

# Jurnal Skripsi

## EVALUASI SYSTEM PROTEKSI TENAGA LISTRIK KAMPUS-II ITN MALANG AKIBAT PENETRASI PLTS ON-GRID 500KWP

<sup>1</sup>Agustinus Jaksu, <sup>2</sup> Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT. <sup>3</sup>Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

<sup>1</sup>tinojaksu@gmail.com, <sup>2</sup>imadewartana65@gmail.com, <sup>3</sup>widodo\_pm@lecturer.itn.ac.id

**Abstrak**---Pada tahun 2020 Kampus Institut Teknologi Nasional Malang bekerjasama dengan PT. Wijaya Karya Persero (WIKA) dan PT. Surya Utama Nuansa (SUN) membangun PLTS on Grid skala besar dengan kapasitas daya terpasang sebesar 500 kWp yang berlokasi di Kampus II ITN Malang. Daya yang dihasilkan oleh PLTS dikirim langsung ke sistem jaringan listrik Kampus. Interkoneksi grid sistem pembangkit listrik PV ( Photovoltaic) atau PLTS memiliki keuntungan dari pemanfaatan yang lebih efektif dari daya yang dihasilkan. Namun, persyaratan teknis dari kedua utilitas listrik sisi sistem grid dan sisi sistem PV harus dipenuhi untuk memastikan keamanan pemasangan PV dan keandalan sistem Proteksi. Saat PLTS terintegrasi ke jaringan listrik Kampus II ITN Malang ,maka akan mengakibatkan perubahan kondisi aliran daya maupun peningkatan arus hubung singkat (*short circuit current*) ke system proteksi tenaga listrik kampus II ITN Malang. Gangguan diamankan dengan MCCB (Moulded Case Circuit Breaker) atau pengaman lainnya. Makalah ini melakukan analisis arus hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa, dan dua fasa ke tanah terhadap system Proteksi Tenaga listrik Kampus II Institut Teknologi Nasional Malang akibat Penetrasi PLTS on-grid 500kWp.

**Kata Kunci**; PLTS on Grid, MCCB, Short Circuit, Load flow

### I. PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Memasuki abad 21, persediaan minyak dan gas bumi semakin menipis. Sementara kebutuhan akan energi semakin meningkat, utamanya di negara-negara industri akan meningkat sampai 70%. Energi surya memiliki keunggulan-keunggulan dibandingkan dengan energi fosil, seperti sumber energi surya yang mudah didapatkan dan ramah lingkungan [1].

Pada tahun 2020 Kampus Institut Teknologi Nasional Malang bekerjasama dengan PT. Wijaya Karya Persero (WIKA) dan PT. Surya Utama Nuansa (SUN) membangun PLTS on Grid skala besar dengan kapasitas daya terpasang sebesar 500 kWp yang berlokasi di Kampus II ITN Malang. Daya yang dihasilkan oleh PLTS dikirim langsung ke sistem

jaringan listrik Kampus. Interkoneksi grid sistem pembangkit listrik PV ( Photovoltaic) atau PLTS memiliki keuntungan dari pemanfaatan yang lebih efektif dari daya yang dihasilkan. Namun, persyaratan teknis dari kedua utilitas listrik sisi sistem grid dan sisi sistem PV harus dipenuhi untuk memastikan keamanan pemasangan PV dan keandalan sistem Proteksi [2]. Saat PLTS terintegrasi ke jaringan listrik Kampus II ITN Malang ,maka akan mengakibatkan perubahan kondisi aliran daya maupun peningkatan arus hubung singkat (*short circuit current*) ke system proteksi tenaga listrik kampus II ITN Malang.

Pada sistem tenaga listrik, studi arus gangguan hubung singkat merupakan hal yang penting terutama untuk perencanaan Hubung singkat terjadinya ketika konduktor/penghantar bertegangan terhubung dengan penghantar bertegangan atau terhubung dengan penghantar netral (*ground*) secara langsung. Gangguan hubung singkat terjadi akibat faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal dari gangguan adalah rusaknya peralatan listrik. Sedangkan faktor eksternal adalah cuaca buruk, badai, hujan, bencana, runtuhnya pohon, petir, dan lain-lain. Gangguan biasanya diamankan dengan CB (*Circuit Breaker*) atau pengaman lainnya [3]. Maka dari itu harus membangun pembangkit yang handal agar dapat memasok kebutuhan listrik dengan kualitas tegangan yang baik dan memperhatikan keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna layanan listrik tersebut [4].

Makalah ini akan melakukan analisis arus hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa, dan dua fasa ke tanah terhadap system Proteksi Tenaga listrik Kampus II Institut Teknologi Nasional Malang akibat Penetrasi PLTS on-grid 500kWp. Penelitian dimulai dari pengumpulan data-data yang diperlukan untuk analisis. Kemudian membuat single line dengan menggunakan *software ETAP 12.6* sesuai data yang telah didapat. Setelah single line jadi kemudian dilakukan simulasi aliran daya dan hubung singkat untuk mengetahui apakah single line yang telah dibuat sudah sesuai atau belum. Jika single line belum sesuai maka dilakukan perbaikan lagi. Setelah itu dilakukan simulasi hubung singkat dengan memvariasi gangguan.

#### a. Rumusan Masalah

1. Terjadinya perubahan kondisi aliran daya maupun peningkatan arus hubung singkat (*short circuit current*)

terhadap sistem proteksi tenaga listrik Kampus 2 ITN Malang akibat dari penetrasi PLTS *on-grid* 500kWp.

2. Perlu ditinjau ulang koordinasi kerja peralatan proteksi yang ada di system kelistrikan Kampus-II ITN Malang akibat peningkatan arus hubung singkat (*short circuit current*) tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa, dan dua fasa ke tanah, akibat penetrasi PLTS *on-grid* 500kWp.

b. Tujuan

1. Menganalisis aliran daya maupun arus hubung singkat (*short circuit current*) sebagai salah satu parameter yg digunakan untuk menentukan Setting ulang sistem Proteksi Tenaga Listrik Kampus-II ITN Malang, akibat Penetrasi PLTS *on-grid* 500kWp.
2. Menganalisis Koordinasi kerja peralatan proteksi yang ada di system kelistrikan Kampus-II ITN Malang akibat peningkatan arus hubung singkat (*short circuit current*) tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa, dan dua fasa ke tanah akibat penetrasi PLTS 500kWp.

c. Manfaat

1. Dapat mengetahui perubahan arus hubung singkat (*short circuit current*) sistem proteksi kampus II ITN Malang akibat penetrasi PLTS *on-Grid* 500 kWp.
2. Agar mahasiswa bisa menambah pengetahuan tentang *software ETAP 12.6* sebagai program simulasi sebuah sistem terutama pada gangguan arus hubung singkat. Dari hasil analisa gangguan hubung singkat tersebut bisa dikoordinasi ulang kerja peralatan proteksi yang ada di system kelistrikan Kampus-II ITN Malang akibat peningkatan arus hubung singkat (*short circuit current*) tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa, dan dua fasa ke tanah akibat penetrasi PLTS 500kWp.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Proteksi Tenaga Listrik

Suatu sistem proteksi yang terdiri dari satu atau lebih peralatan proteksi, transformator pengukuran, pengawatan, rangkaian tripping, catu daya, dan sistem komunikasi bila tersedia. (IEV, 448- 11-04). Tujuan utama sistem proteksi adalah mendeteksi kondisi abnormal pada sistem tenaga listrik, memerintahkan trip pada PMT dan memisahkan peralatan yang terganggu dari sistem yang sehat, sehingga sistem dapat terus berfungsi. Dasar pemilihan proteksi sistem tenaga listrik dan sistem proteksi adalah sebagai berikut;

- Mencegah kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal.
- Mengurangi kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal.
- Mempersempit daerah yang terganggu sehingga gangguan tidak melebar pada sistem yang lebih luas;
- Memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan dan mutu tinggi kepada konsumen.

- Mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh tenaga listrik.

Standarisasi komponen proteksi antara lain mencakup, relevansi, kepekaan (sensitivitas), kecepatan kerja, keandalan, dan efisiensi, murah dan ekonomis serta parameter lain yang terkait [5].

a. Pengaman (*Circuit Breaker*)

Pengaman adalah suatu peralatan listrik yang digunakan untuk melindungi komponen listrik dari kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan seperti arus beban lebih ataupun arus hubung singkat. *Circuit Breaker* adalah suatu peralatan pemutus rangkaian listrik pada suatu sistem tenaga listrik, yang mampu untuk membuka dan menutup rangkaian listrik pada semua kondisi, termasuk arus hubung singkat, sesuai dengan ratingnya. Juga pada kondisi tegangan yang normal ataupun tidak normal.

b. MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*)

MCCB merupakan salah satu alat pengaman yang dalam proses operasinya mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat untuk penghubung. Jika dilihat dari segi pengaman, maka MCCB dapat berfungsi sebagai pengaman gangguan arus hubung singkat. Pada jenis tertentu pengaman ini, mempunyai kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. MCCB memiliki kemampuan hantar arus maksimal yang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan MCB, MCCB dapat digunakan untuk berbagai jenis tegangan listrik, dari mulai *Low Voltage* sampai *Medium Voltage*.



. Gambar 2.1. Sakelar Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB).

c. Menentukan Arus Rating Nominal

Untuk menentukan kapasitas kebutuhan MCB 1 fasa dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut dengan nilai faktor daya minimal 0,85 yang ditentukan oleh PLN dalam SPLN (Standar PLN) Nomor 70-1 dengan judul Pembakuan Istilah Teknik Bidang Ketenagalistrikan (Seri Pertama).

$$I_n = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} \dots\dots\dots(1)$$

Untuk menentukan kapasitas kebutuhan MCB 3 fasa dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut;

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :  $I_n$  = Arus nominal (Ampere),  $P$  = Daya (Watt),  $V$  = Tegangan (Volt)  $\cos \varphi$  = Faktor daya

d. Pemilihan Pengantar

Dalam menentukan penghantar instalasi listrik tergantung pada kemampuan arus (KHA) sebuah

penghantar. Oleh sebab itu, luas penampang penghantar harus diperhitungkan dengan seksama, untuk menghindari terjadinya kerusakan pada sebuah penghantar yang diakibatkan arus yang melalui melebihi kemampuan hantar arusnya (KHA). Dimana rumus untuk menentukan kuat hantar arus (KHA) adalah sebagai berikut ;

$$KHA = 125\% \times I_n \dots \dots \dots (3)$$

2.2. Gangguan Arus Hubung Singkat (*Short Circuit current*)

Hubung singkat menurut IEC 60909 adalah kejadian yang menyebabkan beda potensial antara dua penghantar atau lebih menjadi sama dengan atau mendekati nol. Sementara arus hubung singkat adalah arus lebih akibat hubung singkat karena gangguan atau kesalahan koneksi. Arus hubung singkat Maksimum ketika menentukan rating peralatan elektrik dan ketahanannya, kriteria utama adalah arus hubung singkat maksimum, dan hubung singkat minimum diperlukan ketika menentukan sistem proteksi. Gangguan hubung singkat dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat tak simetri (*asimetri*). Gangguan yang termasuk dalam hubung singkat simetri yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan Gangguan tak simetri ini terjadi sebagai akibat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat dua fasa, atau gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah. Adanya gangguan hubung singkat dapat mengakibatkan rusaknya peralatan listrik, berkurangnya stabilitas daya, dan terhentinya kontinuitas daya akibat membukanya *circuit breaker* (CB). Kegunaan dari analisis gangguan hubung singkat antara lain adalah:

- a. Untuk menentukan arus maksimum dan minimum hubung singkat tiga-fasa;
- b. Untuk menentukan arus gangguan;
- c. Untuk menentukan kapasitas pemutus daya
- d. Untuk menentukan distribusi arus gangguan dan tingkat tegangan busbar selama gangguan [9].

2.3. Analisis Aliran Daya (*Load Flow Analysis*)

Tujuan utama analisa aliran daya adalah untuk menentukan magnitude tegangan, sudut/vektor tegangan, aliran daya aktif dan daya reaktif pada saluran, serta rugi-rugi daya yang muncul dalam suatu sistem tenaga listrik. Jadi pada setiap bus terdapat empat besaryaitu P,Q,V dan δ. Di dalam studi aliran daya dua dari ke-empat besaran itu diketahui dan dua yang lain perlu dicari. Berdasarkan hal tersebut, bus-bus dibedakan menjadi tiga jenis yaitu bus beban (*load bus*), bus generator (*gen bus*), dan bus berayun (*slack bus*).

a. Daya semu

Daya semu adalah daya yang lewat pada suatu saluran transmisi atau distribusi.

$$S = V \cdot I \dots \dots \dots (4)$$

Maka daya semu untuk 3 fasa :

$$S_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

$$S = \text{Daya semu (VA), } V = \text{Tegangan fasa}$$

netral (Volt), I = Arus yang mengalir (A ).

b. Daya aktif

Daya aktif adalah daya yang dipakai untuk keperluan menggerakkan mesin atau mekanik, dimana daya tersebut dapat diubah menjadi panas. Daya aktif ini merupakan pembentuk dari tegangan yang kemudian dikalikan dengan besaran arus dan faktor dayanya.

Daya aktif satu fasa :

$$P_{1\phi} = V \cdot I \cdot \cos \phi \dots \dots \dots (6)$$

Daya aktif tiga fasa:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \dots \dots \dots (7)$$

Dimana :  $\cos \phi$  = factor daya, P= Daya aktif (watt ).

c. Daya reaktif

Daya reaktif adalah selisih antara daya semu yang masuk dalam saluran dengan daya aktif yang terpakai untuk daya mekanis panas. Daya reaktif untuk satu fasa :

$$Q_{1\phi} = V \cdot I \sin \phi \dots \dots \dots (8)$$

Daya reaktif untuk tiga fasa :

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \sin \phi \dots \dots \dots (9)$$

Dimana :

$$Q = \text{Daya reaktif (VAR)}$$

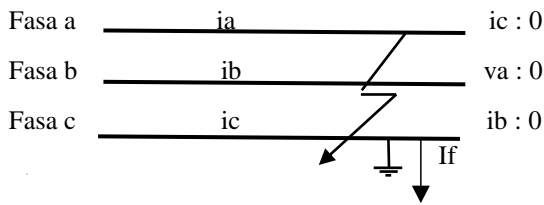
2.4. Impedansi Urutan Dan Jaringan Urutan

Impedansi suatu rangkaian yang hanya mengalir arus urutan positif disebut impedansi terhadap arus urutan positif. Demikian pula, bila hanya ada arus urutan negatif, impedansinya dinamakan impedansi terhadap arus urutan negatif. Jika hanya ada urutan nol, impedansinya dinamakan impedansi terhadap arus urutan nol. Nilai impedansi di tiap-tiap bus memiliki nilai yang berbeda-beda. Nilai impedansi yang dihitung adalah impedansi urutan positif, negatif, dan urutan nol. Setelah mendapat nilai impedansi, langkah selanjutnya mencari nilai impedansi ekuivalen yang akan digunakan untuk mencari nilai arus hubung singkat. [11].

