Hak cipta dan penggunaan kembali:

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk menggubah, memperbaiki, dan membuat ciptaan turunan bukan untuk kepentingan komersial, selama anda mencantumkan nama penulis dan melisensikan ciptaan turunan dengan syarat yang serupa dengan ciptaan asli.

Copyright and reuse:

This license lets you remix, tweak, and build upon work non-commercially, as long as you credit the origin creator and license it on your new creations under the identical terms.

Perpustakaan Univeristas Multimedia Nusantara

BAB III

PELAKSANAAN KERJA PRAKTIK

3.1. Jadwal Kegiatan

Kerja praktik dilaksanakan pada tanggal 15 Januari 2020 s.d. 15 April 2020 selama 3 bulan. Waktu kerja praktik adalah hari Senin s.d. Jumat pukul 07.00 – 16.00 WIB. Secara umum, kegiatan yang dilakukan selama kerja praktik adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Tabel deskripsi kegiatan kerja praktik.

Minggu ke-	Deskripsi Kegiatan Kerja Praktik
1	- Pengenalan profil perusahaan dan budaya lingkungan kerja. - Mempelajari proyek – proyek energi yang dikerjakan PT BEI
2	- Mempelajari cara studi kelayakan PLTS - Pengenalan proyek PLTS Angkasa Pura II - Mengajukan permintaan dokumen proyek PLTS AP II
3	- Melakukan perhitungan kelayakan PLTS AP II - Mempelajari spesifikasi teknik dari PLTS AP II - Melakukan pengecekan spesifikasi teknis di lapangan
4	- Mempelajari SOP Pertambangan dan SOP K3 - Melakukan studi lapangan di PLTS Angkasa Pura II - Melakukan pengawasan pemasangan *support* dan panel pertama
5	- Melakukan pengawasan pemasangan panel surya

Studi Implementasi Pembangkit..., Fendi Radika Akhdan, FTI UMN, 2020

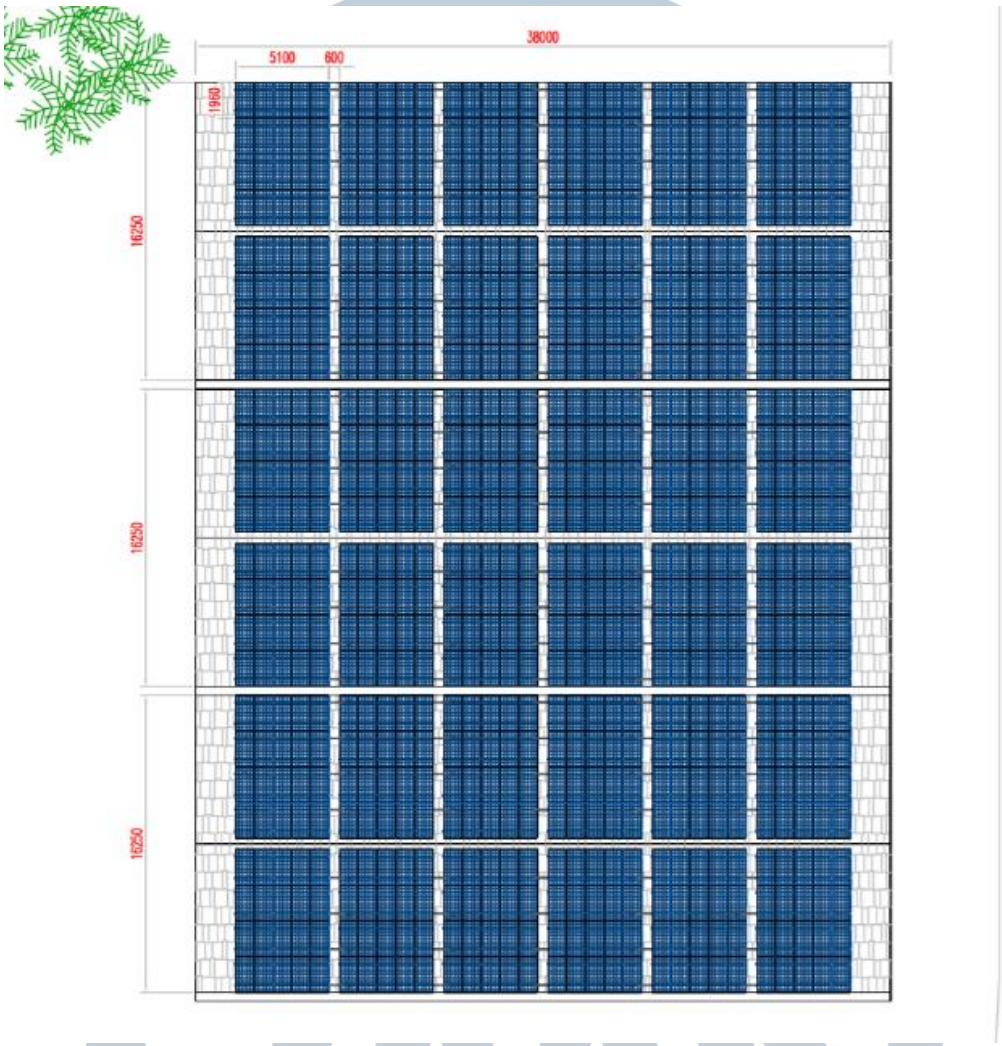
6	- Mempelajari tahap pemasangan inverter dan jaringan kabel untuk PLTS
7	- Melakukan pengawasan pemasangan inverter dan jaringan kabel Gedung AOCC
8	- Mempelajari proses sinkronisasi fasa sumber listrik AC Gedung AOCC
9	- Mengamati proses sinkronisasi fasa sumber listrik AC Gedung AOCC
10	- Penyelesaian PLTS Angkasa Pura II - Mengikuti prosesi *Commercial Operation Delivery* (COD)

