

# Perancangan Instalasi Listrik *Hybrid* Menggunakan Sumber Jaringan Listrik PLN dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Bangunan Gedung Sekolah SMPN 7 Kota Tarakan

Sugeng Riyanto<sup>1</sup>, Imam Aji Pangestu<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan, Jl. Amal Lama No. 1, Kalimantan Utara, Indonesia

email: sugeng072.sr@gmail.com<sup>1</sup>, imamteknik2017@gmail.com<sup>2</sup>

**Abstrak** - Perancangan instalasi listrik pada bangunan gedung sekolah SMPN 7 kota tarakan menghasilkan total daya dari bangunan lantai 1,2 dan 3 sebesar 53,219 kW dengan kapasitas MCCB utama pada panel MDP sebesar 125 A. Pada setiap lantai terdiri dari 3 fasa R, S, T yang terhubung pada panel pembagi beban SDP. Luas penampang kabel yang digunakan adalah 16 mm<sup>2</sup> pada MCCB utama panel MDP, kemudian 4 mm<sup>2</sup> ke panel SDP dan 2,5 mm<sup>2</sup> dari panel SDP menuju ke masing-masing beban instalasi. Pada nilai grounding instalasi didapatkan hasil 2 ohm. Pada perancangan PLTS *hybrid* menanggung beban instalasi penerangan gedung lantai 1, 2 dan 3 sebesar 23,376 kW. Dengan TCF array surya 98 % dan  $PV_{area}$  seluas 200,88 M<sup>2</sup> dengan jumlah modul surya berkapasitas 340  $W_p$  sebanyak 104 modul dan daya yang dibangkitkan sebesar 35133,91  $W_p$ . Jumlah dan kapasitas SCC yang digunakan adalah 7 buah SCC 100 A. Sedangkan kapasitas dan jumlah baterai adalah 104 baterai ukuran 2 V 1000 AH. Dengan kapasitas inverter sebesar 30 kW dan Kemiringan array surya pada lokasi penelitian didapatkan maksimum 20,45°.

**Kata Kunci** - Perancangan instalasi listrik, PLTS *hybrid*

**Abstract** - The design of electrical installations in the SMPN 7 school building in Tarakan produces a total power of the 1,2 and 3rd floor buildings of 53,219 kW with the main MCCB capacity on the MDP panel of 125 A. Each floor consists of 3 connected phases R, S, T. on the SDP load divider panel. The cross-sectional area of the cable used is 16 mm<sup>2</sup> for the main MCCB of the MDP panel, then 4 mm<sup>2</sup> for the SDP panel and 2.5 mm<sup>2</sup> for the SDP panel for each installation load. At the installation grounding value, the result is 2 ohms. In the design of the PLTS hybrid will bear the burden of lighting installations on the 1st, 2nd and 3rd floor buildings of 23,376 kW. With a solar array TCF of 98% and an  $PV_{area}$  of 200.88 m<sup>2</sup> with a total solar module capacity of 340  $W_p$  as many as 104 modules and the power generated is 35133.91  $W_p$ . The number and capacity of SCC used are 7 SCC 100 A While the capacity and number of batteries is 104 batteries of size 2 V 1000 AH. With an inverter capacity of 30 kW and the slope of the solar array at the research location, the maximum obtained is 20.45°.

**Keywords** - Electrical installation design, PLTS *hybrid*

## I. PENDAHULUAN

Demi meningkatkan mutu pendidikan di Kota Tarakan maka pemerintah terus berupaya dalam membangun infrastruktur seperti gedung sekolah, demi untuk menunjang proses kegiatan belajar mengajar. Salah satu hal terpenting dalam proses pembangunan fasilitas seperti gedung hunian maupun fasilitas publik selain melihat dari aspek desain dan strukturnya penting juga dilakukan analisa dan perancangan sistem kelistrikanya. Pada pemasangan instalasi listrik tersebut harus memenuhi standarisasi yaitu standar nasional Indonesia (SNI), Untuk standarisasi di bidang teknik listrik merujuk pada *International Electrotechnical Commission* (IEC), Standar pemasangan instalasi di Indonesia merujuk pada

Standar perusahaan listrik Negara (SPLN) yang terdapat pada persyaratan umum instalasi listrik PUIL 2000 [1]. Dalam merancang instalasi listrik dapat dikombinasikan menggunakan sumber energi alternatif sehingga dalam sebuah jaringan instalasi listrik terdapat dua macam sumber energi, yaitu pembangkit listrik tenaga surya dengan jaringan listrik PLN hal ini dapat disebut sebagai kombinasi *Hybrid*.

