

Kajian dan Evaluasi Sistem Suplai Energi Listrik PLTS dan PLTB di Kampus Teknik Elektro Universitas Udayana Bukit Jimbaran Bali

Intan Aprilia Medina¹, I. A. D. Giriantari², I. W. Sukerayasa³

Abstract—Hybrid PLTS and PLTB can overcome the demand for electrical energy, so it need a hybrid power plant (PLTH). One application of the concept of hybrid power generation with microgrid system is located at Electrical Engineering Program Faculty of Engineering Udayana University Bukit Jimbaran, Bali. This PLTH is a collaborative project between Udayana University and ESDM Ministry. PLTH in Electrical Engineering Udayana requires the study and evaluate the energy supply system from the power generation to know the performance of PLTS and PLTB. This study uses software HOMER (Hybrid Optimization Model For Electric Renewable) free trial version. A performance analysis show that PLTS and PLTB cannot full covering the electricity load in September, October and November 2017. The real condition of electricity production from PLTS reaches 26.750,83 kWh per year, while the HOMER simulation is 35.956 kWh per year. Real condition of electric energy production from PLTB reach 4555,78 kWh per year, while the HOMER simulation is 33521 kWh per year. The whole production of HOMER simulated electrical energy is bigger than real condition. The reduction of energy reaches 31306,62 kWh per year or 64% of the total electric loads.

Intisari— Adanya pembangkit listrik hibrid (PLTH) dapat mengatasi permintaan energi listrik yang ada saat ini. Salah satu penerapan konsep pembangkit listrik hibrid dengan sistem jaringan mikro berada di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana Bukit Jimbaran, Bali. PLTH ini merupakan proyek kolaborasi antara Universitas Udayana dan Kementerian ESDM. PLTH di Teknik Elektro Udayana membutuhkan kajian dan evaluasi dari sistem suplai energi dari pembangkitan tenaga listrik tersebut agar mengetahui performa PLTS dan PLTB. Studi ini menggunakan software HOMER (Hybrid Optimization Model For Electric Renewable) free trial version. Telah dilakukan analisis performa yang menunjukkan bahwa PLTS dan PLTB gedung DH tidak mampu memenuhi beban listrik pada bulan September, Oktober serta November 2017. Produksi energi listrik PLTS di Teknik Elektro mencapai 26.750,83 kWh per tahunnya, sedangkan pada simulasi HOMER sebesar 35.956 kWh per tahun. Produksi energi listrik PLTB di Teknik Elektro mencapai 4555,78 kWh per tahunnya, sedangkan pada simulasi HOMER lebih besar sebesar 33521 kWh per tahun. Seluruh produksi energi listrik simulasi HOMER lebih besar dari kondisi riil di lapangan. Pengurangan energi listrik setelah adanya hibrid ini mencapai 31306,62 kWh per tahun atau sebesar 64 % dari total beban listrik.

Kata Kunci—Hibrid, PLTS, PLTB, Penghematan Energi Listrik

¹Mahasiswa, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Pulau Adi No. 52 Denpasar, INDONESIA Hp: 089678759074; e-mail: intanapm@gmail.com

^{2,3} Staf Pengajar Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jalan Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA telp: 0361-703315; fax: 0361-703315

I. PENDAHULUAN

Energi baru terbarukan merupakan salah satu solusi untuk mengatasi kebutuhan listrik yang semakin meningkat dengan proyeksi rata-rata kebutuhan listrik di Indonesia sebesar 6,86% berdasarkan data RUPTL PT PLN (Persero) 2018-2027. Hal ini mendorong adanya upaya pencapaian target porsi energi baru dan terbarukan (EBT) sekitar 23% pada tahun 2025 [1]. Penggunaan energi terbarukan di Indonesia sebagai salah satu alternatif untuk meminimalkan kerusakan lingkungan sebagai dampak kegiatan eksplorasi. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) merupakan contoh pengembangan dari pemanfaatan energi terbarukan yang memanfaatkan energi surya dan energi angin sebagai energi primer. Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid ini dapat digunakan pada sistem jaringan listrik mikro (*microgrid*) [2].