3.2. Uraian Data & Analisis

3.2.1. Spesifikasi PLTS Angkasa Pura II

Berdasarkan dokumen rancangan PLTS Angkasa Pura II, PLTS dibangun di atas atap Gedung Airport Operation Control Center (AOCC) seluas 1320 m^2 dengan kapasitas 241,2 kWp. Terdapat total 720 panel surya dengan daya maksimum 335 Wp. Beban total modul beserta beban *support* adalah 18.746 kg (PT Surya Energi Indotama, 2019). Panel surya memiliki kemiringan sebesar 25° dan mengarah 21° kearah timur laut.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

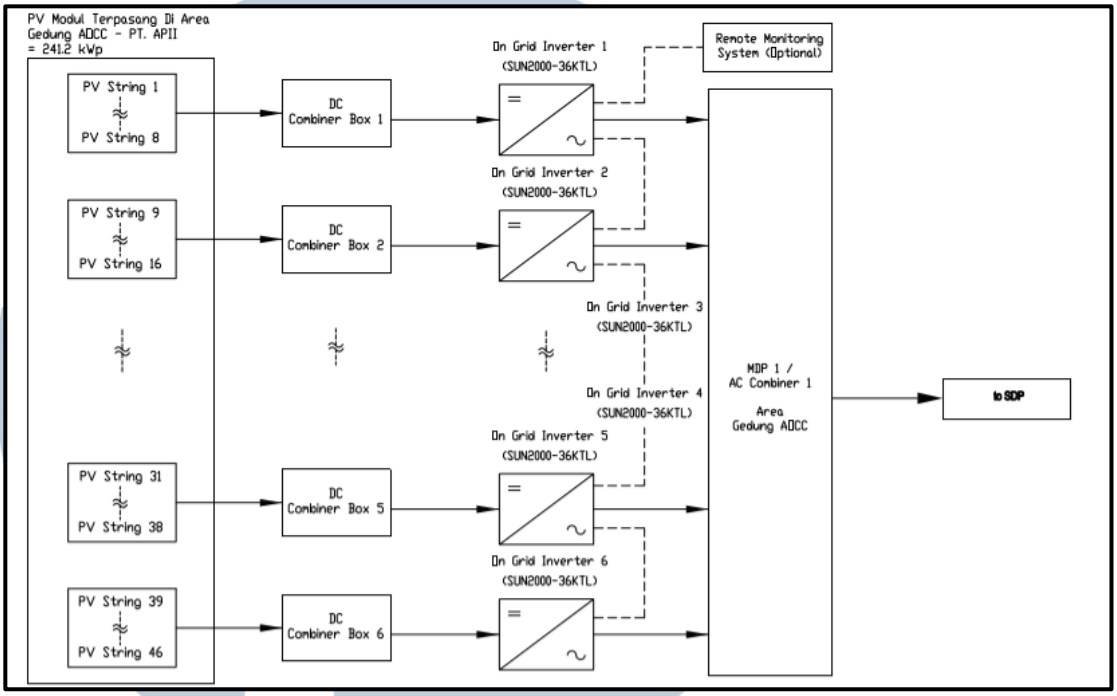


Gambar 3.1. Gambar Desain PLTS Angkasa Pura II di atap Gedung AOCC Bandara Soekarno-Hatta.

Sumber : *(PT Surya Energi Indotama, 2019)*.

720 panel surya dibagi menjadi 46 *string* PV, dimana satu *string* PV berisikan 15 panel surya yang dirangkai secara seri. *String* PV dibagi dan disambungkan ke DC Container Box yang kemudian tersambung ke *On-Grid Inverter*. Berikut adalah gambar blok diagram sistem PLTS Angkasa Pura II.

UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 3.2. Blok diagram sistem PLTS Angkasa Pura II

Sumber : (PT Surya Energi Indotama, 2019).

