

**ANALISA PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN
DI UNIVERSITAS PERTAHANAN SEBAGAI PENDUKUNG KEAMANAN
PASOKAN ENERGI (STUDI KASUS: ENERGI SURYA DAN ANGIN)**

**ANALYSIS OF HYBRID RENEWABLE ENERGY UTILIZATION
IN THE DEFENSE UNIVERSITY TO SUPPORT ENERGY SECURITY
(CASE STUDY: SOLAR AND WIND POWER)**

Dita Asa Panunggul¹, Mohamad Sidik Boedoyo², Nugroho Adi Sasongko³
Program Studi Keamanan Energi, Fakultas Manajemen Pertahanan, Universitas
Pertahanan
(dita.panunggul@idu.ac.id)

Abstrak - Universitas Pertahanan (UNHAN) membutuhkan sumber energi terbarukan sebagai energi pengganti ketika terjadi pemadaman listrik dari PLN. UNHAN yang terletak di kawasan IPSC Hambalang, terletak pada elevasi 600 mdpl di atas permukaan laut dan memiliki posisi geografis pada titik 6.53°LS 106.88°BT. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan PLTS yang sudah terpasang di UNHAN saat ini, menganalisis potensi energi surya dan angin di wilayah UNHAN, serta menganalisis sistem pengintegrasian pemanfaatan listrik dari PLTS dan PLTB (hybrid) berdasarkan kebutuhan energi listrik rata-rata di UNHAN. Panel surya terpasang saat ini berkapasitas 30 kWp yang berada di Auditorium Unhan. Potensi radiasi matahari paling tinggi mencapai 6,05 kWh/m² dan potensi angin di kawasan Unhan yaitu 1,3 m/s termasuk dalam kategori kelompok I dengan kecepatan angin rata-rata 1 - 2,5 m/det, sehingga potensinya kurang baik untuk didayagunakan. Unhan diprediksi dapat menghasilkan listrik dari PLTS sebesar 1608 kWh dari 10 rooftop utama, dengan asumsi mendapat radiasi matahari selama 4 jam. PLTS hanya mampu memenuhi 44% energi listrik pada hari senin-jumat, dan mampu memenuhi 100% dari beban pemakaian pada hari sabtu dan minggu. Sehingga selain dihubungkan dengan grid PLN, genset juga menjadi backup supply ketika terjadi kekurangan pasokan listrik dari PLTS. Pembangkit listrik tenaga surya dengan daya kapasitas 30 kW dapat mengurangi produksi polusi udara sebesar 34,7 tCO₂ dari total emisi faktor GHG sebesar 1,074 tCO₂/MWh atau setara dengan 80,7 barel minyak mentah tidak dikonsumsi per tahun.

Kata Kunci : Emisi, Energi terbarukan, Hybrid system, PLN, PLTS, PLTB, UNHAN.

¹ Dita Asa Panunggul, S.Si, Mahasiswa Program Studi Keamanan Energi, Universitas Pertahanan

² Prof. Mohamad Sidik Boedoyo, M.Eng, Dosen Program Studi Keamanan Energi, Universitas Pertahanan

³ Nugroho Adi Sasongko, Ph.D, Dosen Program Studi Keamanan Energi, Universitas Pertahanan

ABSTRACT - Indonesia Defense University (UNHAN) needs a renewable energy source as a replacement energy in case of a power outage from PLN. UNHAN located in IPSC Hambalang area, located at an elevation of 600 meters above sea level and has a position at point 6.530LS 106.880BT. This research is intended to analyze the utilization of PLTS that is currently installed in UNHAN, analyze the potential of solar and wind energy in UNHAN region, and design system of hydropower PLTS and PLTB (hybrid) based on the need of average electric energy in UNHAN. The currently installed solar panels have 30 kWp capacity in the UNHAN Auditorium. The highest potential of solar radiation reaches 6.05 kWh / m² and the wind potential in the Unhan area of 1.3 m / s belongs to the category of group I with an average wind velocity of 1 - 2.5 m / s, so its potency is not good for use UNHAN is predicted to produce electricity from PLTS of 1608 kWh from 10 main roof, with radiation level for 4 hours. PLTS is only able to fulfil 44% of electrical energy on Monday-Friday, and able to fulfil 100% of usage on Saturdays and Sundays. Likewise with the PLN network, generators also become supply reserves in case of shortage of supply from PLTS. A solar power plant with a capacity of 30 kW can reduce air fuel production by 34.7 tCO₂ from total GHG emission factor of 1.074 tCo₂ / MWh or equivalent to 80.7 barrels of crude oil not consumed per year.

Keywords: Hybrid system, PLN, PLTS, PLTB, Renewable energy, UNHAN.