2.5. Perhitungan Kapasitas Arus Hubung Singkat

1. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah (*Line to Ground Fault*)

Kenaikan dari arus listrik pada fasa dengan gangguan dan tegangan jadi 0 merupakan dampak dari gangguan arus satu fasa ke tanah oleh karena itu peristiwa ini dapat menyebabkan phase lain mengalami arus yang menjadi nol disertai dengan kenaikan tegangan pada phase lain.

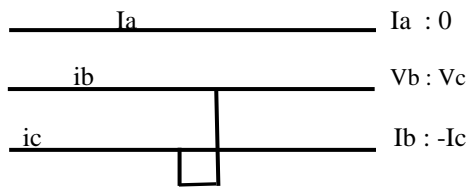


Gambar 2.2. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah [2].

Pada gangguan hubung singkat 1 fasa tidak melalui impedansi dapat dijelaskan dengan rumus berikut :

$$I_A = \frac{E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(10)$$

2. Gangguan Hubung Singkat Dua fasa ( Line To Line Fault)



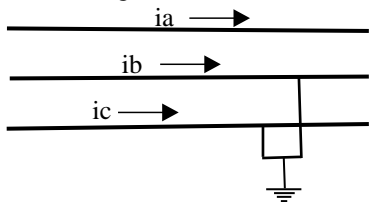
Gambar 2.3. Gangguan hubung singkat dua fasa [3].

Ada kemungkinan lain penyebab gangguan ini diantaranya *black flashover* antara dua buah kawat penghantar fasa dan tiang sekaligus pada saat tiang distribusi dan transmisi memiliki tahanan kaki tiang tinggi yang tersambar petir dan kerusakan isolator dapat menjadi pemicu terjadinya gangguan ini. Jika gangguan arus tanpa melewati suatu impedansi maka persamaannya dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$I_A = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(11)$$

3. Gangguan Hubung Singkat Dua fasa ke Tanah ( Line- Line to Ground Fault)

Ketika terjadi gangguan pada arus ini biasanya disebabkan oleh dua phase atau dua kawat yang terjadi gangguan terhubung pada tanah atau ke netral pada saat sistem pertanahan tiga fasa.

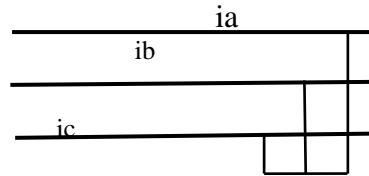


Gambar 2.4. Gangguan Hubung Singkat Dua Phase keTanah [3].

Untuk gangguan 2 fasa pada tanah tanpa melewati suatu impedansi maka persamaannya dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$I_A = \frac{E_a}{Z_1 = \frac{Z_2 + Z_0}{Z_2 + Z_0}} \dots\dots\dots(12)$$

4. Gangguan Hubung Singkat Tiga fasa (Three Phase Fault)



Gambar 2.5. Gangguan hubung singkat tiga fasa [4].

Gangguan ini merupakan tipe gangguan yang terparah dibanding dengan gangguan arus hubung singkat yang lainnya namun gangguan ini sangat jarang sekali terjadi. Untuk rumus arus pada saluran:

$$I_A = \frac{E_a}{Z_1} \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan :

- IA = Besar Gangguan arus (A)
- Ea =Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan (v)
- Z0 = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan.
- Z1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan.
- Z2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan.
- Va = Tegangan pada fasa a
- ia = Arus yang mengalir pada fasa a (A)
- ib = Arus yang mengalir pada fasa b (A)
- ic = Arus yang mengalir pada fasa c (A)
- if = Arus yang mengalir menuju ground (A)

2.6. Electrical Transient Analyzer Program (ETAP).

ETAP 12.6.0 (Electrical Transient Analyzer Program) merupakan sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi tenaga listrik. Simulasi yang dapat dijalankan ETAP dapat bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk pengelolaan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. Fitur yang disediakan oleh ETAP dapat digunakan untuk menganalisis pembangkitan tenaga listrik, seperti sistem distribusi tenaga listrik.

2.7. Sistem PLTS on Grid .

PLTS *on grid* adalah model pembangkit listrik yang terhubung langsung ke jaringan distribusi tegangan menengah pada sisi pelanggan. Interkoneksi pembangkit listrik dengan jaringan distribusi tegangan menengah memberikan efek perbaikan tegangan pada sisi beban dan menghasilkan kondisi aliran daya yang dapat menyebabkan penurunan nilai rugi-rugi daya yang terjadi di semua pengumpan. Dampak PV surya terhadap proteksi sistem distribusi adalah aliran arus ini mendistorsi koordinasi proteksi arus lebih dengan meningkat dan menurunnya arus gangguan dan arah aliran arus. Arus ini, beberapa kali lebih tinggi dari arus beban maksimum dan biasanya disebabkan oleh kesalahan dan sistem harus

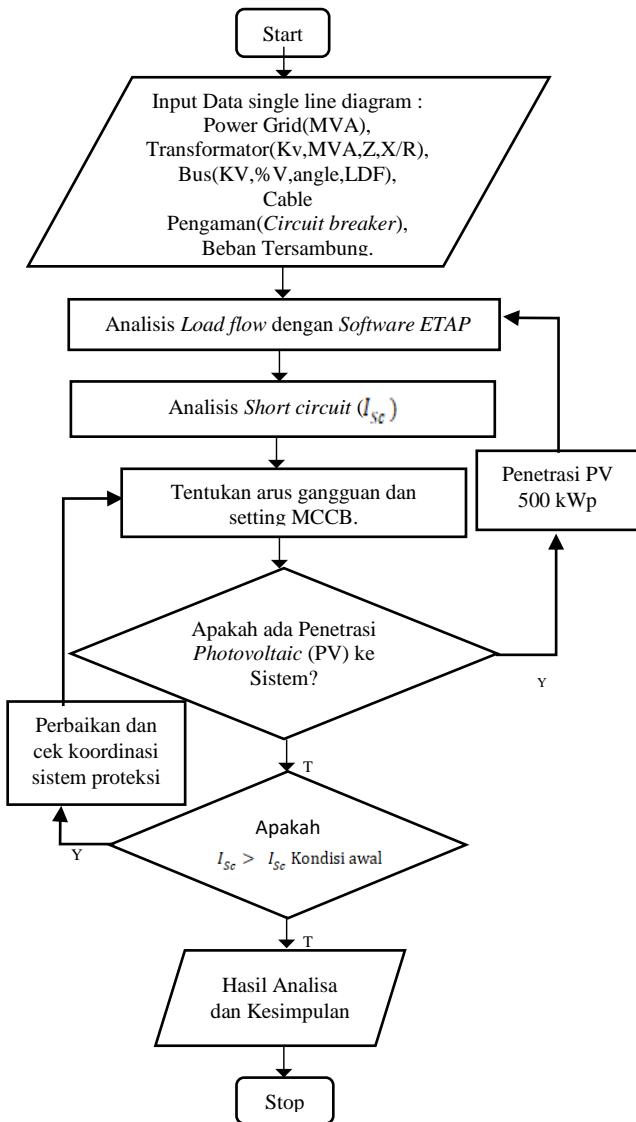
dilindungi dari kerusakan yang disebabkan oleh kesalahan tersebut. Ketika arus beban melebihi nilai yang telah ditentukan sebelumnya, sinyal dikirim untuk mengoperasikan perangkat pelindung. Perangkat pelindung pada sistem termasuk sakelar termomagnetik, pemutus *moulded-case circuit breaker* (MCCB)[15].

