STUDI ANALISIS TAHANAN ISOLASI 90 MW *SYNCHRONOUS GENERATOR* DENGAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINIER (KASUS : PT.PLN (PERSERO) PEMBANGKIT SUMATERA BAGIAN SELATAN UBP BANDAR LAMPUNG)

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan

mencapai derajat Sarjana S1

Disusun oleh:

Anisa Rani Utomo

14524044

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2018

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI ANALISA TAHANAN ISOLASI 90 MW *SYNCHRONOUS GENERATOR* DENGAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINIER (KASUS : PT.PLN (PERSERO) PEMBANGKIT SUMATERA BAGIAN SELATAN UBP BANDAR LAMPUNG)

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh:

Anisa Rani Utomo
14524044

Yogyakarta, 6 Agustus 2018

Menyetujui,
Pembimbing

Setyawan Wahyu Pratomo,S.T., M.T
155241302

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

STUDI ANALISIS TAHANAN ISOLASI 90 MW *SYNCHRONOUS GENERATOR* DENGAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINIER (KASUS : PT.PLN (PERSERO) PEMBANGKIT SUMATERA BAGIAN SELATAN UBP BANDAR LAMPUNG)

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Anisa Rani Utomo

14524044

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 13 Agustus 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Setyawan Wahyu Pratomo, S.T.,M.T.

Anggota Penguji 1: Medilla Kusriyanto, S.T.,M.Eng.

Anggota Penguji 2: Husein Mubarok, S.T.,M.Eng.

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 13 Agustus 2018

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Jaenuri Aziz Amrulloh, S.T.,M.Sc.,Ph.D.

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 8 Agustus 2018



Anisa Rani Utomo

KATA PENGANTAR



Asalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabill'alamin, rasa syukur dan terima kasih penulis ucapkan pada-Mu ya Rabb atas karunia nikmat yang telah diberikan sehingga skripsi yang berjudul "Studi Analisa Tahanan Isolasi 90 MW Synchronus Generator Dengan Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda (Kasus : PT.PLN (PERSERO) Pembangkit Sumatera Bagian Selatan UBP Bandar Lampung)" telah selesai dengan baik dan lancar. Tidak lupa pula shalawat dan salam selalu saya ucapkan atas kehadirat Nabi besar Muhammad SAW beserta para keluarga dan sahabat yang telah membawa kita ke zaman yang berpengatahuan tinggi seperti sekarang ini.

Rasa syukur tak henti-hentinya diucapakan atas terselesaikannya skripsi ini, sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Universitas Islam Indonesia. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi penulis khususnya dan seluruh pembaca pada umumnya. Banyak sekali kesan dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Selama dalam proses pengerjaan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan, nasihat, saran, semangat, motivasi, fasilitas dan banyak mendapatkan kemudahan dari berbagai pihak. Penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak-banyak nya kepada :

1. **Allah SWT**, yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta kemudahan selama pengerjaan skripsi ini.
2. **Bapak dan Ibu**, yang tidak ada lelah nya dan selalu mendoakan setiap saat, memberikan semangat dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. **Eyang Putri, Eyang Kakung, Hanif Nuhgroho Utomo** dan seluruh keluarga besar penulis yang telah memberikan kasih sayang, doa, semangat, dukungan dan motivasi kepada penulis selama memulai kuliah sampai mengerjakan skripsi ini.
4. **Bapak Yusuf Aziz Amrullah, Ph.D** selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
5. **Bapak Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.Eng** selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, arahan maupun motivasi kepada penulis.
6. **Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri** yang telah membimbing penulis selama perkuliahan sehingga penulis bisa berada pada tahap ini.

7. **Nita Lufiana Heryana, Annisa Nurdelia, Astri Dianingrum,** dan **M. Ihsan Fadriantama** selaku sahabat penulis dan yang selalu saling mendoakan memberikan dorongan motivasi dan membantu dalam mengerjakan skripsi ini.
8. **Teknik Elektro 2014 Universitas Islam Indonesia** sebagai sahabat dalam berdiskusi tentang skripsi dan sahabat yang selalu saling mendoakan.
9. Pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, baik secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Dalam laporan tugas akhir ini penulis menyadari masih ada banyak kekurangan untuk itu penulis memohon maaf atas laporan tugas akhir ini yang jauh dari kata sempurna. dikarenakan keterbatasan dalam pengetahuan dan pengalaman.moga tuga akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaykum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 8 Agustus 2018



Anisa Rani Utomo

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

MW : Mega Watt

KV : Kilo Volt

MΩ : Mega Ohm

IEEE : *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

Megger : Mega Ohm Meter

DC : *Direct Current*

ANOVA : *Analysis of Varians*

ABSTRAK

Generator merupakan suatu peralatan utama dalam sistem pembangkitan energi listrik yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. Untuk tetap menunjang performa dan kinerja dari generator maka diperlukan perawatan dan pengujian secara berkala. Proses perawatan dan pengujian secara berkala pada generator bertujuan untuk meminimalisir jumlah gangguan listrik yang dapat mempengaruhi pendapatan pembangkit akibat gangguan yang terjadi yang diakibatkan padamnya arus serta berusaha menghindari kerusakan generator yang parah. Pengujian tahanan isolasi generator merupakan teknik yang dilakukan untuk memeriksa kualitas isolasi pada generator. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa data pengujian tahanan isolasi generator tahun 2007 - 2017 yang didapatkan melalui proses perawatan *general inspection* yang dilakukan setiap tiga tahun sekali oleh PLTA Way Besai. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi usia generator sampai dapat beroperasi. Analisa data yang dilakukan menggunakan metode regresi linier sederhana dan regresi linier berganda dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel.* Hasil perhitungan metode regresi linier menunjukan bahwa parameter suhu mesin (X_1) dan jam kerja pengoperasian (X_2) berpengaruh sebesar 90% terhadap variabel terikat nilai tahanan isolasi (Y) yang telah dilakukan pengujian menggunakan uji korelasi (R) dan detreminasi (R^2). Generator PLTA Way Besai diprediksi masih dapat bekerja optimal selama 13 tahun kedepan hingga tahun 2030. Variabel X (nilai tahanan isolasi) berpengaruh terhadap variabel Y (usia generator) berdasarkan nilai probabilitas signifikansi pada uji ANOVA sebesar 0,03.