3.2.2. Spesifikasi Teknis PLTS Angkasa Pura II

Pemilihan vendor barang – barang teknis proyek ditentukan berdasarkan hasil studi kelayakan dan rapat teknis oleh pihak PT BEI dan PT SEI. Berikut adalah tabel berisikan spesifikasi modul panel surya, *on-grid inverter*, dan sistem monitor yang digunakan di PLTS Angkasa Pura II.

Panel surya yang digunakan adalah model RSM72-6-335 buatan perusahaan asal Cina bernama Risen Energy. Panel RSM72-6-335 berjenis *polycrystalline*, jenis tersebut dipilih karena harga panel yang lebih murah dibandingkan jenis *monocrystalline* (Yahyaoui, 2018). Daya maksimum yang dapat dihasilkan panel pada *standard temperature condition* (STC) adalah 335 W.

Tabel 3.2. Spesifikasi panel surya.

Sumber : (PT Surya Energi Indotama & PT Bukit Energi Investama, 2019).

	Model	RSM72-6-335	
	Manufaktur	Risen Energy	
Parameter		Nilai	Unit
Efficiency Characteristic (STC)	Tegangan Operasi Optimum (V_{mp})	37,65	V
	Arus Operasi Optimum (I_{mp})	8,9	A
	Tegangan Sirkuit Terbuka (V_{oc})	45,9	V
	Arus Sirkuit Pendek (I_{sc})	9,4	A
	Daya Maksimum pada STC (P_{max})	335	W
	Efisiensi Modul	17,3	%
	Temperatur Operasi Modul	-40 ^{o}C sampai +85 ^{o}C	
	Tegangan Maksimum Sistem	1500	VDC
	Daya Toleransi	0 - 5	%
	STC : Iradiansi 1000 W/m^2, temperature modul 25 ^{o}C, AM = 1,5;		
Karakteristik Mekanikal	Sel Surya	Polycrystalline 156 x 156 mm	
	Jumlah Sel	72 (6 x 12)	Sel
	Dimensi	1956 x 992 x 40	Mm
	Berat	22	Kg
	Toleransi	0 ~+ 5	W
Karakteristik Temperatur	*Nominal Operating Cell Temperature* (NOCT)	45 ± 2	^{o}C
	Koefisien Temperatur dari P_{max}	-0,4677	%/ ^{o}C
	Koefisien Temperatur dari V_{oc}	-0,3374	%/ ^{o}C
	Koefisien Temperatur dari I_{sc}	0,0492	%/ ^{o}C

Inverter merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengkonversi listrik DC menjadi listrik AC (Horowitz & Hill, 2015). PLTS Angkasa Pura II menggunakan *on-grid* inverter model SUN2000-36kTL buatan perusahaan asal Cina bernama Huawei. Inverter yang digunakan di PLTS Angkasa Pura II

berjumlah 6 buah. Sebelum inverter memberikan pasokan listrik ke Gedung AOCC, inverter dipasang secara seri setelah DC Combiner Box seperti pada Gambar 3.2.

Tabel 3.3. Spesifikasi on-grid inverter.

Sumber : *(PT Surya Energi Indotama & PT Bukit Energi Investama, 2019)*.

	Model	SUN2000-36kTL	
	Manufaktur	Huawei	
	Parameter	Nilai	Unit
Efisiensi	Efisiensi Maksimum	98.60%	
	European Efficiency	98.40%	
	Tegangan Input Maksimum	1.100	V
	Arus Maksimum per MPPT	22	A
	Arus Sirkuit Pendek per MPPT	30	A
	Tegangan Awal	250	V
	Tegangan Operasi MPPT	200 ~ 1000	V
	Tegangan Input Tercatat	620 V @380V_{AC} / 400 V_{AC}	V
	Jumlah Input	8	
	Jumlah Pelacak MPP	4	
Output	*Rated AC Active Power*	36.000	W
	Max. AC Apparent Power	40.000	VA
	Max. AC Active Power (cos pi = 1)	Default 40.000 W; 36.000 W optional in settings	W
	Tegangan Output Tercatat	220V / 380V, 230V / 400V, default 3W+N+PE; 3W+PE optional in settings 277V/480V, 3W+PE	
	Frekuensi *Grid* AC Tercatat	50 Hz / 60 Hz	Hz
	Arus Keluaran Tercatat	54,6 A @380 Vac / 52,2 A @400 Vac / 43,4 A	A