Pendahuluan

Universitas Pertahanan (UNHAN) merupakan lembaga pendidikan yang bernaung dibawah Kementerian Pertahanan (KEMHAN) yang mengedepankan ilmu pertahanan dan bela negara. UNHAN yang menuju dalam *worldclass university* memiliki fasilitas dan sarana prasarana yang memadai dan bertaraf internasional. Untuk megoptimalkan penggunaan fasilitas dan sarana prasarana dalam proses kegiatan belajar, membutuhkan pasokan energi listrik yang tidak sedikit, energi listrik yang stabil sangat

diperlukan dalam mendukung kinerja serta proses kegiatan belajar. Namun, energi listrik yang dipasok oleh jaringan PLN terkadang mengalami kendala dengan terputusnya aliran listrik yang menimbulkan gangguan pada penggunaan fasilitas belajar yang sebagian besar meggunakan energi listrik, yang dapat menghambat proses belajar baik bersifat teknis maupun non teknis. Selain itu, dengan adanya penambahan ruang kelas tentunya berpengaruh pada penambahan alat elektronik yang mengakibatkan beban pemakaian meningkat. Oleh karena itu

pasokan listrik yang cukup dan handal sangat diperlukan.

Penempatan panel surya di *rooftop* atau atap bangunan dengan memanfaatkan luas atap sebagai penempatan perangkat PLTS terutama panel surya dinilai sangat efektif karena dapat terpapar langsung oleh sinar matahari. PLTS *rooftop* saat ini merupakan salah satu program pemanfaatan PLTS dari Kementerian ESDM dan hampir sebagian besar dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi atau optimasi penggunaan tenaga listrik disebuah bangunan. UNHAN merupakan salah satu instansi yang memanfaatkan salah satu *rooftop* gedung auditorium sebagai lokasi PLTS dengan harapan dapat meningkatkan efisiensi pengguna tenaga listrik yang dipasok dari jaringan PLN. PLTS yang dimiliki oleh UNHAN memiliki kapasitas terpasang 30 kW atau setara dengan 30 KVa. Dengan kapasitas 30 KVa seharusnya dapat mensuplai penerangan dan peralatan pendukung di seluruh gedung Auditorium selain AC. Pemanfaatan PLTS UNHAN saat ini belum optimal dikarenakan fungsi PLTS yang berupa UPS atau sebagai sumber energi cadangan saat jaringan jaringan listrik dari

PLN mengalami gangguan jaringan tidak dapat *memback up* pasokan listrik. Hal ini dikarenakan terjadinya permasalahan *software* yang perlu di perbaharui dan permasalahan pada sistem proteksi dimana sistem mengalami kegagalan pada *inverter battery* sehingga tidak dapat mensuplai jaringan PLN yang sudah terintegrasi dengan PLTS meskipun kondisi baterai memiliki kapasitas yang optimal.

UNHAN juga dilengkapi dengan Generator Set sebagai sumber energi cadangan yang berfungsi *memback up* pasokan energi listrik saat terjadinya gangguan suplai listrik dari PLN atau aliran mengalami pemadaman. Namun berdasarkan kejadian yang terjadi dilapangan, saat pasokan energi listrik dari PLN *cut off*, sarana penyedia listrik cadangan atau *back up* unit tidak bekerja optimal sehingga sebagian atau seluruh peralatan pendukung belajar termasuk penerangan juga ikut *cut off*. Kejadian ini sering terjadi saat pelaksanaan kegiatan belajar yang tentunya sangat mengganggu. Mengingat UNHAN dilengkapi dengan dua sumber energi cadangan yang memiliki kapasitas cukup untuk memenuhi kebutuhan darurat seharusnya hal ini tidak perlu terjadi.

Berdasarkan laporan tagihan PLN yang kami dapatkan dari bagian logistik, UNHAN juga mengalami kenaikan tagihan setiap bulannya.

Dengan adanya kondisi tersebut diatas maka peneliti bermaksud untuk melakukan analisa pemanfaatan energi terbarukan di UNHAN sebagai pendukung keamanan pasokan energi (studi kasus: energi surya dan angin). Tersedianya potensi energi terbarukan yang besar di bukit Hamblang khususnya di kampus UNHAN yaitu potensi angin dan matahari merupakan potensi yang layak untuk dimanfaatkan. Namun potensi energi tersebut belum dimanfaatkan secara optimal. Berkaitan dengan masalah tersebut, maka pertanyaan penelitian yang muncul adalah bagaimana pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya UNHAN saat ini, bagaimana potensi energi surya dan energi angin di wilayah UNHAN, bagaimanakah sistem pengintegrasian yang optimum dari energi terbarukan dan sumber energi yang telah tersedia (grid PLN) berdasarkan kebutuhan rata-rata harian energi listrik di UNHAN. Pada elevasi 600 mdpl di atas permukaan laut dan memiliki posisi geografis pada titik 6.53°LS 106.88°BT . Penelitian ini

bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan PLTS yang sudah terpasang di UNHAN saat ini, menganalisis potensi energi surya dan angin di wilayah UNHAN, serta menganalisis sistem pengintegrasian pemanfaatan listrik dari PLTS dan PLTB (hybrid) berdasarkan kebutuhan energi listrik rata-rata di UNHAN.

Metodologi

Desain penelitian ini merupakan *non-experimental* dengan menggunakan metode kuantitatif. Adapun data primer diperoleh dari data olahan yang bersumber dari instansi dan lembaga baik pemerintah maupun swasta yang terkait dengan pemanfaatan energi surya dan angin serta peneliti melaksanakan pengukuran langsung sebagai data primer. Sedangkan, data sekunder akan diperoleh melalui data klimatologi yang diekstrak dari data NASA. Subyek penelitian dalam penelitian ini adalah orang atau teknisi yang berhubungan dengan operasional atau pemanfaatan energi terbarukan dan kelistrikan UNHAN. Serta para pejabat di UNHAN yang mempunyai wewenang dalam pengelolaan data listrik adalah Karoum, Kabaglog, staf log dan teknisi. Obyek

penelitian ini adalah potensi energi terbarukan khususnya energi surya dan angin yang berada di UNHAN, sistem pengintegrasian PLTS dan PLTB, dan perhitungan besar presentase energi listrik yang dihasilkan oleh energi terbarukan yang mampu menggantikan supply listrik dari PLN.

Teknik analisa data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan analisis optimalisasi *supply* dan *demand* energi listrik dengan menggunakan *software* RETScreen Expert. *Supply* yang dimaksud dalam penelitian ini adalah dari dua sumber yaitu energi terbarukan dan grid PLN. Selanjutnya kami menghitung seberapa besar presentase energi listrik yang dihasilkan oleh PLN yang dapat digantikan oleh energi terbarukan dalam hal ini adalah PLTS dan PLTB.

Pembahasan

Unhan merupakan lembaga pendidikan yang dibangun di atas lahan seluas 47.283 m² yang memiliki sarana dan prasarana yang membutuhkan energi besar. Oleh karena itu Unhan harus dapat memaksimalkan pemanfaatan energi

khususnya energi baru terbarukan dalam negeri yakni berupa tenaga surya dan angin yang memang banyak tersedia. Unhan yang juga memiliki lokasi serta bangunan yang menunjang untuk pemanfaatan energi tersebut, dimana telah mengaplikasikannya dengan memiliki fasilitas panel surya yang telah terinstal pada atap gedung Auditorium yang memiliki kapasitas sebesar 30 kWp setara juga dengan 30 kW dengan kata lain dapat memenuhi penggunaan listrik di siang hari untuk kebutuhan penerangannya.

Sedangkan pada pemenuhan kebutuhan listriknya secara normal, Unhan telah dipenuhi oleh jaringan grid PLN dengan daya kapasitasnya sejak Desember 2015 hingga saat ini sebesar 1,94 MW dimana sebelumnya hanya sebesar 1,385 MW. Namun, saat ini dengan adanya panel surya dan generator set belum dapat meminimalisir pemanfaatan penggunaan listrik di Unhan. Pada tabel 1 menunjukkan angka yang terus meningkat dengan perubahan kapasitas yang dimiliki yaitu menjadi 1,94 MW.

Tabel 1. Pemakaian Beban dan Biaya PLN Tahun 2017

	Bulan	Daya	Pemakaian beban (kWh)		
--	-------	------	-----------------------	--	--

No	N			LWBP	WBP	Total Beban	Total Biaya
						Pemakaian (kWh)	Listrik (Rp)
1	1	Januari	1,940,000	133,060.80	19,435.20	152,496.00	169,001,751
2	2	Februari	1,940,000	141,187.20	19,963.20	161,150.40	177,261,103
3	3	Maret	1,940,000	111,758.40	16,564.80	128,323.20	141,499,349
4	4	April	1,940,000	145,754.40	20,774.40	166,528.80	183,252,054
5	5	Mei	1,940,000	140,851.20	19,372.80	160,224.00	175,995,794
6	6	Juni	1,940,000	159,600.00	21,417.60	181,017.60	198,592,371
7	7	Juli	1,940,000	128,188.80	18,823.20	147,012.00	162,026,436
8	8	Agustus	1,940,000	151,476.00	21,050.40	172,526.40	189,607,186
9	9	Septemb er	1,940,000	165,993.60	23,265.60	189,259.20	208,085,916
10	10	Oktober	1,940,000	161,342.40	22,257.60	183,600.00	201,702,196
11	11	Novemb er	1,940,000	171,636.00	22,190.40	193,826.40	212,259,659
12	12	Desemb er	1,940,000				

Sumber : Data PLN UPJ Citireup yang diolah kembali oleh peneliti

Dari hasil penelitian, peninjauan dan data daya terpasang pada 10 gedung pengumpulan data di lapangan diperoleh utama di Unhan sebagai berikut:

Tabel 2. Daya Terpasang di Unhan

NO	LOKASI	Daya/Wiring Diagram (Watt)
----	--------	----------------------------

		AC	LAMPU	Total
1	Rektorat	137,100.00	66,472.00	203,572.00
2	Renku/Aka/LPPPM	79,240.00	95,760.00	175,000.00
3	Roum/LPPM	79,240.00	95,760.00	175,000.00
4	FMP	79,240.00	95,760.00	175,000.00
5	FSP	79,240.00	95,760.00	175,000.00
6	Kamnas	79,240.00	95,760.00	175,000.00
7	Perpustakaan	79,240.00	195,760.00	275,000.00
8	Dinning Hal	94,500.00	29,028.00	123,528.00
9	Auditorium	88,000.00	41,684.00	129,684.00
10	Gues House	6,000.00	12,774.00	18,774.00

Peneliti berinisiatif untuk menentukan kapasitas panel surya yang memanfaatkan energi surya dan angin akan dipasang selain konsumsi beban pada rooftop gedung-gedung utama yang energi listrik, peneliti melakukan berada di Unhan untuk menjaga pasokan perhitungan luas pada rooftop masing- energi listrik agar tetap stabil. Untuk masing gedung.

Tabel 3. Luas atap gedung di Unhan

No	Nama Bangunan	Luas Atap (m2)
1	Rektorat	702
2	Biro Umum / LPPM	543
3	Renku/LPPPM	543
4	Perpustakaan	543
5	Fakultas Keamanan Nasional	543
6	Fakultas Strategi Pertahanan	543
7	Fakultas Manajemen Pertahanan	543
8	Auditorium	1377
9	Rekreasi dan Ruang Makan	1401
10	Guest House	622

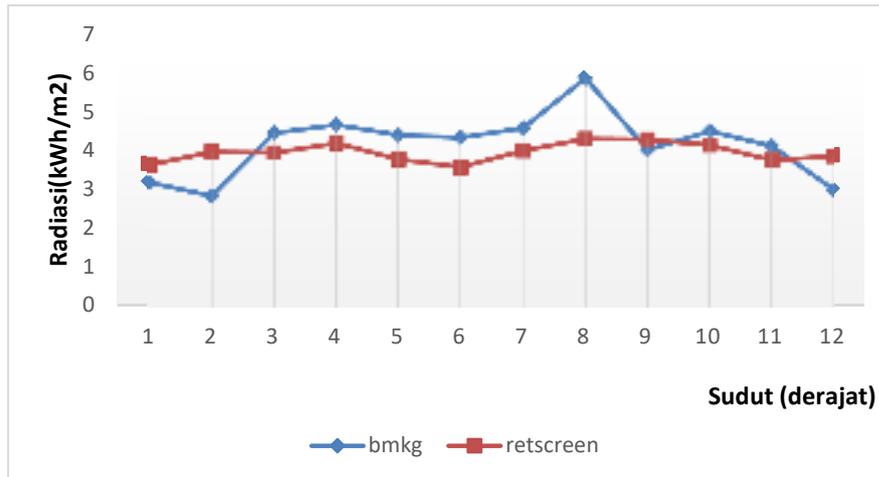
Sumber : Master plan Unhan

Perencanaan PLTS di Unhan

Unhan menerapkan pemanfaatan energi terbarikan dengan emnggunakan PLTS rooftop. PLTS *rooftop* merupakan solusi yang handal bagi penyediaan energi di gedung-gedung perkantoran karena mayoritas gedung perkantoran menggunakan listrik pada siang hari atau jam kerja pasalnya biaya pengadaan listrik yang lebih murah dari diesel ataupun bahan bakar minyak (BBM). Selain itu, perawatan dan pengoperasiannya juga mudah namun dampaknya signifikan untuk mengurangi polusi dan efek rumah kaca. Disamping itu, bentuk PLTS *rooftop* tersebut memiliki keunggulan tersendiri apabila dibandingkan dengan PLTS skala besar, diantaranya lebih mudah dan murah untuk diintegrasikan dengan sistem kelistrikan yang sudah ada, dapat memanfaatkan lahan yang ada

(mengurangi biaya investasi lahan), serta dapat turut mengurangi beban jaringan sistem yang ada.

Intesitas radiasi matahari yang diterima panel surya sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh sistem PLTS, semakin besar intensitas radiasi yang diterima maka daya yang dapat dihasilkan oleh sistem juga semkain besar karena energi matahari merupakan sumber utama dari pembangkitan menggunakan teknologi *photovoltaic*. Pada penelitian ini untuk memaksimalkan radiasi matahari adalah dengan menempatkan panel surya dengan sudut kemiringan yang paling tepat agar dapat menerima radiasi matahari yang paling tinggi. Sudut kemiringan panel surya yang paling tepat agar mendapatkan radiasi yang paling tinggi untuk setiap bulan bervariasi, hal ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan hasil radiasi matahari BMKG dan RETScreen

Validasi yang dilakukan dengan *software* RETScreen adalah pengaruh sudut kemiringan panel surya tipe *array* tetap terhadap radiasi matahari yang dapat diterima oleh panel surya dalam kurun waktu pemasangan setiap tahun. Sudut kemiringan yang digunakan pada *software* RETScreen adalah 1° sampai 90° dengan kenaikan sebesar 1° dan sudut azimuth panel surya sebesar 180°.

Berdasarkan gambar 1 terlihat bahwa sudut kemiringan panel surya untuk menerima radiasi matahari yang paling tinggi cenderung sama yaitu 8°. Besar radiasi matahari yang diterima oleh

panel surya mempunyai nilai yang berbeda, terlihat bahwa radiasi yang dihasilkan oleh RETScreen cenderung lebih besar daripada radiasi yang dihasilkan dari pengukuran BMKG. Perbedaan hasil perhitungan dan pengukuran BMKG dan *software* RETScreen diakibatkan adanya gerak semu harian dan tahunan matahari serta indeks kecerahan yang berbeda serta besar radiasi matahari yang terukur yang digunakan sebagai acuan dalam menghitung radiasi matahari yang dapat diterima oleh panel surya.

Tabel 4. Perkiraan daya yang dapat dihasilkan PLTS rooftop Unhan

Nama Bangunan	Luas Atap (m ²)	Kapasitas PLTS (kWp)	Kemiringan	Daya	Efisiensi Panel Surya
Rektorat	702	38	8°	152 kWh/hari	16%

Biro Umum / LPPM	543	30	8°	120 kWh/hari	16%
Renku/LPPPM	543	30	8°	120 kWh/hari	16%
Perpustakaan	543	30	8°	120 kWh/hari	16%
Fakultas Keamanan Nasional	543	30	8°	120 kWh/hari	16%
Fakultas Strategi Pertahanan	543	30	8°	120 kWh/hari	16%
Fakultas Manajemen Pertahanan	543	30	8°	120 kWh/hari	16%
Auditorium	1377	75	8°	300 kWh/hari	16%
Rekreasi dan Ruang Makan	1401	76	8°	304 kWh/hari	16%
Guest House	622	33	8°	132 kWh/hari	16%

Sumber : diolah oleh peneliti

Kapasitas yang akan dihasilkan oleh PLTS rooftop Unhan terdapat tiga jenis tergantung dari luas atap dari masing – masing gedung. Pada umumnya suatu panel surya memiliki efisiensi hanya sekitar kurang dari 20%, yang berarti secara mudahnya suatu panel surya hanya dapat mengkonversi maksimal sekitar 20% saja dari seluruh energi cahaya yang diterima oleh panel surya.

Sedangkan sisanya dipantulkan kembali ke udara⁴.

Perencanaan PLTB Unhan

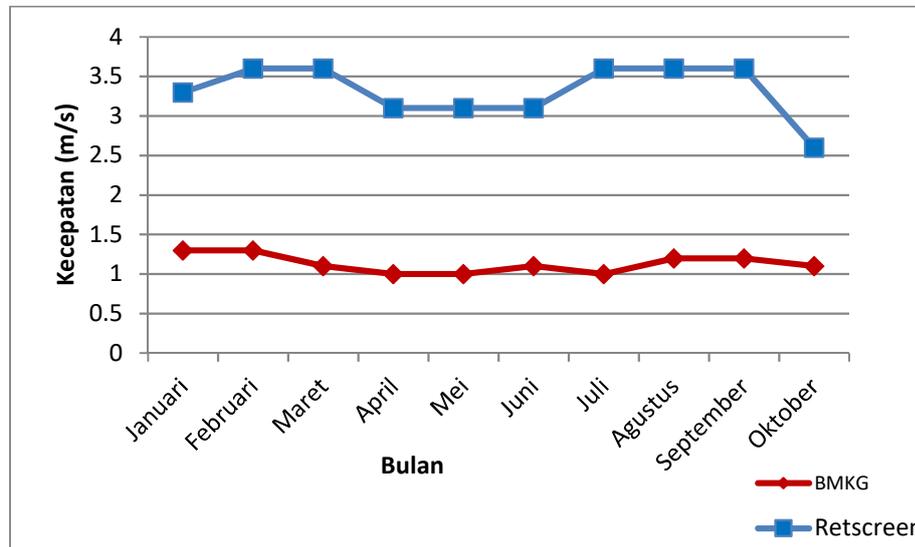
Angin merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik dan tidak dapat habis untuk diperbaharui. Angin adalah energi alternatif yang memiliki prospek baik untuk memenuhi kekurangan energi listrik selain keberadaannya yang selalu

⁴ Bahari, S. (2013). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga angin di Desa Sungai Nibung Kecamatan Teluk

Pakedai Kabuoaten Kubu Raya. *Jurnal Teknik elektro*, 2.

tersedia, energi angin juga merupakan energi yang ramah lingkungan. BMKG Bogor dan NASA mengukur kecepatan angin langsung pada bulan Januari hingga

Oktober 2017. Perbandingan potensi kecepatan angin dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 2. Grafik Kecepatan Angin 2017

Pada gambar 2 terlihat bahwa kecepatan angin dari hasil pengukuran BMKG yang sering terjadi berkisar antara 3-4 km/jam atau setara dengan 1 - 1,3m/s. Kecepatan angin paling tinggi yaitu pada bulan Januari dan februari yaitu 4,7 km/jam atau setara dengan 1,3 m/s. Sedangkan dari hasil pengukuran Retscreen berkisar antara 3 sampai 3,5 m/s. Perbedaan hasil pengukuran ini diperkirakan karena adanya perubahan suhu panas dan dingin pada saat pengukuran. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan data potensi dari BMKG Bogor. Kecepatan angin yang berpotensi untuk dijadikan energi listrik adalah 3 m/s

yang merupakan syarat minimum turbin angin untuk dapat mulai berputar. Namun, potensi angin di wilayah hambalang termasuk dalam kategori kelompok I dengan kecepatan angin rata-rata 1 - 2,5 m/det, sehingga potensinya kurang baik untk didayagunakan. Oleh karena itu, potensi angin di kawasan Unhan belum bisa untuk dijadikan sebagai pembangkit listrik karena potensinya belum memenuhi syarat minimum.