Kata Kunci : Tahanan Isolasi Generator, Metode Regresi Linier

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
PERNYATAAN ii
KATA PENGANTAR iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN v
ABSTRAK vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Studi Literatur 4
2.2 Tinjauan Teori 5
2.2.1 Generator 5
2.2.2 Pengujian Tahanan Isolasi Generator 5
2.2.3 Metode Regresi Linier 7
2.2.4 Uji Kesesuaian 8
2.2.5 ANOVA (*Analysis of Varians*) 9
BAB 3 METODOLOGI 10
3.1 Alur Penelitian 10

3.2 Metode Analisis 11
3.2.1 Pengambilan Data 11
3.2.2 Menentukan Variabel Bebas dan Variabel Terikat 11
3.2.3 Perhitungan Data 11
3.2.4 Uji Determinasi (R^2) dan Uji Korelasi (R) 11
3.2.5 Uji ANOVA 12
3.2.6 Memprediksi Usia Generator 12
3.3 Cara Analisis 13
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 14
4.1 Perhitungan dan Pembahasan 14
4.2 Perhitungan Regresi Linier Berganda 16
4.2.2 Nilai Pengujian 18
4.3 Perhitungan Regresi Linier Sederhana 19
4.3.1 Nilai Pengujian 20
4.4 ANOVA (Analysis of Varians) 21
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 22
5.1 Kesimpulan 22
5.2 Saran 22
DAFTAR PUSTAKA 23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Generator

Gambar 2.2 Alat megger

Gambar 4.1 Grafik Data Nilai Tahanan Isolasi Generator PLTA Way Besai Tahun 2007 s/d 2017

Gambar 4.2 Grafik Data Suhu Mesin Generator PLTA Way Besai Tahun 2007 s/d 2017

Gambar 4.3 Grafik Data Jam Kerja Pengoperasian Generator PLTA Way Besai Tahun 2007 s/d 2017

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tegangan test untuk tiap-tiap tegangan kerja
Tabel 3.1 Diagram alir penelitian
Tabel 3.2 Nilai hubungan korelasi antar variabel
Tabel 4.1 Data Pengujian Nilai Tahanan Isolasi Generator tahun 2007 s/d 2017 PLTA Way Besai
Tabel 4.2 Tabel Data Pengujian Nilai Tahanan Isolasi Generator tahun 2007 s/d 2017 PLTA Way Besai
Tabel 4.3 Perhitungan Mencari Koefisien Regresi Linier
Tabel 4.4 Hasil keluaran regresi
Tabel 4.5 Hasil Keluaran ANNOVA
Tabel 4.6 Data PLTA Way Besai
Tabel 4.7 Perhitungan Mencari Koefisien Regresi Linier
Tabel 4.8 Hasil keluaran regresi
Tabel 4.9 Hasil keluaran ANNOVA

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Way Besai merupakan sebuah pembangkit yang mengampu beban-beban dasar kelistrikan di Provinsi Lampung. Dalam proses memproduksi energi listrik, PLTA Way Besai menggunakan generator jenis sinkron berjumlah dua unit dengan masing-masing kapasitas sebesar 2x45MW sehingga jumlah total energi listrik yang dihasilkan sebesar 90MW. Sebuah pembangkit memiliki tugas sebagai jasa penyedia tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan konsumen yang meliputi konsumen pada rumah tangga, industri, sosial, bisnis maupun penerangan jalan. Generator merupakan salah satu mesin produksi yang mempunyai peranan sangat penting dalam produktivitas pembangkit untuk menghasilkan energi listrik. PLTA Way Besai berusaha agar generator tetap beroperasi normal, meminimalisir jumlah gangguan listrik yang akan mengurangi pendapatan pembangkit dari gangguan listrik serta berusaha menghindari kerusakan generator yang parah. Untuk tetap menjaga kelancaran proses produksi tenaga listrik, diperlukan sebuah perawatan dan pengujian secara berkala terhadap generator untuk memastikan dan mengetahui kondisi generator agar tetap beroperasi dalam keadaan normal. Perawatan dan pengujian tahanan isolasi generator merupakan salah satu hal yang dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan dan menjaga kualitas generator. Dengan melakukan kegiatan perawatan dan pengujian yang baik akan menghasilkan mesin yang dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama dan kegiatan produksi berjalan tanpa hambatan.

Pengujian tahanan isolasi generator dilakukan untuk memeriksa pemburukan kualitas suatu isolasi. *Megger test* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk melakukan pengujian tahanan isolasi generator. Penelitian ini akan membahas tentang analisis tahanan isolasi generator menggunakan metode regresi linier yang bertujuan untuk memprediksi usia generator yang terpasang pada PLTA Way Besai. Metode regresi linier merupakan ilmu statistika yang digunakan untuk mengetahui pengaruh dua variabel atau lebih. Dalam penelitian ini memprediksi usia generator menggunakan nilai tahanan isolasi generator sebagai variabel terikat (Y) dan jam kerja pengoperasian serta suhu pada generator sebagai variabel bebas (X_1 dan X_2). Dalam penelitian ini untuk mempredikisi usia generator diggunakan nilai tahanan isolasi generator sebagai variabel bebas (X).

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh tahanan isolasi terhadap usia generator PLTA Way Besai?
2. Bagaimana pengaruh parameter suhu dan jam kerja pengoperasian generator terhadap nilai tahanan isolasi pada generator PLTA Way Besai?

1.3 Batasan Masalah

1. Di dalam memprediksi usia generator dan analisa tahanan isolasi generator dengan mengetahui pengaruh suhu serta jam pengoperasian generator menggunakan metode regresi linier sederhana dan metode regresi linier berganda.
2. Menggunakan perangkat lunak *microsoft excel* sebagai *tools* perhitungan.
3. Memprediksi usia generator untuk PT. PLN (Persero) Way Besai.
4. Menggunakan faktor suhu dan jam kerja pengoperasian generator sebagai variabel yang mempengaruhi tahanan isolasi generator.
5. Menggunakan faktor nilai tahanan isolasi generator yang mempengaruhi usia generator
6. Untuk mencari persamaan regresi linier menggunakan data hasil pengujian dari tahun 2007-2017 yang diambil setiap tiga tahun sekali.
7. Menjelaskan hubungan antar variabel menggunakan uji koefisien determinasi (R^2), uji koefisien korelasi (R) dan uji ANOVA *(Analysis of Varian*).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Dapat memprediksi usia generator berdasarkan nilai tahanan isolasi generator yang terpasang di PLTA Way Besai
2. Dapat mengetahui pengaruh parameter suhu dan jam kerja pengoperasian terhadap nilai tahanan isolasi generator.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dihasilkan dari pengujian tahanan isoalasi generator adalah :