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Pengambilan Data.

Pada penelitian ini, lokasi pengambilan data kedua sumber kelistrikan berasal dari PLTS *on-grid* 500 kWp yang berlokasi sama dengan sumber tenaga listrik kampus 2 ITN Malang di jalan raya Karanglo Km 2, kabupaten Malang. Dalam hal ini PLTS *on-grid* 500 kWp merupakan bagian dari *supply* daya listrik kampus 2 ITN Malang.

#### 3.2. Desain Pengerjaan.



Gambar 3.1. Flowchart Desain tahapan Pengerjaan.

### 3.3 Pengumpulan data *Single Line Diagram* Sistem Tenaga Listrik Kampus II ITN Malang.

Tabel.3.1. Data spesifikasi Transformator dan Genset kampus II ITN Malang.

Transformator 0,4 kV TRAFINDO		GENERATING SET	
Phase	3	Model	275
Standart	IEC.76	Rated Power-	250 kVA, 200 kW, 0.80 cos 0
		Prime	
Vektor Group	Dyn-6	Rated Voltage	400/230 V
frequency	50 Hz	Phase	3
kVA	400	Rated Frequency	50 Hz
Volt	HV: 20000, LV : 400	Rated RPM	1500
Ampere	HV : 11,54, LV : 577,38	Maximum Altitude	152,4 m
Impedance	4.6	Temperature	40 C
Insulation Class	A	Generator Connection	S*STAR
		Excitation Voltage	47 V
		Excitation Current	8 79999 A
		Insulation Class	H
		Generator	7TSO2146

Tabel 3.2. Spesifikasi Solar Panel PLTS 500 kWp.

JA SOLAR Crystalline Silicon	
TYPE	JAM72S20-450/MR
Peak Power/Pmax(W)	450 W
Open Circuit Voltage (Voc)	49,70 V
Max . Power Voltage (Vmp)	41,52 V
Short Circuit Current (Isc)	11,36 A
Max . Power Current (Imp)	10,84 A
Power Selection	0~+5 W
Maximum system voltage	1500 V
Maximum overcurrent protection rating	20 A
Current Class	Class H

Tabel 3.3. Spesifikasi Inverter PLTS 500 kWp

Solar Inverter SUN2000-100KTL-M1	
D.C Max input Voltage	1100 Vd.c
D.C Max input Current	10 × 26 A
Isc	10 × 40 A
D.C MPP Range	200-1000 Vd.c
A.C.Output Nominal Voltage	380/400 Va.c,3 (N) ~ + 480 Va.c ; 3~ +
A.C Nominal Operating Frequency	50/60 Hz
A.C.Output Rated Power	100 kW
A.C.Output Max Apparent Power	110 kVa
A.C.Output Max Current	168.8 A : 380 Va.c 160.4 A : 400 Va.c 133.7 A : 480 Va.c
Power Factor	0.8 (lagging)-0.8 (leading)
Operating Temperature Range	-25~+60 C

Tabel 3.4. Data Beban Kampus pada saat Perkuliahan.

ID Gedung	Data Beban Kampus II ITN Malang			
	MW	Mvar	Ampere	% PF
LVM DP ITN	0,056	0,035	1,9	85,0
SDP Lab.Mesin	0,009	0,005	14,8	85,0
SDP Lab.Industri	0,005	0,003	9,1	85,0
SDP G.Kuliah Elektro	0,007	0,004	11,6	85,0
SDP Lab. Elektro	0,008	0,005	13,2	85,0
SDP G.Kuliah informatika	0,006	0,004	10,3	85,0
SDP G.Kuliah Mesin	0,006	0,003	9,5	85,0
SDP Lab.D3 Mesin	0,016	0,010	26,6	85,0

Tabel 3.5. Spesifikasi Rating Proteksi MCCB Kampus II ITN Malang

No	Pabrik	Tipe	Kurva	Pengenal
MCCB 1	Schneider Electric	NS800 N	IEC 60947-2	800/480 A, 50 kA, 380/415 V
MCCB 2	Schneider Electric	NS800 N	IEC 60947-2	800/480 A, 50 kA, 380/415 V
MCCB 3	Schneider Electric	NS800 N	IEC 60947-2	800/480 A, 50 kA, 380/415 V
MCCB 4	Merlin Gerin	NS160 N	IEC/EN 60947-2	125 A, 35 kA, 380/415 V
MCCB 5	Merlin Gerin	NS400N	IEC 947-2	400 A, 25 kA, 380/415 V
MCCB 6	Merlin Gerin	NB100F	NEMA AB-1	100 A, 10 kA, 400/415 V
MCCB 7	Merlin Gerin	NB100F	NEMA AB-1	100 A, 10 kA, 400/415 V
MCCB 8	Merlin Gerin	NS400H	NEMA AB-1	400/335 A, 70 kA, 380/415 V
MCCB 9	Merlin Gerin	NB400N	NEMA AB-1	400 A, 25 kA, 380/415 V
MCCB 10	Merlin Gerin	NS400N	NEMA AB-1	400 A, 25 kA, 380/415 V

MCCB 11	Merlin Gerin	NS160N	IEC/EN 60947-2	160 A, 36 kA, 380/415 V
MCCB 12	Merlin Gerin	NS400N	IEC/EN 60947-2	400 A, 50 kA, 380/415 V
MCCB 13	ABB	SACE S2B	IEC 947-2	100 A, 16 kA, 400/415 V
MCCB 14	ABB	SACE S3N	IEC 947-2	200 A, 35 kA, 380/415 V
MCCB 15	Merlin Gerin	NB600N	NEMA AB-1	500 A, 25 kA, 380/415 V
MCCB 16	ABB	SACE	IEC 947-2	630 A, kA, 380/415 V
MCCB 17	ABB	SACE	IEC 947-2	630 A, kA, 380/415 V
MCCB 18	Merlin Gerin	NS100N	IEC 60947-2	50 A, 36 kA, 380/415 V
MCCB 19	Merlin Gerin	NS100N	IEC 60947-2	50 A, 36 kA, 380/415 V
MCCB 20	Merlin Gerin	NS100N	IEC 60947-2	50 A, 36 kA, 380/415 V
MCCB 21	Merlin Gerin	EZC100N	IEC947-2	40 A, 15 kA, 400/415 V
MCCB 22	Merlin Gerin	EZC100N	IEC947-2	40 A, 15 kA, 400/415 V
MCCB 23	Merlin Gerin	EZC100N	IEC947-2	40 A, 15 kA, 400/415 V
MCCB 24	Merlin Gerin	EZC100N	IEC947-2	40 A, 15 kA, 400/415 V
MCCB 25	ABB	SACE S2B	IEC 947-2	25 A, 16 kA, 400/415 V
MCCB 26	ABB	SACE S1B	IEC 947-2	25 A, 16 kA, 400/415 V
MCCB 27	ABB	SACE S1B	IEC 947-2	25 A, 16 kA, 400/415 V
MCCB 28	Schneider Electric	EZO100B	IEC 60947-2	50 A, 7,5/2 kA, 380/415 V
MCCB 29	ABB	SACE S1B	IEC 947-2	25 A, 16 kA, 400/415 V
MCCB 30	ABB	SACE S1B	IEC 947-2	25 A, 16 kA, 400/415 V
MCCB 31	Merlin Gerin	EZC100N	IEC 947-2	25 A, 15 kA, 400/415 V
MCCB 32	Merlin Gerin	EZC100N	IEC 947-2	25 A, 15 kA, 400/415 V
MCCB 33	ABB	SACE S1B	IEC 947-2	100 A, 16 kA, 400/415 V
MCCB 34	ABB	SACE S1B	IEC 947-2	100 A, 16 kA, 400/415 V
MCCB 35	ABB	SACE S1B	IEC 947-2	100 A, 16 kA, 400/415 V
MCCB 36	ABB	SACE S1B	IEC 947-2	100 A, 16 kA, 400/415 V
MCCB 37	ABB	SACE S1B	IEC 947-2	100 A, 16 kA, 400/415 V
MCCB 38	ABB	SACE S1B	IEC 947-2	100 A, 16 kA, 400/415 V
MCCB 39	ABB	SACE S1B	IEC 947-2	100 A, 16 kA, 400/415 V
MCCB 40	ABB	SACE S1B	IEC 947-2	100 A, 16 kA, 400/415 V