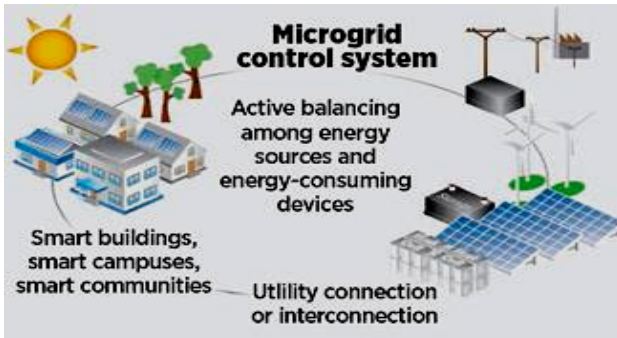
Implementasi konsep *microgrid* dan PLTH (Pembangkit Listrik Hibrid) sedang berkembang di Indonesia. Penerapan konsep PLTH dengan sistem jaringan mikro pada area pendidikan ini terletak di Universitas Udayana, tepatnya di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Bukit Jimbaran, Bali. PLTH di Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana merupakan hibridisasi antara PLTS dan PLTB yang menghasilkan energi listrik dalam skala kecil. PLTH ini terletak di atas atap gedung DH seluas 33 meter x 16,5 meter. Gedung DH adalah tempat dimana aktifitas pembelajaran mahasiswa dilaksanakan. Letak Geografis gedung DH yaitu 08°47'45,3"LS 115°10'26"BT [3][10].

Pembangkit Listrik Hibrid yang ada di Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana membutuhkan evaluasi dari sistem suplai energi dari pembangkitan tenaga listrik tersebut agar mengetahui kinerja PLTH (PLTS dan PLTB). Kajian dan evaluasi kinerja PLTH yang dimaksudkan yaitu apakah sistem pembangkit tersebut mampu mensuplai energi listrik dan memenuhi kebutuhan listrik secara baik dan kontinyu di Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana, khususnya kebutuhan listrik yang terdapat di gedung DH. Evaluasi sistem PLTH ini menggunakan simulasi HOMER (Hybrid Optimization Model For Electric Renewable) free trial version. Simulasi ini dapat membantu menganalisis kelayakan dari sebuah sistem PLTH yang dilihat dari data beban listrik dan data keluaran sistem suplai pembangkit listrik. Penelitian ini menggunakan data konsumsi energi listrik gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana, serta data output listrik PLTS, PLTB bulan September, Oktober dan November 2017. Simulasi HOMER dilakukan dengan menggunakan potensi radiasi matahari, potensi angin, data beban listrik, serta kecepatan rata-rata angin sebagai input.



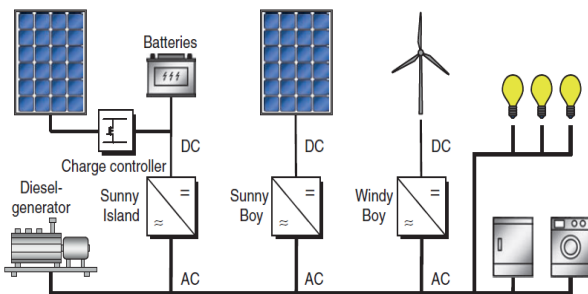
II. MICROGRID

Microgrid merupakan sistem distribusi skala kecil, yang terdiri dari sumber energi terdistribusi, yang meliputi mikro turbin, *fuel cells*, PV dan lain sebagainya, dengan media penyimpanan energi (*flywheels*, kapasitor energi dan baterai) serta beban yang fleksibel. *Microgrid* biasanya terletak pada tegangan rendah dan harus dapat bekerja pada kondisi normal (*grid connected*) dan kondisi operasi darurat (*islanded*), sehingga dapat meningkatkan keandalan [4].



Gambar 1 : Sistem Mikrogrid [5]

Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana telah menerapkan *microgrid system* pada gedung DH Teknik Elektro. *Microgrid system* ini adalah bentuk kerja sama antara Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana dengan Kementerian ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia). Sistem mikrogrid ini memiliki beberapa komponen, salah satunya yaitu pembangkit listrik hibrid antara PLTS dan PLTB.