1. Untuk mencegah kerusakan dan mengindarkan kerugian akibat menurunnya keandalan generator.
2. Memberikan informasi tentang faktor-faktor yang mempengaruhi nilai tahanan isolasi generator pada PLTA Way Besai.
3. Menjadi acuan PLTA Way Besai melakukan pemeliharaan atau pergantian generator.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian sejenis telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Salah satunya penelitian "Analisis Kelayakan Tahanan Isolasi Generator AC 35 MW / 11 KV Unit 1 PLTA Sutami" oleh Fatchur Rahman[3]. Penelitian ini secara garis besar bertujuan untuk menjelaskan tentang tahanan isolasi generator dan standar yang digunakan dalam pengujian tahanan isoalasi pada generator AC serta menganalisis nilai tahanan isolasi dari sisi nilai *insulation resistance* dan indeks polarisasi. Metode yang dilakukan oleh peneliti yaitu secara langsung melakukan pengerjaan, pengamatan dan pencatatan pada saat proses pengujian tahanan isolasi generator. Adapun hasil yang di dapat dalam penelitian ini yaitu berhasil menjelaskan tujuan dari melakukan pengukuran tahanan isolasi yaitu untuk mengetahui kondisi isolasi sehingga dapat diketahui aman atau tidaknya peralatan saat diberi tegangan. Dengan mengetahui kondisi tahanan isolasi maka akan memberi jaminan keamanan bagi generator itu sendiri sehingga terhindar dari kegagalan isolasi. Nilai tahanan isolasi pada generator PLTA Sutami untuk rotor dan stator disimpulkan oleh peneliti dalam keadaan baik. Nilai pengujian rotor yang didapatkan lebih besar dari 1,38 MΩ dan nilai stator yang didapatkan lebih besar dari 12MΩ sesuai karena menurut standar IEEE yang bernilai untuk nilai tahanan isolasi senilai 43-2000. Dengan demikian generator PLTA Sutami aman dari kegagalan isolasi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Adhi Rizal yang berjudul "Prediksi Beban Listrik Sektor Rumah Tangga Provinsi DI Yogyakarta Tahun 2016 s/d 2021 Dengan Metode Regresi Linear" [4]. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi kebutuhan beban listrik dalam sektor rumah tangga di Provinsi Yogyakarta untuk dengan menggunakan metode regresi linier. Parameter yang digunakan oleh peneliti dalam memprediksi atau memperkirakan perkembangan beban listrik di masa yang akan datang berupa parameter data pelanggan, daya tersambung dan konsumsi listrik tahun 2009 sampai dengan tahun 2015. Dalam proses pengolahan data digunakan perangkat lunak SPSS untuk membantu melakukan simulasi perhitungan. Adapun hasil dari penelitian ini adalah meningkatnya persentase sebesar 2-5% setiap tahun nya untuk jumlah pelanggan, daya tersambung, dan pemakian energi listrik pada periode tahun 2016-2021.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Generator

Generator merupakan sebuah alat yang berfungsi mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. Energi kinetik yang digunakan berasal dari air, uap, panas dll. Bentuk energi listrik yang dihasilkan berupa arus listrik AC (arus bolak balik) maupun arus listrik DC (arus searah). Konstruksi yang terdapat pada generator terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian stator yang merupakan bagian tidak bergerak dan rotor merupakan bagian yang bergerak.



Gambar 2.1 Generator

2.2.2 Pengujian Tahanan Isolasi Generator

Pengujian tahanan isolasi generator dilakukan dengan tujuan untuk memeriksa pemburukan kualitas isolasi dan juga mendeteksi adanya kelemahan isolasi tahanan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sebuah alat yang bernama magger yang pembacaannya langsung dalam meghoms. Megger (Mega Ohm Meter) merupakan piranti yang digunakan untuk mengukur besarnya nilai tahanan pada suatu alat.



Gambar 2.2 Alat megger

Pengukuran tahanan isolasi berdasarkan standar IEEE mengenai *Polarization Index* (PI) ditunjukan seperti tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Tegangan test untuk tiap-tiap tegangan kerja

TEGANGAN KERJA MESIN YANG DI UKUR	**TEGANGAN TEST**
Mesin dengan tegangan kerja : 240-2400 Volt	500 Volt DC
Mesin dengan tegangan kerja : 3000-4800 Volt	2500 Volt DC
Mesin dengan tegangan kerja : 5200-13800 Volt	2500 atau 5000 Volt DC
Semua mesin DC	500 Volt DC
Semua winding rotor dengan rated tegangan > 100 Volt	500, max. 1000 Volt DC

2.2.3 Metode Regresi Linier

Metode regresi linier merupakan sebuah ilmu statistika yang digunakan untuk mengetahui faktor pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikatnya. Dalam hal ini, variabel yang mempengaruhi disebut variabel bebas sedangkan variabel yang dipengaruhi disebut variabel terikat. Metode regresi linear terdiri dari 2 model , yaitu :

1. Metode Regresi Linier Berganda

Regresi Linier Berganda adalah perhitungan yang menggunakan dua atau lebih variabel bebas untuk mempengaruhi variabel terikatnya. Sehingga regresi linier berganda dapat digunakan apabila jumlah variabel bebas yang mempengaruhi minimal berjumlah dua [5]. Persamaan umumnya yaitu :

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 \quad (2.1)$$

Untuk menentukan nilai konstanta a dan koefisien regresi b_1 dan b_2 maka dapat digunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \Sigma Y &= na + b_1 \Sigma X_1 + b_2 X_2 \\ \Sigma X_1 Y &= a \Sigma X_1 + b1 \Sigma X_1{}^2 + b_2 \Sigma X_1 X_2 \\ \Sigma X_2 Y &= a \Sigma X_2 + b_1 \Sigma X_1 X_2 + b_2 \Sigma X_2{}^2 \end{aligned} \quad (2.2)$$

Keterangan :

Σ = Total

n = Jumlah data

X = Variabel bebas

Y = Variabel terikat

a = Konstanta

b_1 = Koefisien regresi variabel bebas 1

b_2 = Koefisien regresi variabel bebas 2

X_1 = Variabel bebas 1

X_2 = Variabel bebas

2. Metode Regresi Linier Sederhana

Regresi Linier Sederhana adalah perhitungan yang menggunakan satu variabel bebas untuk mempengaruhi variabel terikatnya. Sehingga regresi linier sederhana dapat digunakan apabila jumlah variabel bebas yang mempengaruhi berjumlah satu [5]. Persamaan umumnya 2.3 yaitu :

$$Y = a + bX \tag{2.3}$$

Untuk menentukan nilai konstanta a dan koefisien regresi b_1 dan b_2 maka dapat digunakan persamaan 2.4 seperti di bawah ini :

$$a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X)^2 - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{(n)((\Sigma X)^2) - (\Sigma X)^2}$$

$$b = \frac{(n)(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{(n)(\Sigma X)^2 - (\Sigma X)^2} \tag{2.4}$$

Keterangan :