(*cos phi*) tidak boleh kurang dari 0,85. Dengan turunnya *cos phi*, menyebabkan perbandingan antara daya aktif (pada resistor) dan daya semu (daya impedansi rangkaian) dimana harus membayar denda besarnya kVARh kepada PLN. Total daya tersalurkan dengan *power factor* 0,85 dengan tegangan di Bus 397,6 V sebesar 58 kW daya aktif, 36 kVar daya reaktif, dan 68 kVa daya semu. *Total motor load* 18 kW, 11 kVar, 22 kVa dan *Total static load* 39 kW, 24 kVar, 46 kVa. Pada simulasi dari *grid* PLN tidak terjadi *overvoltage* atau *undervoltage* pada sistem kelistrikan Kampus II ITN Malang.

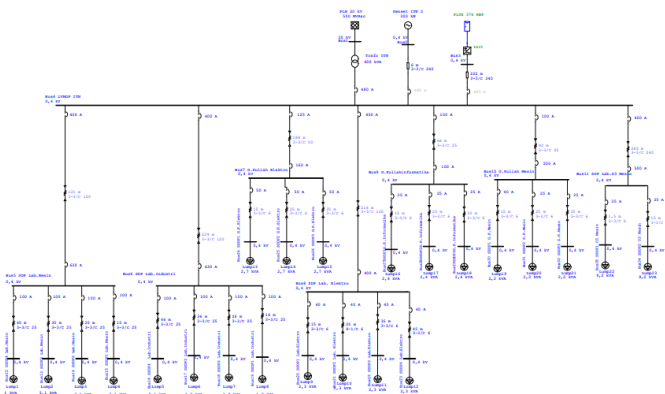
Table 4.1. Hasil Simulasi *Load flow* dari PLN

Bus ID	kV	Voltage		Load Flow Bus		Load		Load Flow				
		% Mag.	An g.	MW	M va r	M W	M va r	ID	MW	Mva r	Am p	% P F
Bus5 SDP Lab. Mesi n	0,400	99,349	-0,2	0	0	0	0	Bus4 LVMD P ITN	-	-	14,8	85,0
								Bus12 SSDP4 Lab. Mesin	0,001	0,001	1,4	85,0
								Bus13 SSDP3 Lab. Mesin	0,003	0,002	4,5	85,0
								Bus14 SSDP2 Lab. Mesin	0,003	0,002	4,5	85,0
								Bus15 SSDP1 Lab. Mesin	0,003	0,002	4,5	85,0
Bus6 SDP Lab. Industri	0,400	99,341	-0,2	0	0	0	0	Bus4 LVMD P ITN	-	-	9,1	85,0
								Bus16 SSDP4 Lab. Industri	0,001	0,000	0,9	85,0
								Bus17 SSDP3 Lab. Industri	0,002	0,001	2,7	85,0
								Bus18 SSDP2 Lab. Industri	0,002	0,001	2,7	85,0
							Bus19 SSDP1 Lab. Industri	0,002	0,001	2,7	85,0	
Bus7 G.K uliah Elektro	0,400	99,270	-0,1	0	0	0	0	Bus4 LVMD P ITN	-	-	11,6	85,0
								Bus24 SSDP1 G.K. Elektro	0,002	0,001	3,9	85,0
								Bus25 SSDP2 G.K. Elektro	0,002	0,001	3,9	85,0
							Bus26 SSDP3 G.K. Elektro	0,002	0,001	3,9	85,0	
Bus8 SDP Lab. Elektro	0,400	99,319	-0,1	0	0	0	0	Bus4 LVMD P ITN	-	-	13,2	85,0
								Bus20 SSDP1 Lab. Elektro	0,002	0,001	3,3	85,0
								Bus21 SSDP2 Lab. Elektro	0,002	0,001	3,3	85,0
								Bus22 SSDP3 Lab. Elektro	0,002	0,001	3,3	85,0
							Bus23 SSDP4 Lab. Elektro	0,002	0,001	3,3	85,0	
Bus9 G.K uliah infor	0,400	99,344	-0,1	0	0	0	0	Bus4 LVMD P ITN	-	-	10,3	85,0

#### IV. HASIL ANALISIS HASIL

##### 4.1. Sumber Energi listrik Kampus II ITN Malang.

Sumber energi listrik kampus II ITN Malang, untuk memenuhi kebutuhan operasionalnya di kampus berasal dari sumber PLN 20 kV yang diturunkan menjadi 400 V menggunakan Transformator *Step Down* dengan daya 400 kVa. Sumber energi listrik kampus II ITN Malang juga di supply dari PLTS *on Grid*, dibangun diatas lahan seluas setengah hektar, sekitar 1.114 panel surya ditargetkan dapat menghasilkan listrik 0,5 Mega Watt peak (MWp) atau 500 Kilo Watt, yang di interkoneksi (*On Grid*) dengan sumber yang dari PLN. Untuk emergencynya di supply dari Genset 200 kW.



Gambar 4.1. *Single Line Diagram* Kelistrikan Kampus II ITN Malang pake ETAP 12.6.0.

##### 4.1.1. Hasil Simulasi *Load flow* PLN

Pada tahap yang pertama ini seperti hasil simulasi *load flow* pada Tabel 4.1, dilakukan simulasi sistem *elektrikal* kampus dengan suplai listrik hanya dari grid PLN 20 kV di *Step down* Transformator daya menjadi 0,4 kV dengan *power rating* Trafo 400 kVA. Dari hasil simulasi tersebut, pada hasil *Load Flow* dapat dilihat apakah rating peralatan-peralatan sudah memenuhi kriteria untuk mengalirkan beban, dengan standart PLN menetapkan besarnya nilai factor daya

matika								Bus27S SDP1G .K.Informatika	0,002	0,001	3,5	85,0
								Bus28S SDP2G .K.Informatika	0,002	0,001	3,4	85,0
								Bus29S SDP3G .K.Informatika	0,002	0,001	3,4	85,0
	Bus10 G.Kuliah Mesin	0,400	99,328	-0,1	0	0	0	0	Bus4 LVMD P ITN	-	-	9,5
								Bus30 SSDP1 G.K.Mesin	0,002	0,001	3,2	85,0
								Bus31 SSDP2 G.K.Mesin	0,002	0,001	3,2	85,0
								Bus32 SSDP3 G.K.Mesin	0,002	0,001	3,2	85,0
Bus11 SDP Lab. D3 Mesin	0,400	99,202	-0,1	0	0	0	0	Bus4 LVMD P ITN	-	-	26,6	85,0
								Bus33 SSDP1 D3 Mesin	0,008	0,005	13,2	85,0
								Bus34 SSDP2 D3 Mesin	0,008	0,005	13,4	85,0