		@480 Vac	
	Arus Keluaran Maksimum	60,8 A @380 Vac / 57,8 A @400 Vac / 48,2 A @480 Vac	A
	Adjustable Power Factor	0.8 LG … 0.8 LD	
	Max. Total Harmonic Distortion	< 3 %	
Perlindungan	*Input-side Disconnection Device*	Ya	
	Anti-Islanding Protection	Ya	
	AC Overcurrent Protection	Ya	
	DC Reverse-Polarity Protection	Ya	
	PV-array String Fault Monitoring	Ya	
	DC Surge Arrester	Tipe II	
	AC Surge Arrester	Tipe II	
	Insulation Detection	Ya	
	Residual Current Monitoring Unit	Ya	
Komunikasi	Display	Idikator LED, Bluetooth + APP	
	USB	Ya	
	RS485	Ya	
	PLC	Ya	
General	Dimensi	930 x 550 x 283	mm
	Berat	62	kg
	Operation Temp. Range	-25 ~ 60	ºC
	Pendinginan	*Natural Convection*	
	Max. Operating Altitude	4.000	m
	Konektor DC	Amphenol Helios H4	
	Konektor AC	Waterproof PG Terminal + OT Connector	
	Protection Rating	IP65	
	Topologi	*Transformerless*	

Smart Logger adalah sebuah alat yang dapat memantau dan mencatat data dari sistem *photovoltaic* (PV). Data berupa tegangan *maximum power point* (MPP), arus rangkaian, daya keluaran, dan waktu panel menghasilkan daya. Data tersebut akan dikirim ke komputer yang berada di dalam AOCC. *Smart Logger* dipasang sebagai upaya mendukung proses *preventive maintenance* (PM). Pada Tabel 3.4 diberikan spesifikasi lengkap mengenai *Smart Logger* yang digunakan.

Tabel 3.4. Spesifikasi Smart Logger.

Sumber : *(PT Surya Energi Indotama & PT Bukit Energi Investama, 2019)*.

	Model	SmartLogger	
	Manufaktur	Huawei	
Parameter		Nilai	Unit
Manajemen Divais	Maksimum Jumlah Divais Terkoneksi	80	
	Komunikasi Antarmuka	3 x RS485	
	Maksimum Jarak Komunikasi	1000	m
Data Umum	*Power Supply*	100 V~ 240 VAC, 50 Hz / 60 Hz	
	Konsumsi Daya	Tipikal : 3 W, Maksimum : 7 W	
	Memori	32 MB *flash memory*, 16 GB opsional SD *Card*	
	Bahasa	Inggris, Mandarin, Jerman, Itali, Jepang, dan Perancis	
	Dimensi	225 x 140 x 50	Mm
	Range Temperatur Operasi	-20 s.d. +60	ºC
	Kelembaban Relativ	5 – 95%	
	Degree of Protection	IP20	
	Opsi Instalasi	*Wall mounting, Tabletop, Rail mounting*	
Antarmuka	Eternet	10 / 100 M, Modbus - TCP, IEC60870-5-104	
	RS485	Modbus - RTU	
	USB	Ya	
	Jumlah Input Digital	4	
	Jumlah Input Analog	3	

UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA

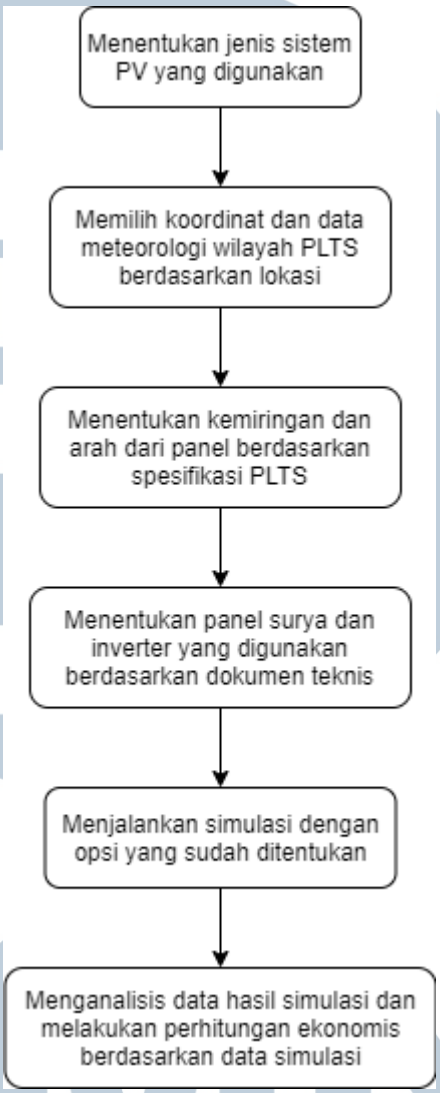
3.2.3. Studi Kelayakan PLTS Angkasa Pura II Menggunakan PVSyst

Penulis menggunakan piranti lunak PVSyst untuk mensimulasikan proyek PLTS Angkasa Pura II. PVSyst merupakan piranti lunak yang bertujuan untuk mempermudah proses desain sebuah sistem *photovoltaic* (PV) dengan cara mensimulasikan sistem tersebut. PVSyst memiliki banyak fitur seperti *system design*, *shading scene*, *system shading*, *simulation & result*, dan masih banyak lagi fitur lainnya. Fitur utama yang penulis gunakan adalah *system design*. Fitur *system design* dapat digunakan untuk memberikan konfigurasi terbaik serta spesifikasi sistem berdasarkan daya keluaran, luas sistem,jenis panel surya dan inverter (PVSyst, 2019).