Reduksi Emisi CO₂

Pasokan energi listrik Unhan berasal dari PLTU Surayala. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan

Retscreen 2017, Batubara yang selama ini menjadi bahan bakar dari pembangkit listrik tersebut menghasilkan emisi faktor CO₂ sebesar 294,4 kg/GJ. Kemudian Emisi faktor CH₂ yang dihasilkan 0,0461 kg/GJ dan emisi faktor N₂O sebesar 0,0092 kg/GJ. Dari hasil perhitungan Retscreen, pembangkit listrik tenaga surya dengan daya kapasitas 30 kW dapat mengurangi produksi polusi udara sebesar 34,7 tCO₂ dari total emisi faktor GHG sebesar 1,074 tCO₂/MWh atau setara dengan 80,7 barel minyak mentah tidak dikonsumsi.

Analisa terhadap Ketahanan Energi

Unhan menggunakan energi terbarukan dalam rangka menerapkan indikator eksistensi ketahanan energi pemanfaatan sumber daya listriknya berdasarkan pada segi:

1. *Availability*: Ketersediaan energi dalam jumlah yang memadai untuk keberlangsungan kegiatannya didapatkan dari grid PLN dan penggunaan panel surya. Ketersediaan PLTS dan PLTB memberikan jaminan akan ketersediaan energi untuk proses keberlangsungan kegiatan belajar di Unhan. Ketersediaan energi listrik juga dianggap penting

terhadap peningkatan semangat belajar bagi mahasiswa Unhan, karena sebagian sarana belajar membutuhkan energi listrik.

2. *Accessability*: Aspek kemudahan, keterjangkauan energi sudah termasuk pada wilayah Sentul khususnya Unhan dengan tersedianya jaringan listrik ke Bukit Hambalang ini. Selain itu, potensi energi surya juga berpotensi untuk dijadikan PLTS.
3. *Affordability*: Aspek keterjangkauan energi bagi konsumen dari sisi tingkat keekonomian dalam hal ini adalah pembayaran tagihan penggunaan dilakukan oleh Kemhan dan belum menjadi masalah yang berarti kecuali keterlambatan pembayaran.
4. *Acceptability*: Penerimaan seluruh elemen di kawasan Sentul terutama terhadap perusahaan dan pemanfaatan jenis sumber daya energi tertentu seperti pengembangan EBT telah diterima oleh mahasiswa dan staff Unhan.
5. *Sustainability*: keberlanjutan energi secara terus menerus di Unhan terdapat pada energi surya

dan angin yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi listriknya selain grid PLN.

Analisis sistem pembangkit

Unhan saat ini memiliki generator set sebagai sumber energi cadangan yang berfungsi memback up pasokan energi listrik saat terjadinya gangguan jaringan PLN atau aliran mengalami pemadaman selain PLTS auditorium. Genset yang dimiliki Unhan masing-masing berkapasitas 100 kVA yang berada di dekat gedung auditorium dan 1000 kVA yang berada di depan gedung rektorat. Menurut informasi dari teknisi yang

bertugas pada ruang genset, untuk genset yang berkapasitas 1000 kVA menghabiskan 10 liter solar per jamnya atau setara dengan 1.500 liter solar per bulan dengan asumsi penggunaan genset selama 5 jam pengoperasian. Dalam penelitian ini, PLTS hanya mampu menghasilkan daya 1608 kWh/hari dari beban harian Unhan

Adapun tabel penggunaan arus pada setiap gedung yang ada di Unhan terlihat pada tabel 5 berikut ini. Pengukuran tersebut dilakukan pada jam operasional Unhan. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui gedung yang penggunaan energi listriknya paling tinggi.

Tabel 5. Pengukuran Arus Unhan Senin-Jumat

No	Tempat	Rata-rata (A)					Total	Total kebutuhan beban
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat		
1	Roum/LPPM	44.15	44.15	44.15	44.15	44.15	44.15	
2	Rektorat	46.04	46.04	46.04	46.04	46.04	46.04	
3	Renku/ LP3M	44.15	44.15	44.15	44.15	44.15	44.15	
4	Perpustakaan	24.18	24.18	24.18	24.18	24.18	24.18	
5	Kamnas	24.75	24.75	24.75	24.75	24.75	24.75	25150
6	FSP	33.06	33.06	33.06	33.06	33.06	33.06	kWh/minggu
7	FMP	35.32	35.32	35.32	35.32	35.32	35.32	
8	Auditorium	50.11	55.13	68.79	50.53	50.29	54.97	
9	Dinning Hall	41.61	41.61	41.61	41.61	41.61	41.61	
10	Guest house	8.85	6.63	10.99	8.85	10.99	9.26	

Sumber : diolah oleh peneliti

Pada tabel 5, merupakan pengukuran yang dilakukan pada hari senin sampai jumat. Hari tersebut merupakan hari operasional Unhan dimana penggunaan

energi listrik cenderung tinggi. Total kebutuhan beban per minggu mencapai 25150 kWh pada hari senin sampai jumat.

Tabel 6. Pengukuran Arus Unhan Sabtu-Minggu

No	Tempat	Rata-rata (A)		Total	Total kebutuhan beban
		Sabtu	Minggu		
1	Roum/LPPM	5.58	5.58	5.58	
2	Rektorat	6.99	6.99	6.99	
3	Renku/ LP3M	5.58	5.58	5.58	
4	Perpustakaan	5.58	5.58	5.58	
5	Kamnas	7.25	7.25	7.25	10060
6	FSP	4.5	4.5	4.50	kWh/minggu
7	FMP	4.25	4.25	4.25	
8	Auditorium	10.67	10.67	10.67	
9	Dinning Hall	14.56	14.56	14.56	
10	Guest house	6.63	10.99	8.81	

Sumber : diolah oleh peneliti

Pada tabel 6, merupakan pengukuran yang dilakukan pada hari sabtu dan minggu. Hari tersebut merupakan hari libur Unhan dimana penggunaan energi listrik rendah karena tidak ada kegiatan yang menggunakan energi listrik kecuali penggunaan lampu. Total kebutuhan beban per minggu mencapai 10060 kWh pada hari sabtu dan minggu.

Pada hari senin sampai jumat beban harian Unhan mencapai 25.150 kWh per minggu sedangkan daya yang dihasilkan PLTS hanya mencapai 11.256 kWh per minggu. Dalam hal ini, PLTS hanya mampu memenuhi sekitar 44 % dari kebutuhan beban pemakaian di Unhan serta menghemat sekitar Rp 12.087.912 per minggu dari total biaya listrik, sehingga selain dihubungkan dengan grid PLN, genset juga menjadi *backup supply* ketika

terjadi kekurangan pasokan listrik dari PLTS. Sedangkan pada hari sabtu dan minggu beban pemakaian listrik hanya mencapai 10.060 kWh per minggu, sehingga PLTS mampu memenuhi 100% dari kebutuhan beban pemakaian. Hal ini dikarenakan pada hari sabtu dan minggu bukan merupakan hari operasional Unhan, sehingga kebutuhan energi listrik tidak terlalu tinggi seperti pada hari senin sampai jumat.

Kesimpulan

- PLTS Unhan saat ini sudah memiliki jaringan instalasi untuk memback up 10 ruang kelas dan ruang auditorium yang berupa sistem penerangan dan peralatan pendukung kecuali AC.

- b. Potensi angin di kawasan Unhan yaitu 1,3 m/s sehingga belum dapat untuk dijadikan sebagai pembangkit listrik karena potensinya belum memenuhi syarat minimum untuk memutar turbin yaitu 3 m/s.
- c. Unhan diprediksi dapat menghasilkan listrik dari PLTS sebesar 1608 kWh dari 10 rooftop utama, dengan asumsi mendapat radiasi matahari selama 4 jam. Daya yang dihasilkan oleh PLTS rooftop belum dapat memenuhi kebutuhan listrik Unhan yang mencapai 5030 kWh.
- d. Pada hari senin sampai jumat beban harian Unhan mencapai 25150 kWh per minggu sedangkan daya yang dihasilkan PLTS hanya mencapai 11256 kWh per minggu sehingga PLTS hanya mampu memenuhi sekitar 44 % dari kebutuhan beban pemakaian di Unhan. Sedangkan pada hari sabtu dan minggu beban pemakaian listrik hanya mencapai 10060 kWh per minggu, sehingga PLTS mampu memenuhi 100% dari kebutuhan beban pemakaian.
- e. Pembangkit listrik tenaga surya dengan daya kapasitas 30 kW dapat mengurangi produksi polusi udara sebesar 34,7 tCO₂ dari total emisi faktor GHG sebesar 1,074 tCO₂/MWh atau setara dengan 80,7 barel minyak mentah tidak dikonsumsi per tahun.
- f. Unhan menggunakan energi terbarukan dalam rangka menerapkan indikator eksistensi ketahanan energi pemanfaatan sumber daya listriknya berdasarkan pada aspek *Availability: Accessibility, Affordability, Acceptability, Sustainability:*

Saran

- a. PLTS ditetapkan sebagai sistem on grid dimana cara mengalirkan listriknya langsung dari panel surya tanpa menggunakan baterai, Sistem On Grid bekerja sama dengan arus listrik dari PLN sebagai penghubung atau penyalur arus listrik dari panel surya kepada beban. Sehingga seluruh penggunaan listrik pada waktu siang hari dihasilkan dari panel surya kepada beban. Sistem ini juga

dapat membantu mengurangi tagihan biaya listrik dari PLN.

- b. Mengadakan bimbingan dan pelatihan mengenai jaringan PLTS pada teknisi agar mempermudah dalam pemeliharaan dan *maintenance*.
- c. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menganalisis biaya keekonomian PLTS yang akan diterapkan di Unhan
- d. Menganalisis sistem hibrid PLTS dengan diesel yang ada di Unhan.
- e. Implementasi sistem hibrid PLTS dapat dilakukan pada kawasan lain yang memiliki potensi yang besar dan mengalami masalah keterandalan pasokan energi.
- f. Memberikan dukungan terhadap pemanfaatan EBT sebagai sumber energi, serta menggali potensi EBT lainnya di wilayah Unhan untuk di aplikasikan, agar Unhan menjadi *green campus* yang mengedukasi dan sebagai contoh untuk lembaga pendidikan lainnya.
- g. Memasang seluruh atap gedung dengan panel surya
- h. Memasang sistem kontroler di auditorium untuk mengaktifkan

kembali sistem PV di atas auditorium yang tidak berfungsi

Daftar Pustaka

- Alhusayni, S. (2017). *Cost Benefit Analysis of PV and Storage Installation at Murdoch University*. Perth: Murdoch University.
- Arfita Yuana Dewi, A. (2013). Pemanfaatan energi surya sebagai suplai cadangan pada laboratorium elektro dasar di institut teknologi padang. *Jurnal teknik elektro*, 21.
- Arota, A. S. (2013). Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida (Energi angin dan matahari) menggunakan Hybrid Optimization Model For Electric Renewables Energi. *Jurnal MIPA UNSRAT Online* 2, 2.
- Bahari, S. (2013). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga angin di Desa Sungai Nibung Kecamatan Teluk Pakedai Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Teknik elektro*, 2.
- Bharj R.S., Kumar S. (2015). Energy efficient hybrid solar system for cold storage in remote areas. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. Vol. 4 hal. 315-318.
- Bharj R.S., Kumar S., Kumar R. (2015). Study on solar hybrid system for cold storage. *International Journal of Research in Management, Science & Technology*. Vol. 3. hal 71-74.
- BIN. (2015). *Ketahanan Energi Indonesia 2015-2025 Tantangan dan Harapan*. Jakarta: cv. rumah buku.

- BPPT. (2013). kajian roadmap pengembangan energi storage. *kajian roadmap pengembangan energi storage* , 39.
- Cahyonugroho, O. H. (2014). Pengaruh Intensitas Sinar Ultraviolet Danpengadukan Terhadap Reduksi Jumlah . *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* , 2.
- Endhah Purwandari, T. W. (2013). Analisis Perhitungan Efisiensi Sel Surya Berbasis A-Si:H dalam Penentuan Temperatur Filamen Optimum Bahan. *Jurnal Ilmu Dasar* , 3-4.
- Energy Plan. (2016, 2 1). *Energy Plan*. Retrieved 8 19, 2017, from Advanced Energi System Analisis Computer Model: <http://www.energyplan.eu/othertools/allscales/retscreen/>
- Engelbertus, T. (2014). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Catu Daya Tambahan Pada Hotel Kini Kota Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro* , 7-8.
- F. Eko Wismo Winarto, S. (2013). Potensi Pembangkitan Listrik Hybrid Menggunakan Vertical Axis Wind Turbine Tipe Savonius dan Panel Sel Surya. *Jurnal Teknologi* , 6.
- Heri, J. (2013). Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Cell Kapasitas 50 Wp. 7-8.
- Nyoman S Kumara, I. W. (2013). Tinjauan Kenadaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang. *Tinjauan Kenadaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang* , 78.
- Pangestu D.L, H. K. (2012). Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari yang Diterima Oleh Panel Surya Tipe Array Tetap. *Jurnal Tekni Elektro* , 6-7.
- PT Hexamitra. (2017, desember 2). *Paket Listrik Energi Terbarukan dan Efisiensi Energi*. Retrieved januari 1, 2018, from <http://www.hexamitra.co.id>: <http://www.hexamitra.co.id/solusi.php>
- S.G., R. C. (2016). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry. *Seminar Nasional Cendekiawan* , 2.
- Santosa, A. W. (2014). Pemanfaatan Tenaga angin dan Surya Sebagai Alat Pembangkit Listrik pada Perahu. *KAPAL* , 2.
- Setiawan, D. (2016). *Analisa Pemanfaatan tenaga Surya Pada Office Building Untuk Mendukung Ketahanan Energi*. Bogor: Universitas Pertahanan.
- Solar Surya Indonesia. (n.d.). *solarsuryaindonesia.com*. Retrieved 8 19, 2017, from Solar Surya Indonesia: <http://solarsuryaindonesia.com/>
- Soraya, P. A. (2016). *Analisis Pemanfaatan Sumber Energi Listrik Untuk Efisiensi Konsep Eco-Smart Building (Studi Pada Universitas Pertahanan)*. Bogor: Universitas Pertahanan.
- Suryawan. (2011, 4 1). *Info Listrik NTB*. Retrieved 8 5, 2017, from Hydro system: <https://suryawan12.wordpress.com/2011/03/01/hybrid-power-system/>