## II. METODE

### A. Perancangan Instalasi Listrik

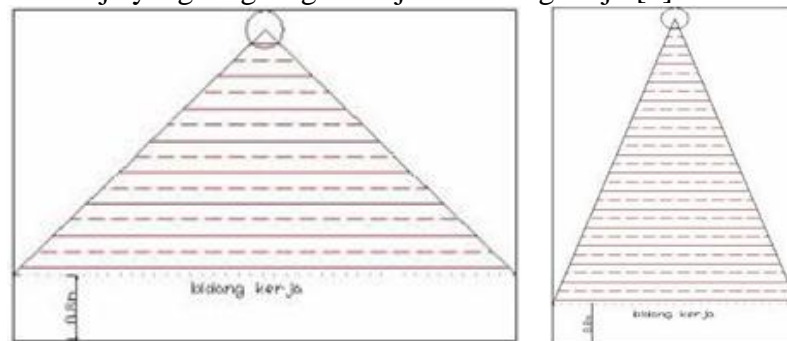
Perancangan instalasi listrik adalah suatu rangkaian yang dimaksudkan untuk keperluan mengalirkan listrik guna memenuhi kebutuhan manusia. Di mana terdapat persyaratan umum instalasi listrik PUIL 1964, 1977, 1987, 2000 serta 2011 yang merupakan revisi dari PUIL 2000. Peralatan listrik juga harus memenuhi standard nasional Indonesia (SNI), serta memenuhi standard IEC selaku standard kelistrikan secara internasional.

### B. Peralatan Instalasi Listrik

Untuk merancang kebutuhan instalasi listrik diperlukan beberapa komponen [2], antara lain benda isolasi, pipa instalasi, benda-benda bantu (kotak sambung, klem, tule, lasdop), saklar dan stopkontak.

### C. Sistem Penerangan

Proses penyebaran cahaya yang keluar dari suatu sumber cahaya tergantung pada bentuk konstruksi sumber cahaya itu sendiri, dan berhubungan pula dengan bentuk armatur yang digunakan. Untuk menentukan intensitas penerangan yang tepat harus terlebih dahulu ditentukan di mana penerangan itu difungsikan atau diaplikasikan pada jenis pekerjaan apa. Semakin tinggi letak armatur penerangan yang menjauhi bidang kerja maka fluks cahayanya hanya sebagian kecil saja yang langsung menuju ke bidang kerja [3].



Gambar 1. Pembagian Fluks Cahaya

### D. Faktor-Faktor Refleksi Penerangan

Pada sistem penerangan terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi fluks cahaya yang diakibatkan oleh refleksi bidang kerja. Terdapat 3 macam faktor refleksi [3].

1. Faktor reflesi langit-langit  $r_p$
2. Faktor refleksi dinding  $r_w$
3. Faktor refleksi lantai  $r_m$

TABEL 1. EFISIENSI PENERANGAN BARU

Efisiensi Penerangan untuk Keadaan baru											Faktor Depresiasi Untuk Masa Pemeliharaan			
Armatur penerangan sebagian besar langsung	V (%)	K	rp 0,7			rp 0,5			rp 0,3			1 tahun	2 tahun	3 tahun
			rw 0,5	rw 0,3	rw 0,1	rw 0,5	rw 0,3	rw 0,1	rw 0,5	rw 0,3	rw 0,1			
			rm 0,1			rm 0,1			rm 0,1					
GCB		0,5	0,32	0,26	0,22	0,29	0,24	0,21	0,27	0,23	0,20	Pengeboran ringan		

		0,6	0,37	0,31	0,27	0,35	0,30	0,26	0,32	0,28	0,25			
		0,8	0,46	0,41	0,36	0,43	0,38	0,45	0,40	0,36	0,33	0,9	0,8	0,75
		1,0	0,53	0,48	0,44	0,49	0,45	0,52	0,46	0,42	0,39			
		1,2	0,58	0,52	0,48	0,54	0,49	0,46	0,50	0,46	0,43			
		1,5	0,62	0,58	0,54	0,58	0,54	0,51	0,54	0,51	0,48	Pengeboran sedang		
	22	2	0,68	0,64	0,60	0,63	0,50	0,57	0,58	0,55	0,53	0,8	0,75	0,7
	↑	2,5	0,71	0,67	0,64	0,65	0,63	0,60	0,61	0,59	0,57			
	87	3	0,73	0,70	0,67	0,68	0,65	0,63	0,63	0,61	0,59	Pengeboran berat		
	↓	4	0,76	0,74	0,71	0,71	0,60	0,67	0,65	0,64	0,62	x	x	x
	65	5	0,78	0,76	0,74	0,72	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64			

**E. Indeks Ruang atau Indeks Bentuk (K)**

Untuk menghitung jumlah titik lampu maka terlebih dahulu harus ditentukan data-data ruangan sebagai berikut:

1. Tinggi langit-langit (t)
2. Tinggi lampu di atas bidang kerja (h)
3. Tinggi bidang kerja setinggi kurang lebih 80 cm atau 0,8 meter.