Tujuan utama dari simulasi ini adalah mencari kemiringan atau *tilt* yang memberikan nilai penghematan paling tinggi. Selain itu, simulasi ini digunakan untuk mengetahui apakah nilai kemiringan yang digunakan PLTS Angkasa Pura II sebesar 25° merupakan nilai yang *optimal*. Penulis membandingkan beberapa nilai kemiringan dari panel surya PLTS Angkasa Pura II yaitu, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, dan 35°. Simulasi akan dijalankan untuk setiap kemiringan dengan menggunakan spesifikasi teknis yang sama.

Data hasil simulasi akan digunakan untuk melakukan perhitungan total biaya secara sederhana untuk mendapatkan nilai ekonomis PLTS Angkasa Pura II untuk setiap nilai variabel kemiringan sehingga mendapatkan data perbandingan kemiringan yang memberikan penghematan tertinggi. Gambaran besar proses simulasi dapat dilihat di diagram blok pada Gambar 3.3.

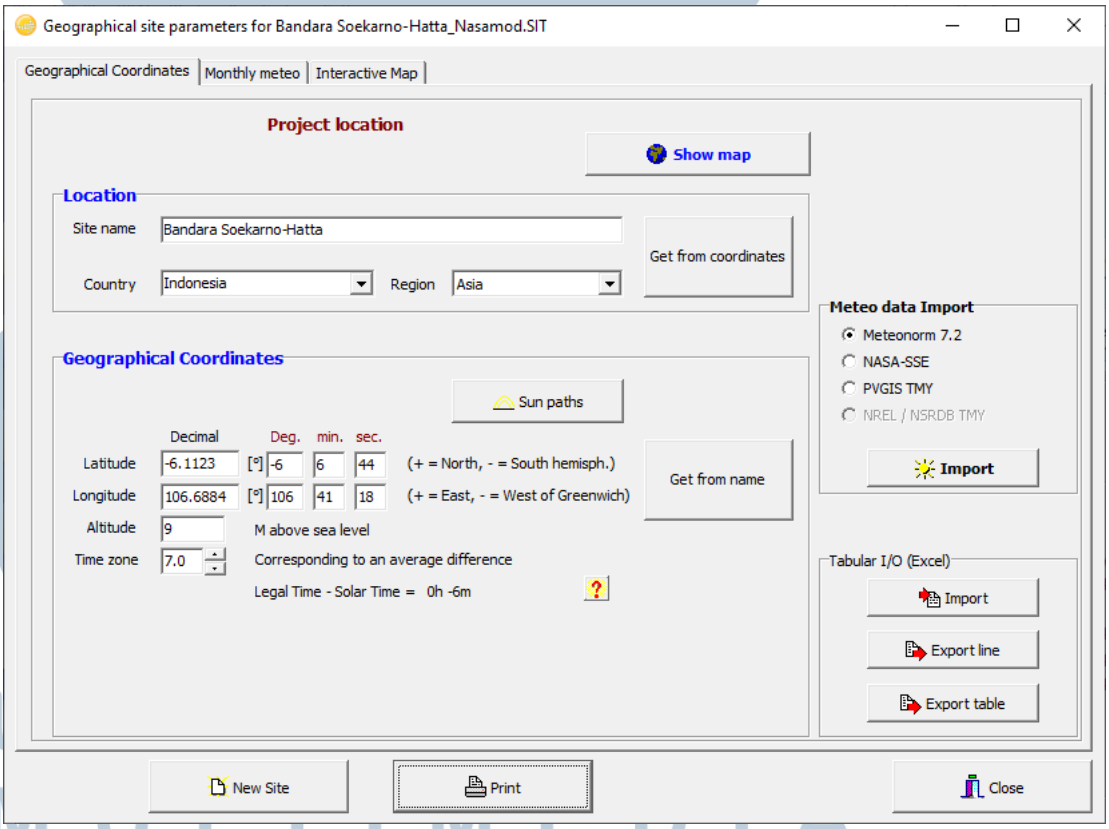
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 3.3. Blok diagram simulasi dan analisis PLTS Angkasa Pura II

Pada tahap pertama, ditentukan jenis sistem PV yang akan disimulasikan, dalam simulasi ini dipilih sistem *on-grid*. Jenis sistem *on-grid* dipilih karena PLTS Angkasa Pura II direncanakan tersambung secara paralel dengan sumber listrik PLN (*grid*) dan PT Angkasa Pura II dan PT Bukit Asam tidak menginginkan penggunaan baterai pada sistem PLTS Angkasa Pura II.