#### 4.1.2. Hasil Simulasi Load flow PLN On Grid PLTS 500 kWp.

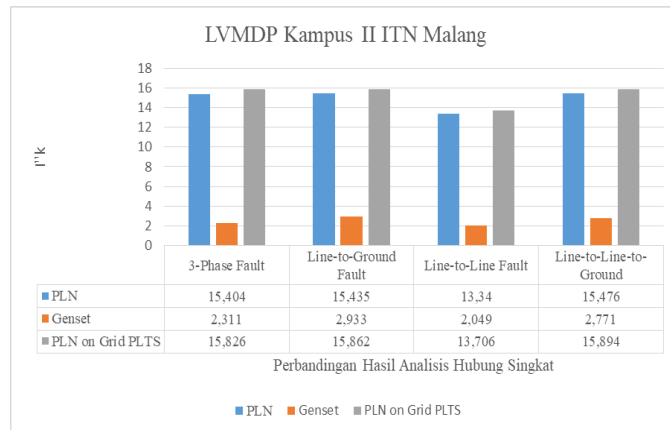
Di power house PLTS terdapat 4 inverter 110 Kva, 100 kW. 3 inverter 374 kWp untuk supply ke kampus II ITN Malang sedangkan 1 inverter 126 kWp untuk supply ke Rusunawa ITN. Total daya tersalurkan dengan power factor 84.99 %, sebesar 56 kW daya aktif, 35 kVar daya reaktif, dan 66 kVa daya semu. Total motor load 18 kW, 11 kVar, 22 kVa dan Total static load 37 kW, 23 kVar, 44 kVa dengan tegangan Bus 399,1 V. Terjadi perubahan kondisi aliran daya yang tersalurkan dan perubahan power factor akibat penetrasi PLTS on grid 500 kWp. Tegangan meningkat dari sebelumnya 397,6 V menjadi 399,1 V dan power factor mengalami peningkatan yang sebelumnya 85,0% menjadi 90,0% di panel LVMDP, kondisi ini membuat power factor dari sisi PLN menurun menjadi 73,5% dari sebelumnya 84,9%. Hal ini membuat supply daya dari PLTS 500 kWp lebih dominan atau lebih besar dibandingkan supply daya grid PLN, dimana daya dari PLTS 500 kWp 39 kW, 19 kVar dengan arus 62 ampere dan daya dari grid PLN 17 kW, 16 kVar dengan arus yang mengalir sebesar 34,2 ampere.

Table 4.2. Hasil Simulasi PLN On Grid PLTS 500 kWp

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amper	% P F
Bus1	20,000	100,000	0,0	0,017	0,016	0	0	Bus4 LVM DP ITN	0,017	0,016	0,7	73,5
Bus3	0,400	100,000	0,0	0,039	0,019	0	0	Bus4 LVM DP ITN	0,039	0,019	62,0	90,0
Bus4 LVMD P ITN	0,400	99,770	0,0	0	0			Bus3	-	-	62,0	90,0
								Bus5 SDP Lab. Mesin	0,009	0,005	14,9	85,0
								Bus6 SDP Lab.I	0,005	0,003	9,1	85,0

Bus5 SDP Lab. Mesin													Industri					0
														Bus7 G.Kuliah Elektro	0,007	0,004	11,7	85,0
														Bus8 SDP Lab. Elektro	0,008	0,005	13,3	85,0
														Bus9 G.Kuliah informatika	0,006	0,004	10,4	85,0
														Bus10 G.Kuliah Mesin	0,006	0,003	9,5	85,0
														Bus11 SDP Lab.D3 Mesin	0,016	0,010	26,6	85,0
														Bus1	-	-	34,2	73,5
														Bus4 LVM DP ITN	0,009	0,005	14,9	85,0
														Bus12 SSDP 4 Lab. Mesin	0,001	0,001	1,4	85,0
														Bus13 SSDP 3 Lab. Mesin	0,003	0,002	4,5	85,0
													Bus14 SSDP 2 Lab. Mesin	0,003	0,002	4,5	85,0	
													Bus15 SSDP 1 Lab. Mesin	0,003	0,002	4,5	85,0	
Bus6 SDP Lab. Industri	0,400	99,711	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bus4 LVM DP ITN	-	-	9,1	85,0	
													Bus16 SSDP 4 Lab.I Industri	0,001	0,000	0,9	85,0	
													Bus17 SSDP 3 Lab.I Industri	0,002	0,001	2,7	85,0	
													Bus18 SSDP 2 Lab.I Industri	0,002	0,001	2,7	85,0	
													Bus19 SSDP 1 Lab.I Industri	0,002	0,001	2,7	85,0	
Bus7 G.Kuliah Elektro	0,400	99,639	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bus4 LVM DP ITN	-	-	11,7	85,0	
													Bus24 SSDP 1 G.K.E lektro	0,002	0,001	3,9	85,0	
													Bus25 SSDP 2 G.K.E lektro	0,002	0,001	3,9	85,0	
													Bus26 SSDP 3 G.K.E lektro	0,002	0,001	3,9	85,0	
Bus8 SDP Lab. Elektro	0,400	99,689	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bus4 LVM DP ITN	-	-	13,3	85,0	
													Bus20 SSDP 1 Lab.E lektro	0,002	0,001	3,3	85,0	
													Bus21 SSDP 2	0,002	0,001	3,3	85,0	

								2 Lab. Elektro				0
								Bus22 SSDP 3 Lab. Elektro	0,002	0,001	3,3	85,0
								Bus23 SSDP 4 Lab. Elektro	0,002	0,001	3,3	85,0
Bus 9 G.K ulia himf ormatika	0,400	99,713	0,0	0	0	0	0	Bus4 LVM DP ITN	-0,006	-0,004	10,4	85,0
								Bus27 SSDP 1G.K. Informatika	0,002	0,001	3,5	85,0
								Bus28 SSDP 2G.K. Informatika	0,002	0,001	3,5	85,0
								Bus29 SSDP 3G.K. Informatika	0,002	0,001	3,5	85,0
Bus 10 G.K ulia h Mesin	0,400	99,698	0,0	0	0	0	0	Bus4 LVM DP ITN	-0,006	-0,003	9,5	85,0
								Bus30 SSDP 1 G.K. Mesin	0,002	0,001	3,2	85,0
								Bus31 SSDP 2 G.K. Mesin	0,002	0,001	3,2	85,0
								Bus32 SSDP 3 G.K. Mesin	0,002	0,001	3,2	85,0
Bus 11 SD P Lab D3 Mesin	0,400	99,571	0,0	0	0	0	0	Bus4 LVM DP ITN	-0,016	-0,010	26,6	85,0
								Bus33 SSDP 1 D3 Mesin	0,008	0,005	13,2	85,0
								Bus34 SSDP 2 D3 Mesin	0,008	0,005	13,3	85,0



Gambar 4.1. Grafik perbandingan dari kontribusi arus hubung singkat ke-3 sumber listrik kampus di Panel LVMDP.

#### 4.2. Pengaruh Penetrasi terhadap saluran (Cable)

Pengaruh penetrasi PLTS on grid 500 kWp akan berdampak terhadap peningkatan arus ke setiap saluran cable seperti pada Table 4.4, tetapi karena pemakaian beban kampus yang tidak terlalu besar, maka peningkatan arus ke setiap saluran masih dalam jangkauan KHA sistem kelistrikan kampus II ITN Malang.

Table 4.4. Peningkatan arus ke setiap saluran (cable) akibat penetrasi PLTS on grid 500 kWp.