Σ = Total

n = Jumlah data

X = Variabel bebas

Y = Variabel terikat

a = Konstanta

b = Koefisien regresi variabel bebas

2.2.4 Uji Kesesuaian

1. **Uji Koefisien Determinasi (R^2)**

   Uji koefisien determinasi adalah nilai yang menunjukan hubungan linear yang terjadi antar variabel. Nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 sampai 1 yang menunjukan apabila nilai mendekati 1 maka semakin baik kemampuan variabel bebas menjelaskan hubungan antar variabel terikatnya. Apabila nilai mendekati angka 0 maka variabel bebas sangat lemah dalam menjelaskan hubungan antar variabel terikatnya. Rumus koefisien determinasi :

$$R^2 = \frac{(b_1 \Sigma X_1 Y) + (b_2 \Sigma X_2 Y)}{\Sigma Y^2} \tag{2.5}$$

Keterangan :

R^2 = Koefisien Detreminasi

b_1 = Koefisien regresi variabel bebas 1

b_2 = Koefisien regresi variabel bebas 2

Σ = Total

X = Variabel bebas

Y = Variabel terkat

2. Uji Koefisien Korelasi (R)

Uji koefisien korelasi adalah nilai yang menunjukan baik atau tidaknya hubungan linear yang dihasilkan antar variabel. Uji koefisien korelasi dihitung dengan cara mengkuadratkan koefisien determinasi (R^2). Nilai koefisien korelasi berkisar antara 0 sampai 1. Nilai yang mendekati 1 menunjukan hubungan yang baik antar variabel. Apabila nilai mendekati angka 0 maka tidak ada hubungan yang terjadi antar variabel. Rumus koefisien korelasi (R) :

$$R = \sqrt{R^2} \tag{2.6}$$

Keterangan :

R = Koefisien Korelasi

R^2 = Koefisien Detreminasi

2.2.5 ANOVA (*Analysis of Varians*)

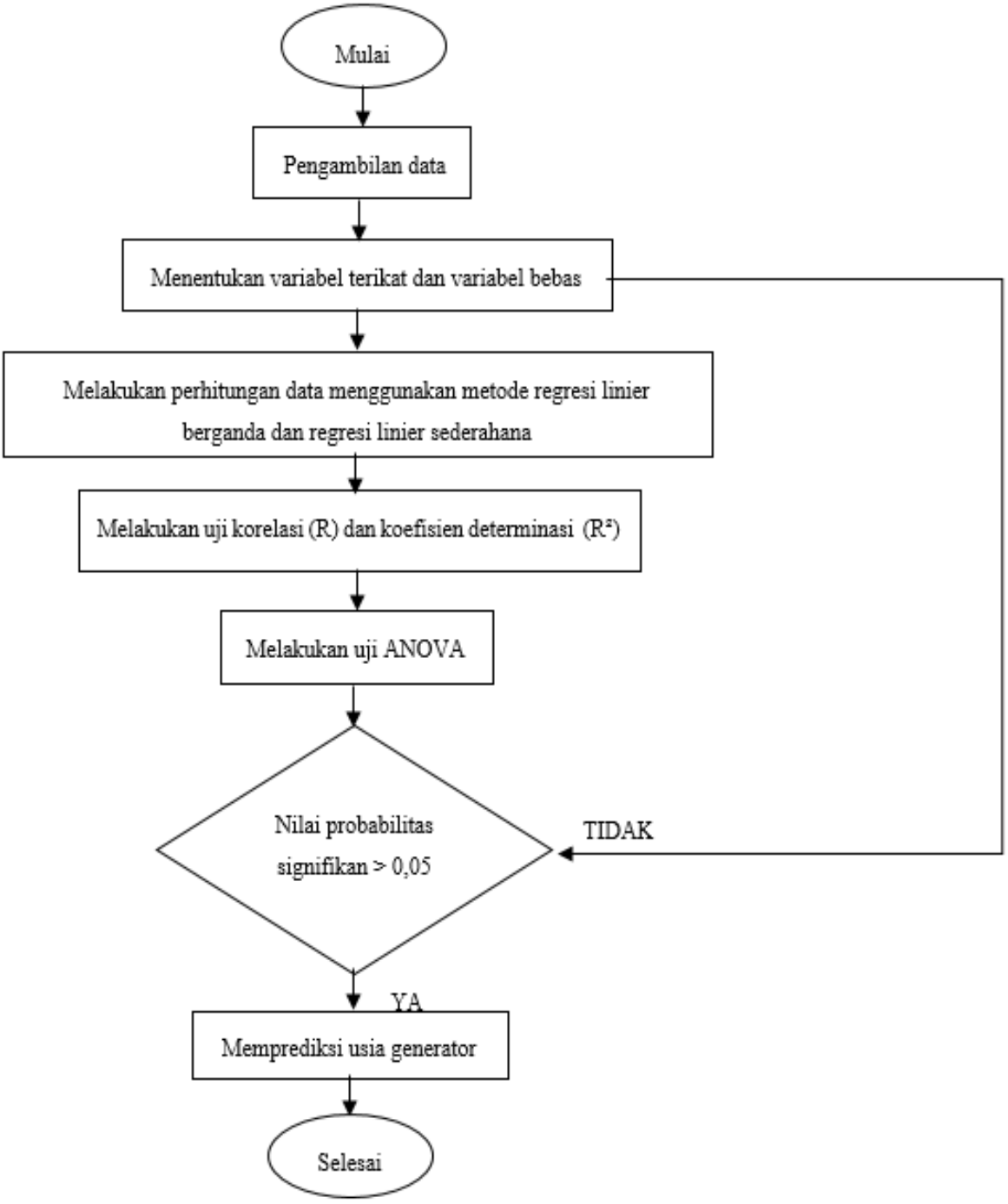
ANOVA (*Analysis of Varian*) adalah salah satu metode statistika yang digunakan untuk melakukan uji hipotesis. Uji hipotesis yang dimaksud yaitu melakukan pengujian terhadap hubungan antar dua faktor variabel dalam suatu percobaan atau penelitian dengan cara membandingkan rata-rata dari lebih dua sampel. Variabel model regresi diterima apabila nilai signifikansi pada uji anova bernilai < 0,05.

Dasar Pengambilan Keputusan Dalam *Analysis of Varian* (ANOVA) [4] :

1. Jika nilai probabilitas signifikansi > 0,05 maka variabel (x) tidak mempunyai pengaruh terhadap variabel (y)
2. Jika nilai probabilitas signifikansi < 0,05 maka variabel (x) mempunyai pengaruh terhadap variabel (y)

BAB 3
METODOLOGI

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metode Analisis

3.2.1 Pengambilan Data

Dalam penelitian ini pengambilan data dilakukan pada PT.PLN (PERSERO) PLTA Way Besai Pembangkit Sumatera Bagian Selatan UBP Bandar Lampung. Data yang diambil berupa hasil pengujian nilai tahanan isolasi generator pada saat proses *maintenance general inspection* dan laporan bulanan pembangkit sejak tahun 2007 hingga 2017.