Tahap selanjutnya adalah menentukan data meteorologi serta letak geografis dari lokasi PLTS. Data meteo merupakan data yang berisikan kondisi meteorologis daerah tersebut seperti tingkat iradiansi, arah matahari, dan suhu atmosfir. Dikarenakan tidak adanya data meteo untuk kota Tangerang penulis membuat data meteo menggunakan sumber data meteorologi yang diberikan oleh NASA-SSE. Perlu diketahui bahwa data dari NASA-SSE merupakan data pada tahun 2015 sehingga memungkinkan terjadinya sedikit deviasi di hasil simulasi diakibatkan oleh perbedaan kondisi cuaca dan pergerakan matahari. Gambar 3.4. menunjukkan tampilan pengaturan geografis dari PVSyst.



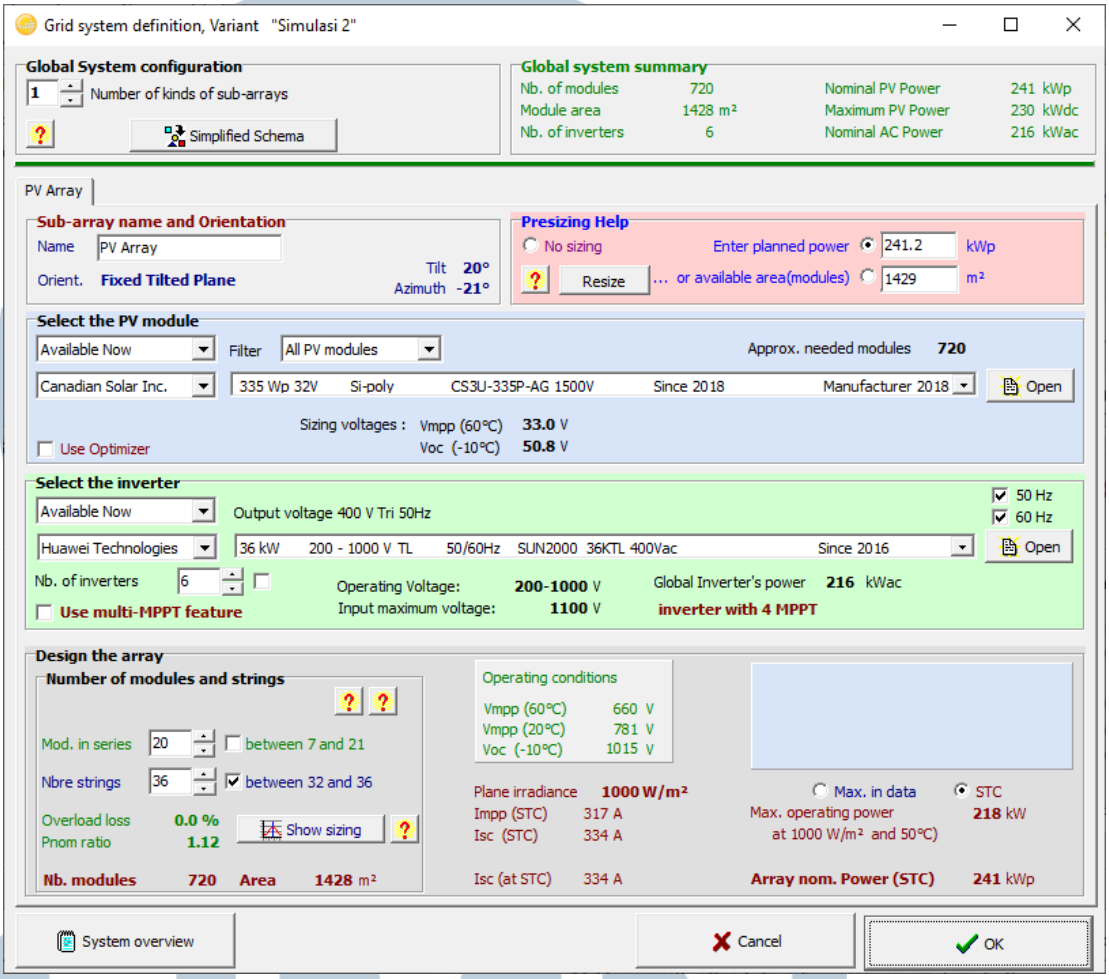
Gambar 3.4. Gambar pengaturan geografis PVSyst

Langkah selanjutnya adalah menentukan orientasi panel surya. *Field type Fixed Tilted Plane* dipilih pada pengaturan ini karena *support* dari panel tidak dapat bergerak. Selanjutnya kemiringan dan azimut yang sudah ditentukan.