Tinggi dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 [3]

$$h = t - 0,8 \text{ meter} \tag{1}$$

Indek ruang atau bentuk dapat dihitung di dalam Persamaan 2 dan 3 [3].

$$k = \frac{p \cdot l}{h(p+l)} \tag{2}$$

$$\eta = \eta_1 + \frac{k - k_1}{k_2 - k_1} (\eta_2 - \eta_1) \tag{3}$$

dengan

k = Indeks ruang/ indeks bentuk

p = Panjang ruangan dalam m (meter)

l = Lebar ruangan dalam m (meter)

h = Tinggi lampu di atas bidang kerja (m)

η = Efisiensi penerangan

**F. Faktor Penyusutan atau Depresiasi**

Perhitungan faktor penyusutan/depresiasi dapat dinyatakan dalam Persamaan 4 [3].

$$d = \frac{E \text{ dalam keadaan dipakai}}{E \text{ dalam keadaan baru}} \tag{4}$$

**G. Penentuan Titik Armatur atau Lampu**

Titik armatur/lampu dapat dihitung dalam Persamaan 5 [3].

$$n = \frac{E \cdot A}{\Phi \cdot \eta \cdot d} \tag{5}$$

dengan

n = Jumlah titik armatur lampu

E = Intensitas penerangan/iluminasi

A = Luas ruangan (panjang x lebar = m<sup>2</sup>)

Φ= fluks cahaya (lumen)

d = depresiasi atau faktor penyusutan

**H. Menghitung Arus Nominal dan KHA**

Arus nominal (I<sub>n</sub>) baik 1 fasa maupun 3 fasa untuk menentukan pengaman MCB/MCCB dapat dihitung menggunakan Persamaan 6 dan 7 [4].

$$1 \text{ fasa} = \frac{P}{V \cdot \cos\phi} = I_n \tag{6}$$

$$3 \text{ fasa} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = I_n \tag{7}$$

Sedangkan KHA kabel dapat dihitung menggunakan Persamaan 8 [10].

$$\text{KHA} = 125 \% \cdot I_n \quad (8)$$

### I. Luas Penampang Kabel

Luas penampang kabel baik 1 fasa maupun 3 fasa dapat dihitung menggunakan Persamaan 9 dan 10 [4].

$$1 \text{ fasa} = \frac{2 \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot u} \cdot \text{Jumlah} (I \cdot \ell) \quad (9)$$

$$3 \text{ fasa} = \frac{\sqrt{3} \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot u} \cdot \text{Jumlah} (I \cdot \ell) \quad (10)$$

Di mana:

$A$  = Luas penampang penghantar

$\gamma$  = Tahanan jenis penghantar (tembaga =  $50 \times 10^6$ ) [4]

$\ell$  = Panjang penghantar (m)

$I$  = Arus nominal ( $I_n$ )

$u$  = Rugi-rugi tegangan dalam penghantar 5 % [6]

$\cos\varphi$  = Faktor daya

### J. Pentanahan (Grounding)

Pentanahan (grounding) adalah cara mengamankan peralatan atau rangkaian dengan cara dihubungkan ketanah. Pada penelitian ini menggunakan elektroda batang sebagai elektroda pentanahannya di mana terbuat dari batang tembaga atau pipa galvanis berdiameter minimal 1 sampai 2 inci [6]. Nilai tahanan pentanahan pada elektroda batang dapat dihitung menggunakan Persamaan 11 [12].

$$R_G = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[ \ln \left( \frac{A_{LR}}{A_R} \right) - 1 \right] \quad (11)$$

Untuk memperkecil nilai tahanan pada elektroda batang dapat dihubungkan paralel sehingga dapat digunakan Persamaan 12 dalam perhitungannya [6].

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (12)$$

dengan

$R_G$  = Tahanan pentanahan (Ohm)

$\rho$  = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

$\ln$  = Logaritmus (dasar  $e = 2,7182818$ )

$L_R$  = Panjang elektroda (meter)

$A_R$  = Diameter elektroda (meter)

### K. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS merupakan seperangkat peralatan pembangkit listrik yang dapat merubah energi elektromagnetik atau pancaran radiasi matahari menjadi energi listrik [9]. Secara umum PLTS terdiri dari komponen modul surya, *solar charge controller* (SCC), baterai, inverter dan beberapa komponen pendukung lainnya. Ada 3 jenis konfigurasi pemasangan PLTS yaitu:

1. PLTS on Grid
2. PLTS off Grid (*Stand alone*)
3. PLTS *hybrid*

### L. Perancangan PLTS Hybrid

PLTS *Hybrid* sebuah integrasi atau penggabungan antara sumber listrik hasil pembangkitan PLTS dengan kombinasi listrik lain, pada penelitian ini menggunakan PLTS *hybrid* dengan sistem on grid dan back up berupa baterai yang terkoneksi dengan jaringan

listrik PLN. Berikut ini merupakan gambar skema perancangan PLTS *hybrid* pada penelitian ini:

#### M. Array Surya

Sel surya (*solar cell*) merupakan sebuah komponen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dengan proses efek *photovoltaic* [9].

##### 1. Temperatur correction factor (TCF)

Sebuah modul surya dapat beroperasi secara maksimal apabila suhu/temperatur yang diterimanya tetap pada temperatur 25°C. Jika terjadi kenaikan temperatur dari temperatur normal maka akan melemahkan tegangan  $V_{oc}$  yang dihasilkan. Setiap kenaikan 1°C dari 25°C dapat mengurangi daya output sekitar 0,5% [5]. TCF dapat dihitung menggunakan Persamaan 20 [5].

$$P_{saat\ t\ naik\ ^\circ C} = 0,5\% \text{ per } ^\circ C \cdot P_{Mpp} \cdot \text{Kenaikan temperatur } (^\circ C) \quad (18)$$

$$P_{Mpp\ saat\ t\ naik\ t^\circ C} = P_{MPP} - P_{saat\ t\ naik\ ^\circ C} \quad (19)$$

$$TCF = \frac{P_{mpp\ saat\ t\ naik\ t^\circ C}}{P_{mpp}} \quad (20)$$

##### 2. Area array ( $PV_{area}$ )

Jika beban telah diketahui maka dapat dicari  $PV_{area}$  dengan Persamaan 21 [11].

$$PV_{area} = \frac{E_L}{G_{av} \cdot \eta_{PV} \cdot TCF \cdot \eta_{out}} \quad (21)$$

Di mana:

$E_L$  = Besar pemakaian energi listrik (kWh/hari)

$G_{av}$  = Insolasi/irradiance matahari (kWh/m<sup>2</sup>)

$\eta_{PV}$  = Efisiensi modul surya (%)

$\eta_{out}$  = Efisiensi output/ inverter (%)

##### 3. Daya yang dibangkitkan array surya

Dari hasil perhitungan area array  $PV_{Area}$  maka selanjutnya dapat diketahui besar daya output array surya dicari menggunakan persamaan rumus [11].

$$P_{watt\ peak} = PV_{area} \cdot STC \cdot \eta_{PV} \quad (22)$$

Di mana:

STC = *Standart test conditions* (1000 W/m<sup>2</sup>)

$\eta_{PV}$  = Efisiensi modul surya (%)

##### 4. Jumlah modul surya

Selanjutnya berdasarkan daya yang dibangkitkan  $P_{watt\ peak}$ , maka jumlah modul surya yang diperlukan dihitung dengan Persamaan 23 [11].

$$\text{Jumlah modul surya} = \frac{P_{watt\ peak}}{P_{Mpp}} \quad (23)$$

Di mana:

$P_{watt\ peak}$  = Daya output array surya

$P_{Mpp}$  = Daya maksimum modul surya

#### N. Solar Charge Controller (SCC)

*Solar charge controller* ini merupakan alat yang digunakan sebagai pengontrol pengisian atau pengosongan baterai dengan cara mengatur arus dan tegangan yang diperoleh dari array surya.

Pada perhitungan kapasitas SCC terdapat 3 hal utama yang harus disesuaikan yaitu arus, tegangan dan daya yang mampu di-input dari array surya ke SCC sebagai pengontrol pengisian baterai. Kapasitas SCC dapat dihitung dengan Persamaan 24, 25, dan 26.

$$I_{SCC} = I_{SC\ PV} * \text{Jumlah paralel modul surya} \quad (24)$$

$$V_{SCC} = V_{OC\ PV} * \text{Jumlah seri modul surya} \quad (25)$$

$$PV_{rating} = \text{Jumlah modul} * P_{mpp} \quad (26)$$

Di mana:

$$I_{SC\ PV} = \text{arus hubung singkat } (I_{SC}) \text{ PV}$$

$$V_{OC\ PV} = \text{tegangan } open\ circuit\ (V_{OC}) \text{ PV}$$

$$PV_{rating} = \text{rating daya input PV ke SCC}$$

#### O. Baterai

Baterai dalam sistem PLTS berfungsi sebagai penyimpan hasil konversi energi surya menjadi energi listrik. Terdapat dua siklus kerja baterai yaitu pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*) [10]. Perhitungan kapasitas dan jumlah baterai dapat menggunakan Persamaan 27.

$$B_C = \frac{E_L}{V_B \cdot DOD \cdot \eta} \quad (27)$$

Di mana:

$$B_C = \text{Kapasitas baterai (Battery capacity)}$$

$$E_L = \text{Besarnya pemakaian energi listrik (Wh/hari)}$$

$$V_B = \text{Tegangan baterai (V)}$$

$$DOD = \text{Kedalaman pengosongan baterai (\%)}$$

$$\eta = \text{Efisiensi inverter (\%)}$$

Setelah mengetahui kapasitas baterainya selanjutnya adalah menghitung banyaknya baterai yang digunakan

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{B_C}{Ah_{Baterai}} \quad (28)$$

dengan

$$B_C = \text{Kapasitas baterai (Battery capacity)}$$

$$Ah_{Baterai} = \text{kapasitas per satuan baterai (Ampere hour/Ah)}$$

#### P. Inverter

Pada sistem PLTS, inverter merupakan komponen inti karena dapat mengkonversi arus DC menjadi arus AC biasanya dengan tegangan umumnya 220/380 V. Sehingga penghubung antara grid PLN dengan PLTS adalah inverter. Kapasitas inverter dapat dihitung menggunakan Persamaan 29 [7].

$$P_{inverter} = \text{daya beban} * 1,25 \quad (29)$$

dengan:

$$\text{Daya beban} = \text{beban instalasi penerangan (kW)}$$

$$1,25 = \text{faktor keamanan (safety)}$$

#### Q. Kemiringan array Surya (Tilt Angle)

Kemiringan sudut array surya atau tilt angle dapat dihitung menggunakan persamaan 30 dan 31 [8].

$$\alpha = 90^\circ + \text{Lat} - \delta \quad (30)$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha \quad (31)$$

Di mana:

$$\alpha = \text{altitude angle (sudut matahari) } (^\circ)$$

- $\beta$  = sudut kemiringan *array* surya ( $^{\circ}$ )
- $90^{\circ}$  = sudut maksimum altitude matahari
- Lat = Latitude lokasi *array* surya ( $^{\circ}$ )
- $\delta$  = sudut deklinasi matahari ( $23,45^{\circ}$ )

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Perancangan Instalasi Listrik

Ruang Kelas belajar (RKB)

- Panjang ruangan (m) : 8 m
- Lebar ruangan (m) : 8 m
- Luas ruangan ( $m^2$ ) (A) :  $64 m^2$
- Tinggi langit-langit (t) (m) : 4 m
- Intensitas penerangan (E) (Lux) : 500 Lux
- Faktor penyusutan (d) : 0,8

Perhitungan Indeks ruang atau indeks bentuk ( $k$ )

Tinggi armatur lampu penerangan terhadap bidang kerja:

$h = t -$  tinggi bidang kerja

$h = 4 - 0,8$  meter

$= 3,2$  meter (Tinggi armatur terhadap bidang kerja)

$$k = \frac{p \cdot l}{h(p+l)} = \frac{8 \cdot 8}{3,2(8+8)} = 1,2 \text{ (indeks ruang atau indeks bentuk)}$$

Faktor-faktor refleksi penerangan:

$r_p$  = Faktor refleksi Langit-langit (0.5)

$r_w$  = Faktor refleksi dinding (0.3)

$r_m$  = Faktor refleksi bidang pengukuran/lantai (0.1)

Maka didapatkan:

$$k = 1,2 \quad k_1 = 1 \quad \eta_1 = 0,45 \quad k_2 = 1,5 \quad \eta_2 = 0,54$$

Efisiensi penerangan untuk nilai indeks ruang/bentuk ( $k$ ) adalah:

$$\eta = \eta_1 + \frac{k-k_1}{k_2-k_1}(\eta_2 - \eta_1) = 0,45 + \frac{1,2-1}{1,5-1}(0,54 - 0,45) = 0,486 \text{ (Efisiensi penerangan)}$$

Faktor depresiasi ( $d$ ) atau faktor penyusutan pada instalasi penerangan ruang kelas:

$$d = \frac{E \text{ dalam keadaan dipakai}}{E \text{ dalam keadaan baru}} = \frac{400}{500} = 0,8 \text{ (faktor depresiasi)}$$

Menggunakan armatur & lampu TL 2 x 36 Watt, (2 x 3250 lumen), dengan faktor depresiasi pada lampu TL 0,8

$$n = \frac{E \cdot A}{\Phi \cdot \eta \cdot d} = \frac{500 \cdot 64}{6500 \cdot 0,486 \cdot 0,8} = \frac{32000}{2527,2} = 12,66 \approx 12 \text{ Lampu} \approx 6 \text{ Armatur}$$

Perhitungan  $I_n$  dan KHA instalasi listrik

$$\text{Lantai 1 grup lampu \& STC (SDP 1) } I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{18117}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 34,40 \text{ A} \approx 40 \text{ A}$$

$$\text{KHA} = I_n \cdot 125\% = 34,40 \text{ A} \cdot 1,25 = 43 \text{ A}$$

$$\text{Panjang Kabel } (\ell) = (\text{MDP ke SDP 1}) = 18 \text{ m}$$

$$\text{Lantai 2 grup lampu \& STC (SDP 2) } I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{17551}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 33,33 \text{ A} \approx 40 \text{ A}$$

$$\text{KHA} = I_n \cdot 125\% = 33,33 \cdot 1,25 = 41,66 \text{ A}$$

$$\text{Panjang Kabel } (\ell) = (\text{MDP ke SDP 2}) = 26 \text{ m}$$

$$\text{Lantai 3 grup lampu \& STC (SDP 3) } I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{17551}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 33,33 \text{ A} \approx 40 \text{ A}$$

$$\text{KHA} = I_n \cdot 125\% = 33,33 \cdot 1,25 = 41,66 \text{ A}$$

Panjang Kabel ( $\ell$ ) = (MDP ke SDP 3) = 30 m

Perhitungan Luas penampang kabel dari Panel MDP ke panel SDP Lantai 1, 2 dan 3

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot \cos\phi}{\gamma \cdot u} \text{ jumlah } (i \cdot \ell)$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 0,8}{50 \cdot 10^6 \cdot 5\% \cdot 380} (34,40 \text{ A} \cdot 18 \text{ m}) + (33,33 \text{ A} \cdot 26 \text{ m}) + (33,33 \text{ A} \cdot 30 \text{ m})$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 2485,68}{50 \cdot 10^6 \cdot 5\% \cdot 380} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ m} \approx 3,6 \text{ mm}^2 \approx 4 \text{ mm}^2$$

Panel Utama (MDP)  $I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{53219}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 101,07 \text{ A} \approx 125$

KHA =  $I_n \cdot 125\% = 101,07 \cdot 1,25 = 126 \text{ A}$

TABEL 2. DAYA HASIL PERHITUNGAN INSTALASI

SDP	Daya Lampu (W)	Daya Stopkontak (W)	Total Daya (W)
1	7216	10901	18117
2	8080	9471	17551
3	8080	9471	17551
MDP	23376	29843	53219

TABEL 3. HASIL PERHITUNGAN LUAS PENAMPANG KABEL

SDP	$I_n$ (A)	KHA (A)	MCB/MCCB (A)	Luas Penampang Kabel ( $\text{mm}^2$ )
1	34 A	43 A	40 A	4 $\text{mm}^2$
2	33 A	40 A	40 A	4 $\text{mm}^2$
3	33 A	40 A	40 A	4 $\text{mm}^2$
MPD	101 A	126 A	125 A	16 $\text{mm}^2$

Perhitungan grounding instalasi listrik

Tahanan tanah ( $\rho$ ) = 100  $\Omega$  (Tanah liat) [6]

Panjang Elektroda ( $L_R$ ) = 4 m

Diameter Elektroda ( $A_R$ ) = 16 mm  $\approx$  0,016 m

$$R_G = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[ \ln\left(\frac{4L_R}{A_R}\right) - 1 \right] = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 4} \left[ \ln\left(\frac{4 \cdot 4}{0,016}\right) - 1 \right] = 26,49 \Omega$$

Karena didapatkan hasil pentanahan yang besar maka dapat diperkecil dengan cara memparalel 10 batang elektroda.

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \frac{1}{26,49} + \frac{1}{26,49} + \frac{1}{26,49} + \frac{1}{26,49} + \frac{1}{26,49} = 2,6 \Omega$$

## B. Perancangan PLTS Hybrid

### 1. Perancangan array surya

TABEL 4. SPESIFIKASI MODUL SURYA

Spesifikasi	Keterangan
$P_{mpp}$	340 W
$V_{mp}$	37,6 V
$I_{mp}$	9,05 A
$V_{oc}$	45,9 V
$I_{sc}$	9,62 A
$\eta_{pv}$	17,49 %

TABEL 5. DATA TEMPERATUR DI LOKASI PENELITIAN [13]

Bulan	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	Bulan	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )
Januari	27,04	Juli	27,46
Februari	27,22	Agustus	27,49
Maret	27,79	September	27,66
April	28,29	Oktober	27,82
Mai	28,27	November	27,68
Juni	27,81	Desember	27,4

### 2. Perhitungan TCF array surya



Temperatur tertinggi terjadi pada bulan april sebesar 28,29 °C maka terjadi kenaikan temperatur sebesar 3,29°C dari temperatur normal (25 °C).

$$P_{saat\ t\ naik\ ^\circ C} = 0,5\% \text{ per } ^\circ C \cdot P_{Mpp} \cdot \text{kenaikan temperatur } (^\circ C)$$

$$P_{saat\ t\ naik\ 3,29^\circ C} = 0,5\% \text{ per } ^\circ C \cdot 340W_p \cdot 3,29 = 5,59 W_p$$

$$P_{Mpp\ saat\ t\ naik\ t^\circ C} = P_{MPP} - P_{saat\ t\ naik\ 3,29^\circ C} = 340 W_p - 5,59 W_p = 334,41 W_p$$

$$TCF = \frac{P_{mpp\ saat\ t\ naik\ t^\circ C}}{P_{mpp}} = \frac{334,41 W_p}{340 W_p} = 0,98 \approx 98 \%$$

### 3. Perhitungan area array (PV<sub>area</sub>)

TABEL 6. IRRADIANCE MATAHARI DI LOKASI PENELITIAN [13]

Bulan	Radiasi matahari (irradiance) (kWh/m <sup>2</sup> )	Bulan	Radiasi matahari (irradiance) (kWh/m <sup>2</sup> )
Januari	4,81	Juli	4,93
Februari	5,21	Agustus	5,23
Maret	5,16	September	5,25
April	5,36	Oktober	5,08
Mai	5,13	November	5,12
Juni	4,89	Desember	4,93

Perhitungan ini menggunakan data radiasi (irradiance) matahari terendah yang terjadi pada bulan januari sebesar 4,81 kWh/m<sup>2</sup> untuk memaksimalkan jumlah modul suryanya.

$$PV_{area} = \frac{E_L}{G_{av} \cdot \eta_{PV} \cdot TCF \cdot \eta_{out}} = \frac{163,632 \text{ kWh}}{4,81 \text{ kWh/m}^2 \cdot 17,49\% \cdot 98\% \cdot 98,8\%} = 200,88 \text{ m}^2$$

Daya yang dibangkitkan array surya

$$P_{watt\ peak} = PV_{area} \cdot STC \cdot \eta_{PV} = 200,88 \text{ m}^2 \cdot 1000 \text{ W/m}^2 \cdot 17,49\% = 35133,91 W_p \approx 35,133 \text{ kW}_p$$

$$\text{Jumlah modul surya} = \frac{P_{watt\ peak}}{P_{mpp}} = \frac{35133,91 W_p}{340 W_p} = 103,33 \approx 104 \text{ modul}$$

Luas area lahan untuk dilakukan pemasangan total modul surya sebanyak 104 modul dengan luas PV<sub>Area</sub> 200,88 m<sup>2</sup> dirasa tidak memungkinkan untuk dipasang sekaligus karena lokasi penelitian tidak memiliki lahan kosong seluas itu, sehingga lokasi lahan dibagi menjadi 7 titik lokasi dengan :

$$PV_{Area} = 200,88 \text{ m}^2 : 7 = 28,69 \text{ m}^2$$

$$\text{Jumlah modul} = 104 : 7 = 14,85 \approx 15 \text{ modul}$$

Konfigurasi seri-paralel array surya:

$$\text{Seri} = 3 \text{ panel. } V_{oc} \text{ modul } (45,9 \text{ V}) = 137 \text{ V}$$

$$\text{Paralel} = 5 \text{ panel. } I_{sc} \text{ modul } (9,26 \text{ A}) = 48,1 \text{ A}$$

### 4. Perancangan SCC

$$I_{SC} = I_{sc\ PV} \cdot \text{Jumlah paralel modul surya} = 9,62 \text{ A} \cdot 5 \text{ modul} = 48,1 \text{ A (Max DC input current)}$$

$$V_{SCC} = V_{oc\ PV} \cdot \text{Jumlah seri modul surya} = 45,9 \text{ V} \cdot 3 \text{ modul} = 137,7 \text{ V (PV operating voltage)}$$

$$PV_{rating} = \text{Jumlah modul. } P_{mpp} = 15 \text{ panel. } 340 = 5100 \text{ W (Rated Pv input)}$$

TABEL 7. DATASHEET SCC 100A

Spesifikasi	Keterangan
System voltage	48 V
PV operating voltage	60 ~ 155 VDC
Rated PV input	5600 W
Max. charging current	100 A

$$\frac{\text{Max DC input current}}{60 \text{ A}}$$

SCC yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 7 buah, dengan rincian setiap titik lokasi *array* surya yang masing-masing berjumlah 15 modul dipasang 1 SCC ukuran 100 A.

5. Perancangan Baterai

TABEL 8. DATASHEET BATERAI

Spesifikasi	Keterangan
Nominal voltage	2 V
Capacity	1000 AH
Cycle use	DOD 80 %
Dimension	223 mm x 210 mm

$$B_C = \frac{E_L}{V_B \cdot DOD \cdot \eta} = \frac{163632 \text{ Wh}}{2 \text{ V} \cdot 80 \% \cdot 98,8\%} = 103512,14 \text{ AH}$$

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{B_c}{Ah_{\text{Baterai}}} = \frac{103512,14 \text{ Ah}}{1000 \text{ Ah}} = 103,51 \approx 104 \text{ Baterai}$$

Baterai tersebut kemudian dirancang sesuai dengan tegangan kerja sistem SCC sebagai pengontrol pengisian baterai yaitu 48 V sehingga baterai yang memiliki tegangan kerja 2 V harus diseri sebanyak 24 baterai

6. Perancangan Inverter

$$P_{\text{inverter}} = \text{daya beban} \cdot 1,25 = 23,376 \text{ kW} \cdot 1,25 = 29,220 \text{ kW}$$

TABEL 9. DATASHEET INVERTER

Spesifikasi	Keterangan
AC output power	30 kW
Max. AC output current	50,2 A
Rated grid voltage	220/380 V
Nominal frequency	50/60 Hz
Efisiensi inverter ( $\eta_{\text{inverter}}$ )	98,8 %

Inverter yang digunakan dalam perancangan ini sesuai dengan perhitungan dan datasheet yaitu menggunakan inverter 30 kW.