ID	keterangan	PLN		PLN on Grid PLTS 500 kWp	
		Loading Ampere	%	Loading Ampere	%
Sal.3-4		-	-	62,04	4,31
Sal.4-5	Cable	14,84	1,60	14,86	1,60
Sal.4-6	Cable	9,08	0,98	9,09	0,98
Sal.4-7	Cable	11,64	2,26	11,66	2,26
Sal.4-8	Cable	13,22	1,43	13,25	1,43
Sal.4-9	Cable	10,35	2,44	10,37	2,45
Sal.4-10	Cable	9,49	2,24	9,51	2,25
Sal.4-11	Cable	26,57	2,86	26,56	2,86
Sal.5-12	Cable	1,44	0,42	1,44	0,42
Sal.5-13	Cable	4,47	1,30	4,47	1,30
Sal.5-14	Cable	4,47	1,30	4,47	1,30
Sal.5-15	Cable	4,47	1,30	4,47	1,30
Sal.6-16	Cable	0,86	0,25	0,86	0,25
Sal.6-17	Cable	2,74	0,80	2,74	0,80
Sal.6-18	Cable	2,74	0,80	2,74	0,80
Sal.6-19	Cable	2,74	0,80	2,74	0,80
Sal.7-24	Cable	3,88	2,59	3,89	2,60
Sal.7-25	Cable	3,88	2,59	3,89	2,60
Sal.7-26	Cable	3,88	2,59	3,89	2,60
Sal.8-20	Cable	3,31	2,21	3,31	2,21
Sal.8-21	Cable	3,31	2,21	3,31	2,21
Sal.8-22	Cable	3,31	2,21	3,31	2,21
Sal.8-23	Cable	3,30	2,21	3,31	2,21
Sal.9-27	Cable	3,45	2,30	3,46	2,31
Sal.9-28	Cable	3,45	2,30	3,46	2,31
Sal.9-29	Cable	3,45	2,30	3,46	2,31
Sal.10-30	Cable	3,16	2,11	3,17	2,12
Sal.10-31	Cable	3,16	2,11	3,17	2,12
Sal.10-32	Cable	3,16	2,11	3,17	2,12
Sal.11-33	Cable	13,21	8,82	13,24	8,84
Sal.11-34	Cable	13,35	8,91	13,32	8,89

#### 4.1.3. Hasil Simulasi Load Flow Genset

Pada saat kelistrikan Kampus II ITN malang Mengalami Pemadaman dari PLN, listrik Kampus akan di back up dengan emergency Genset 250 kVA, 200 kW. Total daya tersalurkan dengan power factor 85,02 %, sebesar 56 kW daya aktif, 35 kVar daya reaktif ,dan 66 kVa daya semu. Total motor load 18 kW,11 kVar, 22 kVa dan Total static load 38 kW, 23 kVar, 44 kVa dengan tegangan 400 V.

#### 4.1.4. Hasil Simulasi Short Circuit di panel LVMDP ITN Malang.

Dengan memberi gangguan di semua bus, tetapi karena kontribusi arus gangguan terbesar terjadi di bus LVMDP, dimana gangguan dua fasa ke tanah, sebesar 15,894 kA. sedangkan bus SDP dan bus SSDP terjadi peningkatan terbesar di 3 fasa. maka bus LVMDP akan dijadikan sampel perbandingan dari kontribusi arus hubung singkat ke-3 sumber listrik kampus.



4.3. . Koordinasi kerja peralatan proteksi kelistrikan Kampus-II ITN Malang.

Arus hubung singkat tertinggi dari hasil simulasi hubung singkat 4.1.4 yang dimana gangguan 3 fasa di bus SDP dan bus SSDP setelah penetrasi PLTS *on grid* 500 kWp akan dijadikan patokan untuk simulasi *Star-Protective device coordinatioan* MCCB. Dimana koordinasi selektif terhadap arus dan waktu (*ms*) dengan 3 *Device Protective*, memberi *faulth* atau memberi gangguan dari Bus beban seperti pada Tabel 4.5. Dari hasil simulasi dapat dilihat koordinasi waktu *Trip* MCCB di gedung Lab.mesin, Lab.industri, gedung kuliah mesin dan Gedung kuliah informatika tidak berurutan,karena rating MCCB di Panel SDP gedung tersebut lebih besar dibandingkan MCCB di Panel LVMDP.

Tabel 4.5. Koordinasi *Breaking* MCCB terhadap arus dan waktu (*ms*)

ID Gedung	Fault	Urutan <i>Trip</i> MCCB		Hasil Koordinasi Simulasi Etap 12.6.0		
		Urutan <i>Trip</i>	ID MCCB	<i>I<sub>f</sub></i> (kA)	<i>T<sub>1</sub></i> (ms)	<i>T<sub>2</sub></i> (ms)
SDP Lab.Mesin	Lump 1	1	MCCB36	7.197	0,0	15,0
		2	MCCB16	7.175	15,0	70,0
		3	MCCB10	7.175	10,0	40,0
	Lump 2	1	MCCB35	7.800	0,0	15,0
		2	MCCB16	7.782	15,0	70,0
		3	MCCB10	7.782	10,0	40,0
	Lump 3	1	MCCB34	8.502	0,0	15,0
		2	MCCB16	8.483	15,0	70,0
		3	MCCB10	8.483	10,0	40,0
	Lump 4	1	MCCB33	9.317	0,0	15,0
		2	MCCB16	9.296	15,0	70,0
		3	MCCB10	9.296	10,0	40,0
SDP Lab.Industri	Lump 5	1	MCCB37	5.913	0,0	15,0
		2	MCCB17	5.899	15,0	70,0
		3	MCCB9	5.899	10,0	40,0
	Lump 6	1	MCCB38	6.320	0,0	15,0
		2	MCCB17	6.309	15,0	70,0
		3	MCCB9	6.309	10,0	40,0
	Lump 7	1	MCCB39	6.783	0,0	15,0
		2	MCCB17	6.771	15,0	70,0
		3	MCCB9	6.771	10,0	40,0
	Lump 8	1	MCCB40	7.308	0,0	15,0
		2	MCCB17	7.296	15,0	70,0
		3	MCCB9	7.296	10,0	40,0
Lab. Elektro	Lump 9	1	MCCB21	5.499	0,0	10,0
		2	MCCB12	5.491	10,0	40,0
		3	MCCB5	5.491	10,0	40,0
	Lump 10	1	MCCB22	4.373	0,0	11,0
		2	MCCB12	4.367	10,0	60,0
		3	MCCB5	4.367	10,0	60,0
	Lump 11	1	MCCB23	3.621	0,0	12,0
		2	MCCB12	3.616	10,3	60,0
		3	MCCB5	3.616	10,3	60,0
	Lump 12	1	MCCB24	3.082	0,0	12,8
		2	MCCB12	3.077	20,0	60,0
		3	MCCB5	3.077	20,0	60,0
G.Kuliah Elektro	Lump 13	1	MCCB18	4.250	0,0	13,3
		2	MCCB11	4.245	0,0	17,5
		3	MCCB4	4.245	0,0	16,5
	Lump 14	1	MCCB19	3.530	0,0	14,1
		2	MCCB11	3.525	0,0	18,3
		3	MCCB4	3.525	0,0	17,2
Lump 15	1	MCCB20	3.014	0,0	14,8	
	2	MCCB11	3.010	0,0	19,0	