Pada langkah berikutnya, ditentukan spesifikasi teknis dari PLTS yang sesuai dengan kondisi lapangan dan permintaan klien. Orientasi kemiringan dan arah panel ditentukan mengikuti kemiringan atap dan arah Gedung AOCC. Spesifikasi teknis PLTS Angkasa Pura II yang digunakan selama simulasi dapat dilihat pada sub bab 3.2.1. dan 3.2.2..

Dikarenakan tidak ada panel berjenis RSM72-6-335 maka digunakan panel dengan tegangan dan daya keluaran yang sama namun memiliki dimensi panel yang berbeda. Panel surya pengganti yang digunakan berjenis CS3U-335P-AG. Pergantian panel membuat luas dari PLTS menjadi lebih besar dibandingkan dengan luas asli di lapangan yaitu menjadi 1428 m^2. Perbedaan luas dari PLTS tidak akan berdampak besar kepada hasil dari simulasi.

UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 3.5. Gambar pengaturan spesifikasi sistem PV.

Penulis menggunakan pengaturan *default Self-consumption* dari PVSyst karena kurangnya data mengenai konsumsi Gedung AOCC. Selain itu, pengaturan *Storage* dihiraukan karena PLTS Angkasa Pura II tidak menggunakan baterai.

Setelah menentukan lokasi, orientasi, dan spesifikasi teknis, simulasi dari sistem dapat dimulai. Simulasi akan memberikan data dalam bentuk PDF yang berisikan spesifikasi teknis dari sistem, *sun path*, daya keluaran, daya keluaran per bulan, dan tenaga yang terbuang.

PVSYST V6.86		12/03/20	Page 2/4

Grid-Connected System: Main results

Project : **PLTS Angkasa Pura 2**

Simulation variant : **New simulation variant**

Main system parameters	System type	**No 3D scene defined, no shadings**			
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth	-21°	
PV modules	Model	CS3U-335P-AG 1500V	Pnom	335 Wp	
PV Array	Nb. of modules	720	Pnom total	**241 kWp**	
Inverter	Model	SUN2000_36KTL 400Vac	Pnom	36.0 kW ac	
Inverter pack	Nb. of units	6.0	Pnom total	**216 kW ac**	
User's needs	Unlimited load (grid)				
Main simulation results					
System Production	**Produced Energy**	**349.7 MWh/year**	Specific prod.	1450 kWh/kWp/year	
	Performance Ratio PR	83.78 %			

Gambar 3.6. Hasil simulasi dari PLTS Angkasa Pura 2 menggunakan PVSyst.

Setelah dilakukannya simulasi untuk seluruh nilai kemiringan, didapatkan hasil rasio performa dan produksi energi. Tabel berikut berisikan nilai kemiringan beserta dengan rasio performa dan produksi energi.

Tabel 3.5. hasil simulasi PVSyst

Kemiringan	10°	15°	20°	25°	30°	35°
Rasio Performa	83,6 %	83,66 %	83,72 %	83,78 %	83,88 %	83,96 %
Produksi Energi (MWh/tahun)	355,7	355,7	353,7	349,7	343,8	336

3.2.4. Analisis Data Hasil Simulasi

Data berupa produksi energi per tahun hasil simulasi dari ketiga nilai kemiringan panel surya akan diolah untuk mendapatkan total biaya dengan *Tariff Adjustment* PLN, total biaya dengan PPA, dan besar penghematan. Berdasarkan *Tariff Adjustment* (TA) tahun 2020 bulan Januari untuk kategori B-3/TM yaitu Rp. 1.035,00 per kWh (PT PLN (Persero), 2020). Perhitungan

total biaya menggunakan TA PLN dilakukan dengan menggunakan rumus sederhana seperti yang tertera di rumus (3.1.). Berdasarkan *Power Purchase Agreement* (PPA) antara pihak PT Angkasa Pura, PT BEI, dan PT SEI, Pihak produsen yaitu PT BEI dan PT SEI menjual listrik PLTS kepada Pihak konsumen yaitu PT Angkasa Pura dengan harga 1.132 per kWh. Tarif yang telah disetujui bersifat *flat* (tidak berubah - ubah).

(Konsumsi listrik per Tahun) x (TA) = (Total Biaya) **(3.1.)**

Nilai TA dapat berubah – ubah setiap bulannya berdasarkan keputusan dari PT PLN maka pada perhitungan ini diasumsikan TA konstan setiap bulannya. Waktu beban puncak adalah dari jam 17:00 sampai dengan 22:00, terhitung 5 jam atau dapat dikatakan 79% dari satu hari. Perhitungan tarif beban puncak didapat melalui pengalian tarif luar waktu beban puncak (LWBP) dengan konstanta Waktu Beban Puncak (WBP) regional Tangerang, konstanta (k) = 1,5.