3.2.2 Menentukan Variabel Bebas dan Variabel Terikat

Pada persamaan metode regresi liniear menggunakan variabel bebas sebagai faktor yang mempengaruhi dan variabel terikat yang akan dipengaruhi. Oleh karena ini, penentuan variabel bebas dan variabel terikat harus dipertimbangkan. Dalam penelitian ini untuk perhitungan regresi linear berganda ditentukan variabel bebas yang berupa nilai suhu mesin dan jam kerja pengoperasian yang akan mempengaruhi variabel terikat yaitu nilai tahanan isolasi generator. Untuk memprediksi usia generator dengan perhitungan regresi linier sederhana ditentukan variabel bebas berupa nilai tahanan isolasi generator yang akan mempengaruhi variabel terikat yaitu usia generator.

3.2.3 Perhitungan Data

Perhitungan data dilakukan untuk menganalisa nilai tahanan isolasi generator dan memprediksi usia generator menggunakan metode regresi linier berganda dan regresi linier sederhana yang dihitung menggunakan persamaan 2.1 – 2.4.

3.2.4 Uji Determinasi (R^2) dan Uji Korelasi (R)

Pengujian data selanjutnya dilakukan untuk mengetahui hubungan antar variabel.

- Uji koefisien determinasi adalah nilai yang menunjukan hubungan linear yang terjadi antar variabel. Nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 sampai 1 yang menunjukan apabila nilai mendekati 1 maka semakin baik kemampuan variabel bebas menjelaskan hubungan antar variabel terikatnya. Apabila nilai mendekati angka 0 maka variabel bebas sangat lemah dalam menjelaskan hubungan antar variabel terikatnya
- Uji koefisien korelasi adalah nilai yang menunjukan baik atau tidaknya hubungan linear yang dihasilkan antar variabel. Uji koefisien korelasi dihitung dengan cara mengkuadratkan koefisien determinasi (R^2). Nilai koefisien korelasi berkisar antara 0 sampai 1. Nilai yang mendekati 1

menunjukan hubungan yang baik antar variabel. Apabila nilai mendekati angka 0 maka tidak ada hubungan yang terjadi antar variabel.

Nilai koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (R) dijelaskan seperti tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Nilai hubungan korelasi antar variabel

Nilai pengujian	Hasil
0	Tidak terjadi korelasi dan determinasi
> 0 – 0,25	Korelasi dan detreminasi rendah
> 0,25 – 0,50	Korelasi dan detreminasi cukup
> 0,50 – 0,75	Korelasi dan detreminasi kuat
> 0,75 – 1	Korelasi dan detreminasi sangat kuat
1	Korelasi dan detreminasi sempurna

3.2.5 Uji ANOVA

Anova (*Analysis of Varian*) adalah salah satu metode statistika yang digunakan untuk melakukan uji hipotesis. Uji hipotesis yang dimaksud yaitu melakukan pengujian terhadap hubungan antar dua faktor variabel dalam suatu percobaan atau penelitian dengan cara membandingkan rata-rata dari lebih dua sampel. Secara umum analisis anova menggunakan variabel dan data hasil penelitian untuk melakuakan perhitungan. Variabel model regresi diterima apabila nilai signifikansi pada uji anova bernilai < 0,05. Dalam hal ini variabel yang digunakan untuk melakukan uji anova adalah pengaruh nilai tahanan isolasi terhadap usia generator.

3.2.6 Memprediksi Usia Generator

Memprediksi usia generator dilakukan dengan menggunkan perhitungan regrei linier sederhana dimana varaibel bebas nilai tahanan isolasi digunakan untuk memprediksi nilai variabel terikat yaitu usia generator.

3.3 Cara Analisis

Analisis dan perhitungan data pada penelitian ini mengggunakan metode regresi linier yang terdiri dari dua macam yaitu metode regersi linier berganda dan regresi linier sederhana yang dibantu dengan perangkat lunak Microsoft Excel 2013. Pengolahan data untuk metode regresi linier berganda dengan cara mengggunakan nilai suhu mesin dan jam kerja pengoperasian sebagai variabel bebas (X_1 dan X_2) yang akan mempengaruhi nilai tahanan isolasi generator sebagai variabel terikat (Y). Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar variabel bebas mempengaruhi nilai dari variabel terikat. Untuk mengetahui informasi hubungan antar variabel maka digunakan nilai pengujian koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (R). Selanjutnya memprediksi usia generator pada PLTA Way Besai digunakan perhitnungan metode regresi linier sederhana dengan cara menggunakan nilai tahanan isolasi generator sebagai variabel bebas (X) yang akan mempengaruhi usia generator sebagai variabel terikat (Y). Hubungan antar variabel di uji dengan menggunakan uji anova (*Analysis of Varians*).

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

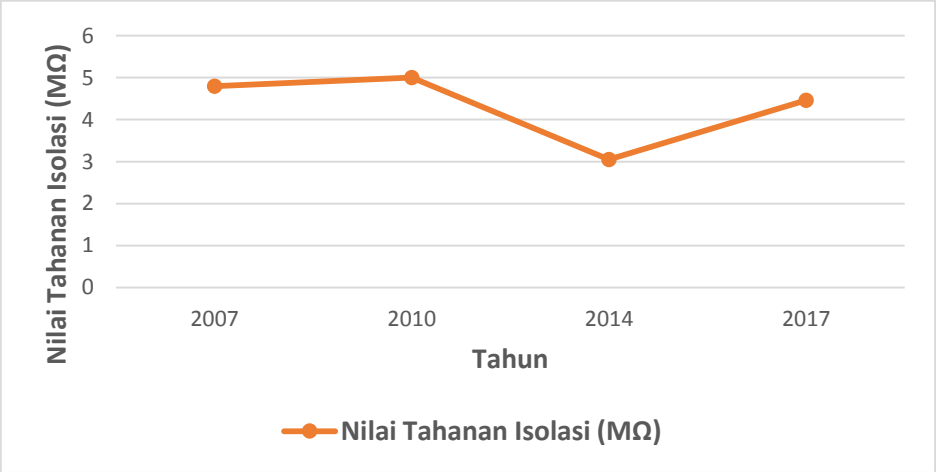
4.1 Perhitungan dan Pembahasan

Berikut adalah data yang didapat dari PLTA Way Besai untuk nilai tahanan isolasi generator yang dipengaruhi faktor suhu mesin dan jam kerja pengoperasian. Hasil data di bawah ini merupakan data yang didapatkan melalui pengujian *general inspection* yang dilakukan setiap tiga tahun sekali. Adapun data yang dimaksud akan ditunjukan pada tabel 4.1 di bawah ini :

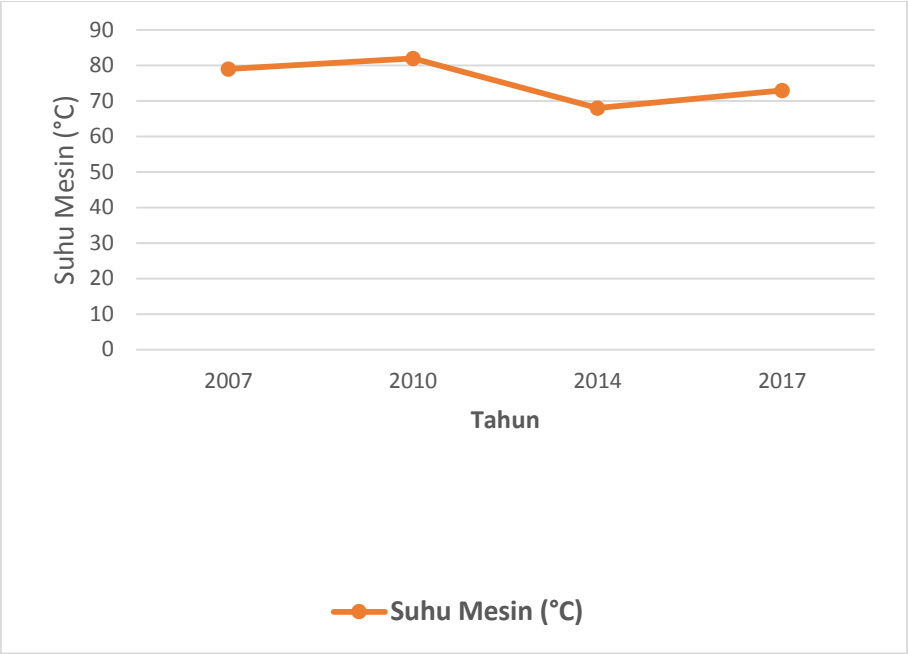
Tabel 4.1 Data Pengujian Nilai Tahanan Isolasi Generator tahun 2007 s/d 2017 PLTA Way Besai

Tahun	Nilai Tahanan Isolasi	Suhu Mesin	Jam kerja pengoperasian
2007	4,8 MΩ	79°C	39.705,21 jam
2010	5 MΩ	82°C	52.659,16 jam
2014	3,05 MΩ	68°C	88.848,11 jam
2017	4,46 MΩ	73°C	101.583,80 jam

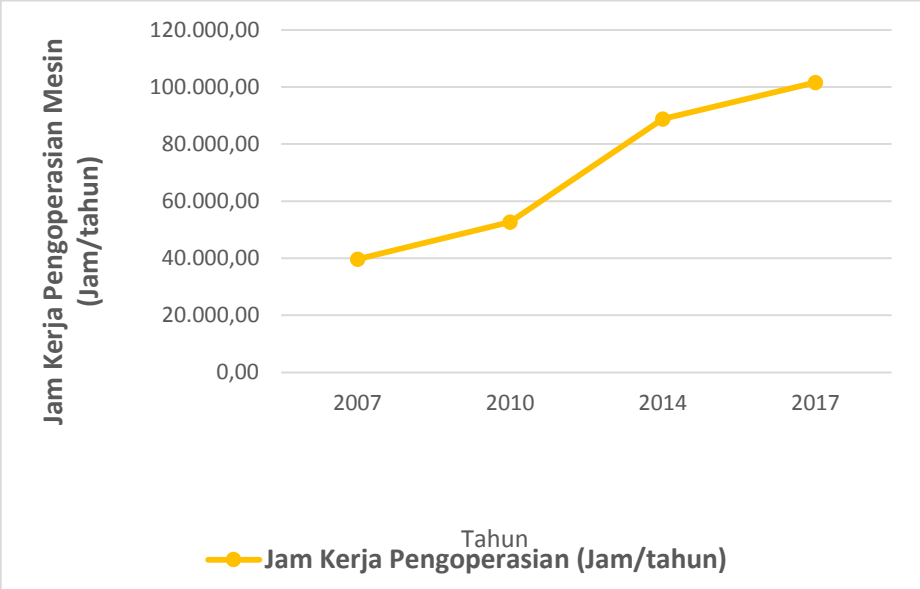
Berdasarkan data pengujian tahanan isolasi yang di pengaruhi parameter suhu mesin dan jam kerja pengoperasian PLTA Way Besai, maka dapat dilihat dengan grafik seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 Grafik Data Nilai Tahanan Isolasi Generator PLTA Way Besai Tahun 2007 s/d 2017



Gambar 4.1 Grafik Data Nilai Tahanan Isolasi Generator PLTA Way Besai Tahun 2007 s/d 2017



Gambar 4.2 Grafik Data Suhu Mesin Generator PLTA Way Besai Tahun 2007 s/d 2017



Gambar 4.3 Grafik Data Jam Kerja Pengoperasian Generator PLTA Way Besai Tahun 2007 s/d 2017

Pada Tabel 4.1 Data Pengujian Nilai Tahanan Isolasi Generator tahun 2007 s/d 2017 PLTA Way Besai menunjukkan data nilai tahanan isolasi generator yang digunakan pada Gambar 4.1 Grafik Data Nilai Tahanan Isolasi Generator PLTA Way Besai Tahun 2007 s/d 2017, Gambar 4.2 Grafik Data Suhu Mesin Generator PLTA Way Besai Tahun 2007 s/d 2017 dan Gambar 4.3 Grafik Data Jam Kerja Pengoperasian Generator PLTA Way Besai Tahun 2007 s/d 2017 dapat dilihat pada setiap grafik nilai tahanan isolasi generator mengalami kenaikan dan penurunan. Hal ini dikarenakan nilai tahanan isolasi generator dipengaruhi suhu mesin dan jam kerja pengoperasian mesin.

4.2 Perhitungan Regresi Linier Berganda

Tabel 4.2 Tabel Data Pengujian Nilai Tahanan Isolasi Generator tahun 2007 s/d 2017 PLTA Way Besai

Tahun	Nilai Tahanan Isolasi (Y)	Suhu Mesin (X_1)	Jam kerja pengoperasian (X_2)
2007	4,8 MΩ	79°C	39.705,21 jam
2010	5 MΩ	82°C	52.659,16 jam
2014	3,05 MΩ	68°C	88.848,11 jam
2017	4,46 MΩ	73°C	101.583,80 jam

1.

Tabel 4.3 Perhitungan Mencari Koefisien Regresi Linier

n	Y	X_1	X_2	$X_1 Y$	$X_2 Y$	$X_1 X_2$	$X_1{}^2$	$X_2{}^2$	Y^2
2007	4,8	79	39705,21	379,2	190585,008	3136711,59	6241	1576503701	23,04
2010	5	82	52.659,16	410	263295,8	4318051,12	6724	2772987132	25
2014	3,05	68	88.848,11	207,4	270986,7355	6041671,48	4624	7893986651	9,3025
2017	4,46	73	101.583,80	325,58	453063,748	7415617,4	5329	10319268422	19,8916
Jumlah	17,311	302	282.796,28	1322,18	1177931,292	20912051,59	22918	22562745906	77,2341

$\Sigma Y = 17{,}311$ $\Sigma X_1 X_2 = 20912051{,}59$

$\Sigma X_1 = 302$ $\Sigma X_1{}^2 = 22918$

$\Sigma X_2 = 282.796{,}28$ $\Sigma X_2{}^2 = 22562745906$

$\Sigma X_1 Y = 1322{,}18$ $\Sigma Y^2 = 77{,}2341$

$\Sigma X_2 Y = 1177931{,}292$ $\Sigma n = 4$

Dari tabel di atas, digunakan untuk mencari nilai koefisien regresi linier, dimana nilai tahanan isolasi generator dijadikan sebagai variabel terikat Y dan faktor parameter yang mempengaruhi seperti suhu mesin dan jam kerja pengoperasian dijadikan sebagai variabel bebas untuk X_1 dan X_2. Nilai a dan b dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2 sehingga didapatkan hasil seperti berikut :

a = -9,92902

b_1 = 0,1772

b_2 = 0,0000124

Hasil dari nilai a = -9,92902 menunjukan apabila tidak ada variabel bebas suhu mesin dan jam kerja pengoperasian maka nilai tahanan isolasi generator akan bernilai -9,92902 MΩ.

Hasil dari nilai b_1 = 0,1772 menunjukan apabila suhu mesin mengalami peningkatan satu derajat *celcius* maka nilai tahanan isolasi generator akan mengalami kenaikan sebesar 0,1772 MΩ dimana nilai jam pengoperasian dianggap tetap.

Hasil dari nilai b_2 = 0,0000124 menunjukan apabila jam kerja pengoperasian mengalami peningkatan satu jam maka nilai tahanan isolasi generator akan mengalami kenaikan sebesar 0,0000124 MΩ dimana nilai suhu mesin dianggap tetap.

Untuk mendapatkan nilai Y digunakan persamaan 2.1 sehingga didaptakan hasil seperti berikut ini :

$Y = -9,92902 + ((0,1772) X_1) + ((0,0000124) X_2)$

Y = -9,92903 + 0,1772 . 75 + 0,0000124 . 127,863

Y = 3,36

Tabel 4.4 Hasil keluaran regresi

Regression Statistics	
Multiple R	0,9586
R Square	0,91892
Adjusted R Square	0,75677
Standard Error	0,43418
Observations	4

Tabel 4.5 Hasil Keluaran ANNOVA

ANOVA	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	2	2,136566	1,068283	5,667007	0,284739551
Residual	1	0,188509	0,188509		
Total	3	2,325075			

4.2.2 Nilai Pengujian

Dari data diatas setelah diperoleh nilai a, b_1 , b_2 maka dilakukan pengujian koefisien determinasi (R^2) dan pengujian korelasi (R) untuk mengetahui seberapa besar pengaruh antara variabel bebas dan variabel terikat.

1. Uji Korelasi Detreminasi (R^2)

$$R^2 \rightarrow (0 < R^2 < 1)$$

- Apabila nilai R^2 yang dihasilkan mendekati angka 0 maka dijelaskan bahwa variabel bebas yang digunakan untuk menjelaskan variabel terikat sangat terbatas.
- Apabila nilai R^2 yang dihasilkan mendekati angka 1 maka dijelaskan bahwa variabel bebas menjelaskan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variabel terikat.

Pengujian koefisien determinasi (R^2) untuk variabel terikat (Y) berupa nilai tahanan isolasi yang dipengaruhi variabel bebas (X_1) suhu mesin dan (X_2) jam kerja pengoperasian. Nilai uji determinasi dihitung menggunakan rumus 2.5 sehingga didaptakan hasil seperti berikut :

$$R^2 = 0{,}918923388$$

Hasil nilai R^2 mendekati nilai 1 menunjukan bahwa variabel bebas berupa suhu mesin dan jam kerja pengoperasian yang digunakan berpengaruh sebesar 91% terhadap variabel terikat yaitu nilai tahanan isolasi generator dan 9% faktor lain diluar variabel bebas.

2. Uji Koefisien Korelasi (R)

$$R \rightarrow (0 < R < 1)$$

- Apabila nilai R yang dihasilkan mendekati angka 0 maka dijelaskan bahwa variabel bebas yang digunakan untuk menjelaskan variabel terikat sangat terbatas.
- Apabila nilai R yang dihasilkan mendekati angka 1 maka dijelaskan bahwa variabel bebas menjelaskan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variabel terikat.

Pengujian koefisien determinasi (R) untuk variabel terikat (Y) berupa nilai tahanan isolasi yang dipengaruhi variabel bebas (X_1) suhu mesin dan (X_2) jam kerja pengoperasian. Nilai uji korelasi dihitung menggunakan rumus 2.6 sehingga didaptakan hasil seperti berikut :

$$R = 0{,}958604918$$

Hasil nilai R mendekati nilai 1 menunjukan bahwa variabel bebas berupa suhu mesin dan jam kerja pengoperasian yang digunakan berpengaruh sebesar 95% terhadap variabel terikat yaitu nilai tahanan isolasi generator dan 5% faktor lain diluar variabel bebas.

4.3 Perhitungan Regresi Linier Sederhana

Tabel 4.6 Data PLTA Way Besai

Tahun	Usia Generator (Y)	Nilai Tahanan Isolasi Generator (X)
2007	6 tahun	4,8 MΩ
2010	9 tahun	5 MΩ
2014	13 tahun	3,05 MΩ
2017	16 tahun	4,46 MΩ

Tabel 4.7 Perhitungan Mencari Koefisien Regresi Linier

n	Y	X	XY	X^2	Y^2
2007	6	4,8	28,8	23,04	36
2010	9	5	45	25	81
2014	13	3,05	39,65	9,3025	169
2017	16	4,46	71,36	18,8916	256
Jumlah	44	17,31	184,81	77,2341	542

$\Sigma Y = 44$

$\Sigma X = 17,31$

$\Sigma XY = 184,81$

$\Sigma X^2 = 77,2341$

$\Sigma Y^2 = 542$

Dari tabel di atas, digunakan untuk mencari nilai koefisien regresi linier, dimana usia generator dijadikan sebagai variabel terikat Y dan nilai tahanan isolasi generator digunakan sebagai variabel bebas X. Nilai a dan b dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4 sehingga didapatkan hasil seperti berikut :

a = 21,422

b = -2,408

Untuk mendapatkan nilai Y digunakan persamaan 2.3 sehingga didaptakan hasil seperti berikut ini :

Y = 21,422 + -2,408 X

Y = 21,422 + -2,408.3,36

Y = 13,33

Tabel 4.8 Hasil keluaran regresi

Regression Statistics	
Multiple R	0,968304639
R Square	0,937613873
Adjusted R Square	0,90642081
Standard Error	4,872157759
Observations	4

Tabel 4.9 Hasil keluaran ANNOVA

ANNOVA	*df*	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	713,5241575	713,5241575	30,05840952	0,031695361
Residual	2	47,47584246	23,73792123		
Total	3	761			

4.3.1 Nilai Pengujian

Dari data diatas setelah diperoleh nilai a dan b maka dilakukan pengujian koefisien determinasi (R^2) dan pengujian korelasi (R) untuk mengetahui seberapa besar pengaruh antara variabel bebas dan variabel terikat.

1. Uji Korelasi Detreminasi (R^2)

$$R^2 \rightarrow (0 < R^2 < 1)$$

- Apabila nilai R^2 yang dihasilkan mendekati angka 0 maka dijelaskan bahwa variabel bebas yang digunakan untuk menjelaskan variabel terikat sangat terbatas.
- Apabila nilai R^2 yang dihasilkan mendekati angka 1 maka dijelaskan bahwa variabel bebas menjelaskan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variabel terikat.

Pengujian koefisien determinasi (R^2) untuk variabel terikat (Y) berupa usia generator yang dipengaruhi variabel bebas (X) nilai tahanan isolasi generator. Nilai uji determinasi dihitung menggunakan rumus 2.5 sehingga didaptakan hasil seperti berikut :

$$R^2 = 0{,}937613873$$

Hasil nilai R^2 mendekati nilai 1 menunjukan bahwa variabel bebas berupa nilai tahanan isoalasi generator yang digunakan berpengaruh sebesar 93% terhadap variabel terikat yaitu usia generator dan 7% faktor lain diluar variabel bebas.

2. Uji Koefisien Korelasi (R)

$$R \rightarrow (0 < R < 1)$$

- Apabila nilai R yang dihasilkan mendekati angka 0 maka dijelaskan bahwa variabel bebas yang digunakan untuk menjelaskan variabel terikat sangat terbatas.
- Apabila nilai R yang dihasilkan mendekati angka 1 maka dijelaskan bahwa variabel bebas menjelaskan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variabel terikat.

Pengujian koefisien determinasi (R) untuk variabel terikat (Y) berupa usia generator yang dipengaruhi variabel bebas (X) nilai tahanan isolasi generator. Nilai uji korelasi dihitung menggunakan rumus 2.6 sehingga didaptakan hasil seperti berikut :

$$R = 0{,}968304639$$

Hasil nilai R mendekati nilai 1 menunjukan bahwa variabel bebas berupa nilai tahanan isolasi generator yang digunakan berpengaruh sebesar 96% terhadap variabel terikat yaitu usia generator dan 5% faktor lain diluar variabel bebas.

4.4 ANOVA (Analysis of Varians)

ANOVA (*Analysis Of Varian)* menjelaskan pengaruh seberapa kuat variabel bebas terhadap variabel terikat. Dalam hal ini telah dilakukan perhitungan untuk mencari hubungan antara nilai tahanan isoalasi generator mepengaruhi usia generator. Hasil uji anova melalui perhitungan dengan perangkat lunak *Ms. Excel* hasil keluaran ANOVA *significance F* pada tabel 4.9 menunjukan angka 0,03 yang artinya nilai tahanan isolasi mempengaruhi usia generator berdasarkan tingkat signifikansi yang <0,05 sehingga model regresi dapat digunakan untuk memprediksi variabel.

1.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pengujian tahanan isolasi generator dilakukan untuk mengetahui adanya penurunan tahanan dan mendeteksi adanya kelemahan pada generator.

2. Pada perhitungan regresi linier berganda uji koefisien korelasi (R) dan koefisien determinasi (R^2) bernilai >90% menunjukan adanya hubungan korelasi yang kuat antara varibel bebas (x) suhu mesin dan jam kerja pengoperasian dalam mempengaruhi variabel terikat (y) nilai tahanan isolasi generator.

3. Prediksi usia generator sejak pertama kali dioperasikan tahun 2001 yaitu 29 tahun yang artinya masih dapat bekerja optimal hingga 13tahun (tahun 2030)

4. Pada perhitungan regresi linier sederhana uji koefisien korelasi (R) dan koefisien determinasi (R^2) bernilai >90% menunjukan adanya hubungan korelasi yang kuat antara varibel bebas (x) nilai tahanan isoalasi dalam mempengaruhi variabel terikat (y) usia generator.

5. Nilai probabilitas signifikan pada uji ANOVA antara variabel bebas (x) nilai tahanan isolasi generator dan variabel terikat (y) usia generator sebesar 0,003.

5.2 Saran

1. PLTA Way Besai disarankan untuk melakukan *maintenance* secara berkala agar memaksimalkan masa pakai.

2. Mempertimbangkan pergantian generator sebelum masa pakai generator tidak bekerja secara optimal.

3. Mencari variabel bebas lain untuk peneliti lain yang ingin memprediksi usia generator.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Hendrik, "ANALISIS PERAWATAN (MAINTENANCE) MESIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL (PLTD) PADA PT. PLN (PERSERO) CABANG RENGAT WILAYAH RIAU DI DESA KOTA LAMA KABUPATEN INHU," 74, 2011.

[2] Bongga L. Tobiing, *Dasar Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. Ciracas, Jakarta: Penerbit Erlangga, 2012.

[3] Fatchur Rahman, "Analisis Kelayakan Tahanan Isolasi Generator," 2013.

[4] M. A. Rizal, "Memprediksi Perkembangan Beban Listrik Sektor Rumah Tangga di Provinsi DI Yogyakarta tahun 2016-2021," 2016.

[5] R.K Sembiring, *Analisis Regresi*, Kedua. Bandung, 2009.

[6] J. Teknik, E. Fakultas, and T. Universitas, "PEMELIHARAAN GENERATOR PADA PLTA JELOK UBP MRICA," 2015.

[7] Hartono, *Statistika Untuk Penelitian*. Jakarta: Pustaka Pelajar, 2004.

[8] J. T. Elektro, F. T. Industri, and U. I. Indonesia, "PEMODELAN SISTEM DINAMIK PERMINTAAN DAYA LISTRIK UNTUK SEKTOR RESIDENSIAL DI PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR," 2017.

[9] PT. PLN Persero, "Laporan Operasi PLTA Way Besai," Lampung, 2007.

[10] PT. PLN Persero, "Laporan Operasi PLTA Way Besai," Lampung, 2010.

[11] PT. PLN Persero, "Laporan Operasi PLTA Way Besai," Lampung, 2014.

[12] PT. PLN Persero, "Laporan Operasi PLTA Way Besai," Lampung, 2017.