G. Kuliah Informatika	Lump 16	3	MCCB4	3.010	0,0	17,9
		1	MCCB25	5.615	0,0	15,0
		2	MCCB13	-	-	-
	Lump 17	3	MCCB6	5.610	0,0	9,7
		1	MCCB26	4.428	0,0	15,0
		2	MCCB13	-	-	-
	Lump 18	3	MCCB6	4.424	0,0	11,0
		1	MCCB27	3.645	0,0	15,0
		2	MCCB13	-	-	-
G.Kuliah Mesin	Lump 19	3	MCCB6	3.642	0,0	12,3
		1	MCCB28	5.004	0,0	15,0
		2	MCCB14	-	-	-
	Lump 20	3	MCCB7	5.000	8,0	20,0
		1	MCCB29	4.033	0,0	15,0
		2	MCCB14	-	-	-
	Lump 21	3	MCCB7	4.030	8,0	20,0
		1	MCCB30	3.372	0,0	15,0
		2	MCCB14	-	-	-
Lab. D3 Mesin	Lump 22	3	MCCB7	3.369	8,0	20,0
		1	MCCB31	7.390	0,0	6,8
		2	MCCB15	7.330	8,0	20,0
	Lump 23	3	MCCB8	7.330	10,0	40,0
		1	MCCB32	5.120	0,0	8,0
		2	MCCB15	5.109	10,0	40,0
		3	MCCB8	5.109	10,0	60,0

V. KESIMPULAN

- Terjadi peningkatan arus hubung singkat akibat penetrasi PLTS *On Grid* 500 kWp, dengan gangguan terbesar terjadi di gangguan dua fasa ke tanah, sebesar 15,894 kA di Bus4 LVMDP ITN. Sementara di bus SDP dan bus SSDP setiap gedung kampus II ITN Malang yang paling tinggi adalah gangguan tiga fasa.
- Terjadi perubahan kondisi aliran daya yang tersalurkan dimana *supply* PLTS *on grid* 500 kWp lebih dominan atau lebih besar dibandingkan *supply* daya *grid* PLN atau *supply* daya dari PLN menurun, dimana daya dari PLTS 500 kWp 39 kW, 19 kVar dengan arus 62 ampere dan daya dari grid PLN 17 kW, 16 kVar dengan arus yang mengalir sebesar 34,2 ampere dan terjadi peningkatan arus ke saluran (*cable*).
- Pengaruh peningkatan arus hubung singkat masih dalam jangkauan sistem proteksi (MCCB) kampus II ITN Malang, karena pemakaian beban kampus yang tidak terlalu besar dan desain sistem kelistrikan kampus yang dibuat *over design* untuk persiapan pengembangan kampus yang akan datang.
- Koordinasi selektif arus dan waktu MCCB sistem Proteksi kampus II ITN Malang, ada beberapa gedung yang koordinasi *tripping* MCCBnya yang tidak berurutan, seperti di gedung Lab.mesin, Lab.industri, gedung kuliah mesin dan Gedung kuliah informatika. Hal ini diakibatkan karena kapasitas rating MCCB di panel SDP gedung tersebut lebih besar dibandingkan dengan kapasitas MCCB *incoming* di panel LVMDP.

## Referensi

- [1] Hasanah, A. W., Hariyati, R., & Qosim, M. N. (2019). Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid dengan Gedung STT-PLN. *Energi & Kelistrikan*, 11(1), 17-26.
- [2] Eltawil, M. A., & Zhao, Z. (2010). Grid-connected photovoltaic power systems: Technical and potential problems—A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 14(1), 112-129.
- [3] Adrianti, A. (2016). Evaluasi Keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang Terhubung ke Grid. *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*, 5(2), 230-236.
- [4] Laginda, R. B., Tumaliang, H., & Silimang, S. (2018). Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20 KV Di Kota Tahuna. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 7(2), 93-102.
- [5] Nisa, A. N. A., Marwan, M., & Idris, A. R. (2019). Analisis sistem proteksi di PT. PLN (Persero) sektor pembangkitan kendari unit PLTD Wua Wua. *TEKNO: Jurnal Teknologi Elektro dan Kejuruan*, 29(2), 177-189.
- [6] Sugianto, S., & Muis, A. (2021). INSTALASI LISTRIK PADA GEDUNG BERTINGKAT. *SINUSOIDA*, 23(1), 40-49.
- [7] Dermawan, E., & Nugroho, D. (2017). Analisa koordinasi over current relay dan ground fault relay di sistem proteksi feeder gardu induk 20 kV Jababeka. *eLEKTUM*, 14(2), 43-48.
- [8] Sampeallo, A. S., Nursalim, N., & Fischer, P. J. (2019). Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Pemakaian Sendiri Pltu Bolok PT. Smse (Ipp) Unit 3 dan 4 Menggunakan Software Etap 12.6. 0. *Jurnal Media Elektro*, 79-88.
- [9] Badaruddin, B. (2017). ANALISA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6. 0 PADA PT X. *Jurnal Teknik*, 5(1).
- [10] Aribowo, B. T., Setiawidayat, S., & Muksim, M. (2018, October). Simulasi dan Analisis Load Flow Sistem Interkoneksi Kalimantan Timur Menggunakan Software ETAP 12.6. In *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)* (Vol. 1, No. 1, pp. 626-633).
- [11] Saputra, E., Susilawati, S., Adam, M., & Dalimunthe, A. M. (2020). Studi Analisa Gangguan Hubung Singkat Dengan Menggunakan Metode MVAhS (Hubung Singkat). *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 3(1), 26-32.
- [12] Syah, F. R., Haryudo, S. I., Kartini, U. T., & Kholis, N. (2021). ANALISIS HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PT. PERTAMINA EP ASSET 4 FIELD CEPU DISTRIK LEDOK MENGGUNAKAN ETAP 12.6. 0. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 10(3), 699-706.
- [13] Novikaginanto. (2012, Maret 24). *ETAP (Electric Transient Analysis Program)*. Retrieved from novikaginanto.wordpress.com: <http://novikaginanto.wordpress.com/2012/03/24/etap-electric-transient-analysis-program/>
- [14] Prameswara, H. T., Rahardjo, A., Larasati, N., & Husnayain, F. (2021). Impactt of 5 MWp Solar Power Plant Interconnection on Power Flow and Short Circuit Interruption in the 20 kV Medium Voltage Network at Area X Power System. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 18(1), 31-46.

- [15] Namangolwa, L., & Begumisa, E. (2016). *Impacts of Solar Photovoltaic on the Protection System of Distribution Networks-A case of the CIGRE low voltage network and a typical medium voltage distribution network in Sweden* (Master's thesis).

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Mowol tanggal 28 Agustus 1999 dari pasangan Bapak Stanislaus Sukur dan Ibu Bibiana Bibu. Penulis mulai bersekolah di SDK Paka-Satarmese-Manggarai pada tahun 2006 dan lulus pada tahun 2012. Kemudian melanjutkan ke SMP Seminari Pius XII Kisol pada tahun 2012 dan lulus pada tahun 2015. Hingga kemudian penulis melanjutkan lagi studinya ke SMAN 1 Langke Rembong Kota Ruteng-Manggarai. Penulis melanjutkan lagi di perguruan tinggi Institut Teknologi Nasional Malang dan memilih program studi Teknik Elektro S-1 konsentrasi Teknik Enegi listrik pada tahun 2020. Pada bulan Maret 2022 penulis lulus dari Institut Teknologi Nasional Malang dengan judul skripsi “EVALUASI SYSTEM PROTEKSI TENAGA LISTRIK KAMPUS-II ITN MALANG AKIBAT PENETRASI PLTS ON-GRID 500 KWP”. Email penulis : tinojaksu@gmail.com