7. Kemiringan array surya (tilt angle)

Lokasi penelitian berada di bangunan gedung sekolah SMPN 7 Tarakan dengan lokasi Latitude/garis lintang  $3^\circ$  dengan sudut kemiringan matahari maksimal  $90^\circ$  dan sudut deklinasi matahari atau sumbu rotasi bumi sebesar  $23,45^\circ$  [8].

$$\begin{aligned} \alpha &= 90^\circ + \text{Lat} - \delta = 90^\circ + \text{Latitude lokasi } (3^\circ) - 23,45^\circ \\ &= 69,55^\circ (\text{Altitude angle di lokasi penelitian}) \end{aligned}$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - \text{Altitude angle } (69,55^\circ) = 20,45^\circ$$

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan perancangan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa Perancangan instalasi listrik pada bangunan gedung sekolah SMPN 7 kota tarakan menghasilkan total daya dari bangunan lantai 1,2 dan 3 sebesar 53,219 kW dengan kapasitas MCCB utama pada panel MDP sebesar 125 A. Pada setiap lantai terdiri dari 3 fasa R, S, T yang terhubung pada panel pembagi beban SDP. Luas penampang kabel yang digunakan adalah  $16 \text{ mm}^2$  pada MCCB utama panel MDP, kemudian  $4 \text{ mm}^2$  ke panel SDP dan  $2,5 \text{ mm}^2$  dari panel SDP menuju ke masing-masing beban instalasi. Pada nilai grounding instalasi didapatkan hasil 2 ohm. Pada perancangan PLTS *hybrid* menanggung beban instalasi penerangan gedung lantai 1, 2 dan 3 sebesar 23,376 kW. Dengan TCF *array* surya 98 % dan  $PV_{\text{area}}$  seluas  $200,88 \text{ m}^2$  dengan jumlah modul surya berkapasitas  $340 W_p$  sebanyak 104

modul dan daya yang dibangkitkan sebesar 35133,91  $W_p$ . Jumlah dan kapasitas SCC yang digunakan adalah 7 buah SCC 100 A. Sedangkan kapasitas dan jumlah baterai adalah 104 baterai ukuran 2 V 1000 AH. Dengan kapasitas inverter sebesar 30 kW dan Kemiringan *array* surya pada lokasi penelitian didapatkan maksimum 20,45°.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, terima kasih saya ucapkan kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mensukseskan penelitian saya, yaitu PT. Bumi Kaltara Konsultan.

#### REFERENSI

- [1] Aprianur, I. Perencanaan Instalasi Listrik Dengan Menggunakan *Hybrid* Pada Rumah Toko (RUKO) Tiga Lantai Di Tarakan. Tarakan: Universitas borneo Tarakan. 2015.
- [2] Harten, P.V., & Setiawan, E. Instalasi Listrik Arus Kuat 1. 1st Ed. Bandung: Binacipta. 1985.
- [3] Harten, P.V., & Setiawan, E. Instalasi Listrik Arus Kuat 2. 2nd Ed. Bandung: Binacipta. 1991.
- [4] Harten, P.V., & Setiawan, E. Instalasi Listrik Arus Kuat 3. 3rd Ed. Bandung: Binacipta. 1991.
- [5] Hutajulu, A. G., Siregar, M. RT., & Pambudi, M. P. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid Di Ecopark Ancol. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*. 2020. 22(1): 22-33.
- [6] Panitia Revisi PUIL. (2000). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Jakarta: BSN. 2000.
- [7] Karafil, A. & Özbay, H. Design of Stand-Alone PV System on a Farm House in Bilecik City. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*. 2018. 5(3): 909-916.
- [8] Kumara, K.V., Kumara, I.N.S. & Ariastina, W.G., Tinjauan terhadap PLTS 24 kW atap gedung PT Indonesia Power pesanggaran Bali. *E-Journal SPEKTRUM*. 2018. 5(2): 26-35.
- [9] Purwoto, B. H., Jatmiko, Alimul, F. M., & Huda, I. F. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*. 2018. 18(1): 10-14.
- [10] Riyanto, S. & Londong, P. Perancangan Instalasi Listrik dengan Menggunakan Sistem *Hybrid* dan Jala-Jala PLN pada Bangunan PT. Pertamina EP Asset 5 Tarakan Field. *Jurnal INOVTEK Polbeng*. 2019. 9(2): 295-300.
- [11] Roza, E. & Mujirudin, M. Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*. 2019. 4(1): 16-30.
- [12] Sumardjati, P. M., Yahya, S., & Mashar, A. Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Untuk Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. 2008.
- [13] <https://power.larch.nasa.gov/data-access-viewer/>