(Tarif WBP Sebelum Perkalian k) x (k) = (Tarif Beban Puncak) **(3.2.)**

Setelah didapatkan nilai total biaya dengan TA PLN dan total biaya dengan tarif PPA, dilakukan perhitungan penghematan dengan cara mengurangkan kedua nilai dengan menggunakan rumus yang tertera di (Rumus 3.3.). Tabel 3.6. memperlihatkan hasil perhitungan untuk setiap nilai kemiringan.

(Total Biaya dengan TA PLN) - (Total Biaya dengan Tarif PPA) = (Penghematan) **(3.3.)**

UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA

Tabel 3.6. Perhitungan biaya untuk setiap nilai kemiringan.

Kemiringan Panel Surya	10º	15º	20º	25º	30º	35º
Total Biaya	Rp 368.149.500,-	Rp 368.149.500,-	Rp 366.079.500,-	Rp 361.939.500,-	Rp 355.833.000,-	Rp 347.760.000,-
Tarif LWBP	Rp 290.838.105,-	Rp 290.838.105,-	Rp 289.202.805,-	Rp 285.932.205,-	Rp 281.108.070,-	Rp 274.730.400,-
Tarif WBP	Rp 115.967.092,-	Rp 115.967.092,-	Rp 115.315.043,-	Rp 114.010.942,-	Rp 112.087.395,-	Rp 109.544.400,-
Total Tarif WBP dan LWBP	Rp 406.805.197,-	Rp 406.805.197,-	Rp 404.517.847,-	Rp 399.943.147,-	Rp 393.195.465,-	Rp 384.274.800,-
Total Biaya dengan Tarif Berdasarkan PPA	Rp 402.652.400,-	Rp 402.652.400,-	Rp 400.388.400,-	Rp 395.860.400,-	Rp 389.181.600,-	Rp 380.352.000,-
Penghematan	Rp 4.152.797,-	Rp 4.152.797,-	Rp 4.129.447,-	Rp 4.082.747,-	Rp 4.013.865,-	Rp 3.922.800,-

Dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa kemiringan panel sebesar 10º dan 15º memiliki produksi energi dan penghematan yang lebih tinggi dibandingkan yang lain. Kedua nilai kemiringan tersebut memiliki hasil simulasi dan analisis yang identik. Perbedaan penghematan antara kemiringan panel surya sangat tidak signifikan, perbedaan berkisar Rp 40.000,- - Rp 70.000,- . Sehingga dapat dinyatakan bahwa kemiringan panel surya di PLTS

Angkasa Pura II bukan merupakan variabel yang berpengaruh kepada penghematan Gedung AOCC.

Perubahan kemiringan panel surya dari kemiringan yang sudah ditetapkan sebesar 25° tidak menguntungkan, pembelian dan pemasangan ulang *support* untuk kemiringan 10° atau 15° akan menambah biaya konstruksi PLTS Angkasa Pura II. Biaya tambahan untuk 720 buah *support* serta sumber daya manusia tidak sebanding dengan keuntungan Rp 70.000 yang didapatkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemilihan kemiringan panel surya 25° sudah optimal.

3.2.5. Proses Pembangunan PLTS Angkasa Pura II

3.2.5.1. Prosedur Keselamatan Selama Proyek

Selama proses konstruksi PLTS Angkasa Pura II, prosedur keselamatan kerja diterapkan dalam bentuk penggunaan pelindung kepala serta *safety vest* yang dilengkapi oleh pengait, Gambar 3.7. terdapat foto personil yang menggunakan pelindung kepala serta *safety vest*. Saat di atap, pengait pada *safety vest* akan dikaitkan ke tali pengaman yang membentang sepanjang atap Gedung AOCC. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah personil tergelincir lalu jatuh dari atas atap.

3.2.5.2. Kendala Selama Proyek

Kendala utama selama jalannya proyek merupakan cuaca yang tidak menentu. Angin kencang dan hujan membuat pengangkatan panel surya harus dihentikan karena dapat membuat panel surya bergoyang saat diangkat kemudian membentur tembok Gedung AOCC. Jika terjadi hujan maka pemasangan *support* pada atap Gedung dihentikan untuk mencegah adanya air masuk ke dalam lubang baut *support*.

Studi Implementasi Pembangkit..., Fendi Radika Akhdan, FTI UMN, 2020

Regulasi pengadaan barang merupakan kendala lain saat pembangunan PLTS Angkasa Pura II, namun Penulis tidak ikut serta dalam penyelesain masalah karena masalah tersebut diluar ranah Penulis.

Terjadinya kemunduran tanggal *commercial operation date* (COD) PLTS Angkasa Pura II dari tanggal 25 Februari 2020 menjadi tanggal 11 Maret 2020. Kemunduran tanggal tersebut diakibatkan oleh proses pemasangan panel surya dan proses sinkronisasi fasa listrik AC yang memakan waktu lebih lama dari yang diperkirakan.

UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

Gambar 3.7. Foto saat terhentinya pemasangan panel akibat angin kencang.

UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA