangan yang kurang baik.
- 6) Kesalahan mekanik karena ketuaan.

- 7) Beban yang berlebih.

2.8.2 Jenis-jenis Gangguan

Adapun jenis-jenis gangguan pada sistem tenaga listrik diantaranya sebagai berikut:

- 1) Jenis gangguan ditinjau dari berbagai sifat dan penyebabnya:
 - a) Beban lebih yang disebabkan adanya keadaan pembangkit yang kurang dari beban seharusnya.
 - b) Hubung singkat atau hubung singkat, diaman ada kualitas isolator yang tidak memenuhi persyaratan yang biasanya hal ini terjadi karena faktor usia, mekanis dan dari daya tahan isolator tersebut.
 - c) Tegangan yang berlebih dimana yang dapat membahayakan isolasi peralatan gardu.
 - d) Gangguan stabilitas umumnya terjadi karena *hubung singkat* terlalu lama.
- 2) Gangguan dari luar sistem (SDM, SDA, dan sebagainya):
 - a) Gangguan mekanik karena pengerjaan penggalian pada saluran lain biasanya terjadi pada sistem kelistrikan bawah tanah.
 - b) Pengaruh cuaca (angin, petir dan hujan) pada umumnya gangguan ini dikarenakan petir yang menyebabkan tegangan lebih yang menyebabkan hubungan singkat dikarenakan tembusnya isolasi peralatan (*breakdown*).
 - c) Pengaruh lingkungan seperti dari hewan, pohon, dan benda asing serta kelalaian dari manusia.

2.8.3 Akibat yang ditimbulkan gangguan transmisi

- a) *Blackout*

Dilansir laman Universitas Stekom, *Blackout* atau pemadaman listrik total

merupakan pemadaman listrik yang diakibatkan karena hilangnya daya ke suatu daerah secara total dan merupakan bentuk pemadaman listrik yang parah yang bisa terjadi. (Widiarsan, 2010)

Pemadaman ini sering kali terjadi dikarenakan adanya kerusakan langsung di generator sehingga pembangkit listrik mengalami kesulitan untuk pulih dengan cepat. Lamanya pemadaman listrik ini bergantung pada sifat pemadaman dan konfigurasi jaringan listrik. (Widiarsan, 2010)

b) Energi listrik tidak tersalurkan

Energi listrik yang tidak tersalurkan melalui jaringan transmisi dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti, Pemadaman untuk pemeliharaan dan perbaikan saluran transmisi dan kerugian yang disebabkan karena adanya penyusutan energi listrik. (Widiarsan, 2010)

2.9 SPSS (*Statistical Product and Service Solution*)

SPSS merupakan *software* pada *program computer* yang dipakai untuk membuat sebuah analisa statistika, dimana *software* ini dipublikasikan oleh *SPSS.inc*. Paket statistik untuk ilmu sosial (*statistical package for the science*) versi pertama dirilis pada tahun 1968, diciptakan oleh seseorang bernama Norman Nie lulusan Fakultas Ilmu Politik dari *Stanford University* yang sekarang merupakan seorang professor Fakultas Ilmu Politik *University of Chicago*. Pada awalnya *SPSS* digunakan hanya untuk ilmu sosial saja, tapi beberapa perkembangan berikutnya digunakan untuk berbagai bidang ilmu sehingga *software SPSS* ini berubah namanya menjadi (*statistical product and service solution*). (Riduan et al, 2013)

SPSS saat ini, sering digunakan oleh mahasiswa yang melaksanakan tugas

akhir atau biasa disebut skripsi dikarenakan dapat mempermudah dalam menganalisis suatu masalah. Selain analisis statistika dan manajemen data kamus metadata ikut dimasukkan bersama data juga merupakan fitur yang ada pada *software* ini. Statistik yang termasuk software dasar *SPSS* yaitu:

- a) Statistik deskriptif: tabulasi silang, frekuensi, deskripsi, penelusuran *statistic* dan deskripsi rasio.
- b) *Statistic Bivariat*: untuk perhitungan *average*, *test*, Anova, korelasi (*bivariat*, jarak, partial) *non-parametric test*.
- c) Prediksi Hasil Numerik: regresi linear.
- d) Prediksi untuk mengidentifikasi kelompok: analisis *cluster*, diskriminan, analisis faktor.

SPSS dapat membaca berbagai jenis data atau memasukan data secara langsung ke dalam *SPSS data editor*. Biasanya data yang masih mentah harus dibentuk dalam sebuah baris (*cases*) dan kolom (*variables*). *Case* berisi informasi mengenai informasi untuk suatu analisis, sedangkan variabel merupakan informasi yang dikumpulkan berdasarkan kasus yang dianalisis. Hasil analisis *SPSS* dinamakan *output navigator*. (Riduan et al, 2013)

Kebanyakan *procedure base* sistem menghasilkan *pivot tables*, dimana dapat memperbaiki tampilan dari keluaran yang diberikan oleh *SPSS* dalam pengoperasinya. *SPSS* menyediakan beberapa fasilitas, yaitu diantaranya:

- a) *Data editor*: jendela pengolahan data, *data editor* sudah dirancang sedemikian rupa seperti pada aplikasi *spreadsheet* untuk mendefinisikan, mengubah dan menampilkan sebuah data.
- b) *Viewer*: mempermudah pengguna dalam melihat hasil dari

pemrosesan menunjukan atau bahkan menghilangkan bagian tertentu pada keluaran, dan mempermudah distribusi hasil pengolahan dari aplikasi *SPSS* ke aplikasi lainnya

- c) *Multidimensional pivot tables*: hasil pengolahan data akan ditunjukan dengan *multidimensional pivot tables*, pengguna dapat melakukan ekspolarasi terhadap *table* yang dibuat dengan pengaturan *layer*, kolom ataupun baris. Pengguna juga dapat mengatur kelompok data dengan melakukan *splitting table* sehingga hanya 1 group tertentu yang dimunculkan pada satu waktu.
- d) *High resolution graphics*: dengan kemampuan grafikan beresolusi tinggi, sangat baik digunakan untuk *pie charts*, *histogram*, *scatterplot* *3D graphics* dan yang lainnya. Ini membuat pengguna mudah mengoperasikan *SPSS* dan nyaman.
- e) *Database access*: pemakai program ini dapat memperoleh kembali informasi dari sebuah *database* dengan menggunakan *database wizard* yang disediakan.
- f) *Data Transformation*: digunakan untuk mengubah data yang membantu pemakai memperoleh data yang siap untuk dianalisis, pengguna dengan mudah melakukan *subset data*, mengkombinasikan sebuah kategori, *add*, *aggregate*, *merge*, *split* dan beberapa perintah *transpose files* serta lainnya.
- g) *Electronic Distribution*: pengguna dapat mengirimkan laporan analisisnya secara elektronik penggunaannya sebuah tombol pengiriman *data email* atau melakukan *export* tabel dan grafik ke mode *HTML* sehingga mendukung distribusi melalui internet.

- h) *Online help*: digunakan untuk membantu dalam melakukan pekerjaan, biasanya bantuan yang diberikan berupa petunjuk penggunaan secara detail, memudahkan pencarian prosedur yang diinginkan sampai pada contoh kasus pengoperasian program ini.
- i) Akses data tanpa tempat penyimpanan sementara: analisis *file* data yang sangat besar disimpan tanpa membutuhkan tempat penyimpanan sementara atau biasa disebut *clouds*.
- j) Analisis distribusi: kegunaan dari analisis ini peneliti akan menganalisis sebuah data yang sangat besar dapat meremotenyanya secara langsung dari *server* dan memprosesnya sekaligus tanpa harus memindahkan ke komputer pengguna.
- k) *Multiple Session*: *SPSS* memiliki kemampuan untuk menganalisis dari satu *file* pada waktu yang bersamaan.
- l) *Mapping*: visualisasi data dibuat dengan beberapa macam tipe secara konvensional atau interaktif dengan menggunakan tipe *bar*, *pie* atau jangkauan nilai, *symbol gradual*, dan *chart*.

SPSS menurut (Jonathan, 2006) , bahwa *SPSS (Statistical Product and Service Solution)* adalah program aplikasi yang digunakan untuk melakukan perhitungan statistik dengan menggunakan komputer.

Kelebihan dari program ini yaitu bisa melakukan perhitungan statistik secara cepat dari yang sederhana hingga yang rumit, yang jika dilakukan secara manual akan memerlukan waktu yang lebih lama. Pada awalnya aplikasi ini digunakan ilmu sosial saja, namun seiring perkembangan zaman *SPSS* dapat digunakan oleh banyak kalangan untuk membuat sebuah laporan tabulasi, *chart*,

plot, statistik deskriptif dan analisa statistika yang rumit.

SPSS merupakan program maka terlebih dahulu harus mempersiapkan beberapa data yang akan diolah dan dianalisis, struktur data yang ada pada aplikasi *SPSS*:

- a) Data harus disusun dalam m dan baris n kolom;
- b) Tiap data disebut *case*;
- c) Variabel merupakan kolom data yang memiliki heading;
- d) *Value* merupakan sebuah interaksi antara variabel dan *case*;

Analisis regresi bisa dilakukan untuk mendapatkan suatu regresi yang menunjukkan adanya sebuah korelasi antara variabel tak bebas dan variabel bebas. Apabila variabel tidak bebas dikorelasikan dengan satu variabel bebas maka regresi yang dihasilkan adalah regresi linear sederhana. Nilai koefisien yang dihasilkan harus di uji secara statistik signifikan maupun tidak di ujikan. Apabila semua koefisien signifikan, maka persamaan regresi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai prediksi nilai variabel tak bebas jika nilai variabel bebas ditentukan. (Riduan et al, 2013)

Seiring perkembangannya *software* ini juga yang awalnya digunakan untuk ilmu komunikasi sekarang meluas untuk umum sehingga kepanjangannya berubah menjadi “*Statistical Product and Service Solution*“ yang merupakan aplikasi *statistic*, tidak terkecuali dalam bidang kelistrikan. Sementara pada bidang kelistrikan, energi listrik adalah sesuatu yang penting dalam meningkatkan kegiatan ekonomi dan daya listrik, peluang untuk meningkatkan kegiatan ekonomi dengan adanya energi listrik, peluang sebagai kegiatan produktif yang memanfaatkan daya atau sumber daya ekonomi dapat meningkat. Oleh karena itu, kebutuhan

terhadap sumber energi tak bisa terelakan lagi. Untuk memberikan sebuah jawaban dalam hal meningkatkan suatu kebutuhan terhadap penyediaan sumber listrik dibutuhkan juga struktur penyediaan energi listrik yang handal dimana penyedia energi listrik mampu menyediakan sumber listrik secara berkesinambungan demi mendukung pelaksanaan dan pembangunan secara nasional sebagai langkah akumulatif kegiatan produktif yang ada di Indonesia, sebagai salah satu infrastruktur pendukung. Pada dasarnya listrik sangat berpengaruh pada perkembangan kegiatan ekonomi baik secara nasional ataupun regional. Listrik juga menjadi sebuah standart kesuksesan agar berjalannya roda pemerintahan. Masyarakat akan menilai baik jika mereka dapat menyediakan kesediaan energi listrik secara ekonomis dan efisien.

Beberapa menu utama yang dimiliki aplikasi *SPSS* yaitu diantaranya sebagai berikut:

- a) *File*: berisi fasilitas pengolahan data.
- b) *Data*: berkaitan dengan perubahan dan pengolahan *file data*.
- c) *Transform*: digunakan untuk mengubah data.
- d) *Analyze*: digunakan untuk menganalisis sebuah data.
- e) *Graph*: digunakan untuk memvisualisasi data.
- f) *Add ons*: berisi beberapa alat statistic.
- g) *Help*: informasi mengenai *SPSS*

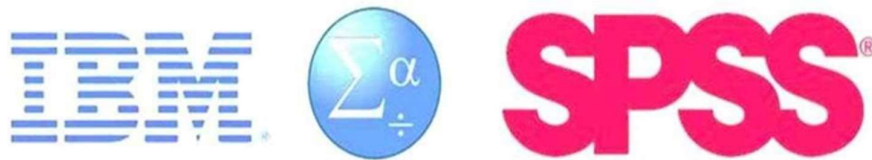
2.9.1 Proses Pengolahan Data *SPSS*

Dari data penyebab dan akibat yang sudah terjadi menimbulkan gangguan yang terjadi di gardu induk di PT. PLN (Persero) ULTG Bogor yang telah penulis kumpulkan dan mengolah data tersebut menggunakan aplikasi *Statistical Product*

and Serve Solution (SPSS).

Dalam proses pengolahan data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Melakukan instalisasi pada aplikasi *SPSS* ke dalam *device* dengan cara klik dua kali *installator* aplikasi *SPSS*.



Gambar 2. 20 Aplikasi *SPSS*

- 2) Proses memasukan data ke *SPSS* bisa dilakukan dengan cara meng-*copy* data atau meng-*import* data secara langsung menuju ke *editor SPSS*.
- 3) Mendefinisikan variabel, dengan mengaktifkan menu variabel *view* yang nantinya fungsi dari masing-masing *submenu* dapat dilihat pada tabel 2. 1 berikut:

Tabel 2. 1 Fungsi *Submenu* pada Menu *Variable View*

Kolom	Fungsi
<i>Name</i>	Memasukan nama variabel.
<i>Type</i>	Mengatur tipe data yang akan diolah.
<i>Width</i>	Menentukan jumlah digit data yang akan diolah atau dimasukan.
<i>Decimal</i>	Dapat digunakan ketika data yang dimasukan berbentuk <i>numeric</i> atau angka.
<i>Label</i>	Untuk memberikan keterangan lebih lanjut tentang nilai dari karakteristiknya.
<i>Values</i>	Sebagai penjelasan individual dari data yang sudah diolah .
<i>Missing</i>	Digunakan ketika data yang dioleh terdapat data yang hilang atau tidak ada.
<i>Columns</i>	Untuk menentukan lebar data.

<i>Align</i>	Untuk mengatur tatanan tampilan seperti rata tengah, kiri, atau kanan.
<i>Measure</i>	Untuk mengetahui jenis data yang diukur dengan pilihan nominal, <i>scale</i> , atau <i>ordinal</i> .

- 4) Untuk mengetahui bagaimana hubungan yang terbentuk dari variabel penyebab dengan masing-masing akibat gangguan, kemudian langkah selanjutnya adalah dengan mengklik *analyze, correlate, bivariate*.
- 5) Memasukan semua variabel yang sudah dibuat untuk nantinya diproses dalam pengolahan *bivariate correlation*. Lalu klik OK, sehingga nanti akan muncul *output* dari data yang sudah diolah.

2.9.2 Proses Memasukan Bahan dan Metode Penelitian pada SPSS

Metode yang digunakan merupakan perpaduan antara metode survei dan juga *non-survey*, dengan metode ini diharapkan juga mampu menghasilkan data yang lengkap dan tepat sehingga mampu mereduksi bias kesalahan. Penelitian ini juga dilakukan untuk menelusuri literatur untuk menggali teori yang sedang berkembang, mencari metode penelitian terlebih dahulu untuk memperoleh orientasi yang ada dalam permasalahan.

Dalam penelitian ini penulis memilih faktor faktor penyebab gangguan yang terjadi pada SUTT merupakan variabel bebasnya dan untuk variabel operasional yang digunakan ada dua yaitu variabel X dan variabel Y. Dimana untuk variabel X digunakan untuk penyebab gangguan, sedangkan variabel Y digunakan untuk dampak yang timbul karena adanya gangguan , dengan rincian sebagai berikut:

- 1) Penyebab Gangguan SUTT:
 - a) Cuaca (X1);

- b) Sesaat (X2);
 - c) Trafo GI (X3);
 - d) Penyulang Transmisi (X4);
 - e) Hubung Singkat (X5).
- 1) Akibat yang ditimbulkan oleh gangguan:
- a) *Blackout* (Y1).
 - b) Energi tidak terdistribusi (Y2).

Model analisis yang digunakan terdiri dari dua jenis, yaitu diantaranya sebagai berikut:

- a) Analisis deskriptif merupakan pengambilan data yang disesuaikan dengan variabel yang sudah ditentukan sebagai status terakhir dari subjek penelitian yang bertujuan untuk memperoleh deskriptif yang tepat dan akurat dari suatu kondisi yang nantinya digunakan untuk mengemukakan hasil penelitian mengenai faktor yang mempengaruhi saluran udara tegangan tinggi.
- b) Analisis kuantitatif metode yang didasarkan dari variabel yang dikatakan sudah jelas dengan menggunakan perhitungan melalui aplikasi *SPSS*. Pengujian ini juga untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi SUTT dari beberapa variabel tersebut.

2.9.3 Cara Melakukan Analisis Korelasi *Bivariate Pearson* dengan *SPSS*

Analisis korelasi adalah teknik dalam menganalisa yang digunakan untuk mengukur kuat lemahnya hubungan antara dua variabel. Variabelnya terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat, biasanya besar hubungannya antara nol sampai satu. Apabila mendekati angka satu maka korelasi tersebut dapat dikatakan semakin kuat, namun sebaliknya jika mendekati nol berarti korelasi variabel tersebut lemah.

Analisis korelasi merupakan pembahasan mengenai derajat kecocokan hubungan antara variabel yang dinyatakan dengan nilai koefisien korelasi. Biasanya hubungan antar variabel tersebut bersifat positif dan negatif. Dalam analisis ini juga tidak ada yang namanya variabel bebas dan variabel tak bebas karena analisis ini pada dasarnya hubungan variabel bebas dan tak bebas akan memiliki hubungan yang sama.

1) Dasar hasil analisis korelasi *bivariate pearson*

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan sebagai pedoman atau dasar dalam pengambilan keputusan pada analisis *bivariate pearson*, yaitu pertama dengan melihat atau menentukan nilai signifikasin sig. (*2 tailed*). Kedua, membandingkan nilai r hitung (*person correlation*) dengan nilai r sebagai tabel *product moment*. Dengan melihat (*) yang ada pada aplikasi *SPSS*.

- a) Berdasarkan nilai signifikansi tadi sig. (*2 tailed*), jika nilai sig. (*2 tailed*) $< 0,05$ maka terdapat sebuah hubungan antara variabel yang dihubungkan. Begitu sebaliknya, apabila pada suatu nilai sig. (*2 tailed*) > 0.05 maka tidak ada hubungan atau korelasi. *Two tailed* diartikan sebagai pengujian dua arah biasanya digunakan untuk hipotesis yang belum ditentukan arahnya.
- b) Berdasarkan nilai hitung r (*pearson correlation*). Jika nilai r hitung $> r$ pada tabel maka ada hubungan antara variabel, begitu sebaliknya apabila nilai r hitung $< r$ pada tabel maka artinya tidak ada hubungan antar variabel.
- c) Berdasarkan tanda (*) yang ada pada aplikasi *SPSS* apabila terdapat bintang (*) atau (**) pada nilai *pearson corellation* maka antar variabel yang sedang di analisis adanya suatu hubungan. Sebaliknya apabila tidak terdapat tanda bintang pada nilai *pearson correlation* maka antar variabel yang sedang

dianalisis tidak ada hubungan. Tanda bintang satu (*) menandakan korelasi pada signifikansi 1% atau 0,01. Apabila bintang dua (**) menandakan korelasi pada signifikansi 5% atau 0,05.

Adapun untuk rumus korelasi pearson yang digunakan untuk menemukan nilai yang dicari sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x) (\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

r = koefisien korelasi antara variabel x dan variabel y

$\sum xy$ = jumlah perkalian antara variabel x dan variabel y

$\sum x^2$ = jumlah dari kuadrat nilai x

$\sum y^2$ = jumlah dari kuadrat nilai y

$(\sum x)^2$ = jumlah nilai x kemudian dikuadratkan

$(\sum y)^2$ = jumlah nilai y kemudian dikuadratkan

2.10 Penelitian Terkait

Penelitian ini merujuk pada beberapa penelitian terdahulu serta jurnal yang nasional maupun internasional. Oleh karena itu, berikut hasil penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai referensi guna menjadi rujukan atas penelitian ini.

Tabel 2. 2 Jurnal Terkait Penelitian

No.	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tempat, Tahun Penelitian	Hasil Pembahasan
1.	Analisis rugi-rugi daya pada tegangan saluran transmisi 150KV	Nico Yupiter Siregar	<i>Pontianak, 2020</i>	Menggunakan study literatur dalam mempelajari rugi-rugi daya saluran transmisi dan juga menggunakan simulasi menggunakan aplikasi software matlab.
2.	Analisis gangguan sistem transmisi di PT. PLN (PERSERO) tragi di Panakkukang	M. Zainudin Alfarisi	Panakkukan g, 2019	Dengan studi literatur dalam mempelajari permasalahan yang ada pada sistem transmisi lalu menggunakan perhitungan dengan aplikasi <i>SPSS</i> .
3.	Analisis kerugian daya pada saluran transmisi tegangan ekstra 500 KV Unit Pelayanan Transmisi Cilegon baru – Cibirong	Didik Aribowo,	Cilegon, 2016	Data yang diperoleh melalui observasi , wawancara dan juga studi pustaka lalu dari hasil data tersebut dianalisis untuk menentukan hasil pada pembahasan.
4.	Studi dampak gangguan saluran transmisi terhadap kestabilan tegangan memperhatikan variasi keluaran PLTB.	Devira Ayu Dia.	Sidenreng rappang, jenepono, 2022.	Menggunakan studi literatur dengan baca studi pustaka lalu melakukan pengolahan melalui aplikasi <i>DIGsilent Power Factory</i> .
5.	Analisis gangguan sistem transmisi menggunakan metode root cause analyst di PT. PLN APP			Mencari informasi terkait dana guna identifikasi masalah lalu membuat faktor-faktor penyebab masalah selanjutnya mengidentifikasi akar

	Purwokerto Gardu Induk 150 KV Pekalongan			masalah lalu pemberian rekomendasi guna meminimalisir kesalahan yang sama
--	---	--	--	---