Gambar 2 : Sistem Hibrid [7]

Sistem pembangkit listrik hibrid merupakan sistem yang melibatkan dua atau lebih sistem pembangkit listrik. Pada umumnya sistem pembangkit yang banyak digunakan pada sistem *hybrid* adalah PLTS, genset, PLTMH, dan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB). Kombinasi pembangkit sistem *hybrid* dapat dikelompokkan menjadi PLTS-genset, PLTS-PLTMH, PLTS-PLTB, dan lainnya. Di Indonesia, sistem *hybrid* sedang berkembang, baik PLTS-genset, PLTS-PLTMH, maupun PLTS-PLTB-PLTMH [6].

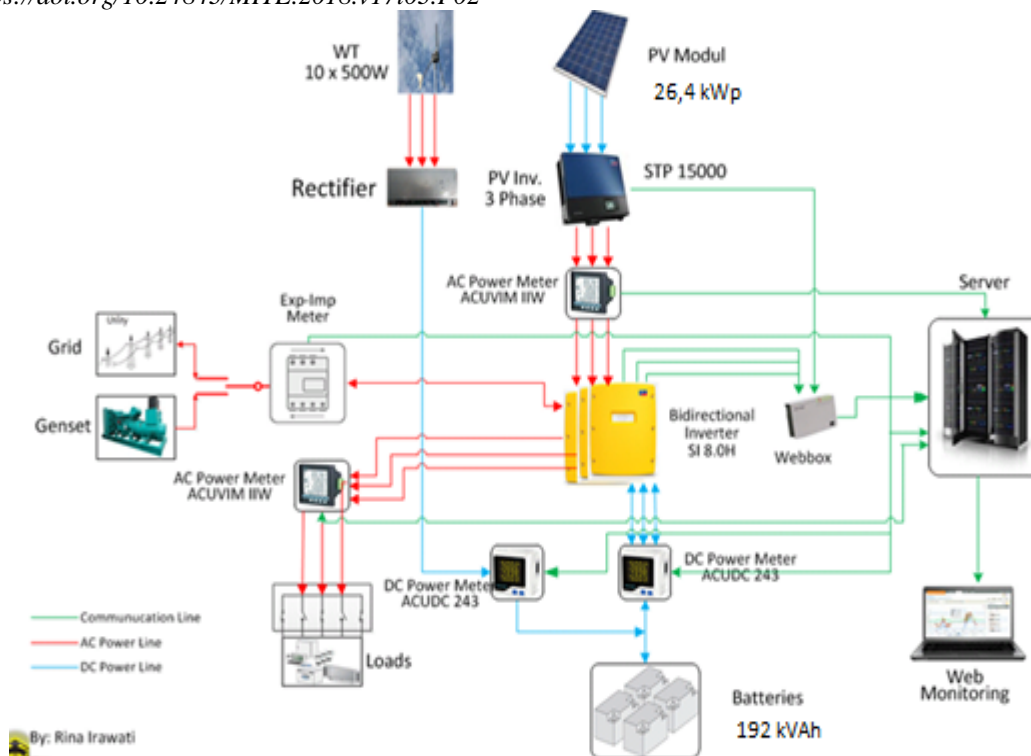
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sistem Kelistrikan Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana

Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana terdiri dari 3 gedung yaitu gedung DH, gedung DI dan gedung DJ. Sistem mikrogrid terletak di gedung DH Teknik Elektro. Gedung DH digunakan untuk sarana belajar mengajar antara dosen dengan mahasiswa. Konsumsi energi listrik yang ada di setiap kelas berasal dari berbagai macam beban, seperti beban lampu, beban AC (*Air Conditioner*), proyektor dan beban kotak kontak lainnya. *Microgrid system* gedung DH memiliki sumber pembangkit listrik energi terbarukan yang terdiri dari PLTS serta PLTB.

Pembangkit listrik utama gedung DH Teknik Elektro yaitu PLTB berjumlah 10 dengan kapasitas masing-masing 500 Watt dan PLTS 80 modul dengan kapasitas masing-masing 330Wp. Dalam sistem ini PLTS dirancang untuk mencukupi beban listrik gedung DH secara langsung, sedangkan PLTB ini dirancang untuk mengisi baterai terlebih dahulu. *Output* AC dari PLTB akan masuk ke sebuah *rectifier* dan diubah menjadi DC sebelum menuju ke baterai. Sedangkan *output* DC dari PV (PLTS) akan masuk ke sebuah *inverter* untuk diubah menjadi AC sebelum memenuhi kebutuhan listrik gedung DH. *Output* PLTB dan PLTS, serta beban listrik gedung DH terekam langsung ke web sistem *smart microgrid* monitoring P3TKEBTKE Udayana. Proses perekaman secara *real time* ini dibantu oleh alat *Power and Energy Meter* bernama "Acuvim II Series".

Output PLTS yang telah berupa listrik AC akan masuk ke *bidirectional inverter* dan akan menuju beban. *Output* PLTB berupa DC akan menuju ke media penyimpanan yaitu baterai 192 kVAh sebelum masuk ke beban. Apabila beban listrik rendah, sedangkan pembangkitan listrik tinggi maka *output* akan digunakan untuk *charging* baterai. Ketika SOC (*State Of Charge*) baterai mencapai kondisi penuh, maka kondisi kelebihan energi listrik (*excess energy electricity*) akan terjadi dan energi listrik tersebut akan terbuang. Apabila baterai berada dalam kondisi *charging*, maka baterai tidak dapat bersamaan menyuplai beban gedung DH. Pada siang hari, baterai akan mengalami *charging* apabila terdapat *output* PLTS yang tidak terpakai untuk beban gedung DH. Kondisi *charging* baterai akan menjadi *discharge* ketika SOC baterai mencapai 98 %, sedangkan apabila SOC baterai menunjukkan ≤ 40 % dan tidak ada *charging* dari PLTS dan PLTB tidak memenuhi suplai daya listrik ke baterai maka jaringan PLN akan masuk dan *charging* baterai hingga menunjukkan SOC 80%. Skema mikrogrid di Program Studi Teknik Elektro ditunjukkan pada gambar 3.

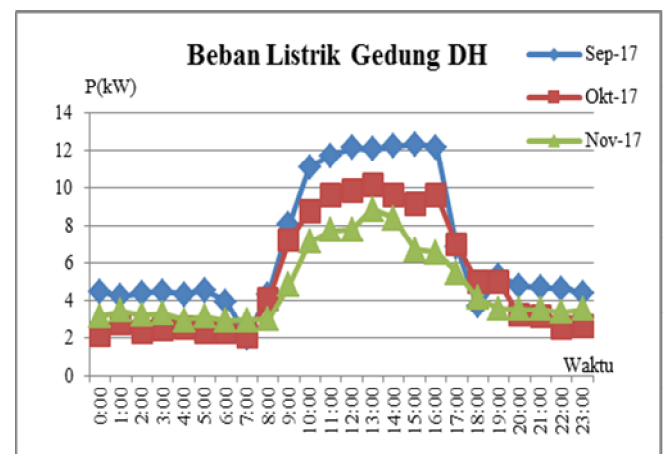


Gambar 3 : Skema Mikrogrid Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana [3]

B. Data Pengukuran Beban Listrik Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana

Pengukuran beban listrik yang ada di gedung DH diperoleh dengan bantuan *Power and Energy Meter* "Acuvim II series" yang terekam langsung ke web sistem *smart microgrid* P3TKEBTKE Udayana. Data konsumsi energi listrik yang digunakan untuk mendukung kajian dan evaluasi sistem suplai pembangkitan hibrid gedung DH yaitu data beban bulan September 2017, Oktober 2017, hingga November 2017. Data konsumsi energi listrik 3 bulan tersebut digunakan dikarenakan data sistem pembangkitan yang terekam lebih lengkap oleh web sistem *smart microgrid* ada pada bulan-bulan tersebut. Ketiga bulan tersebut menunjukkan kondisi beban listrik yang mengalami peningkatan mulai pukul 08.00 WITA hingga mengalami penurunan kembali pada sore hari, hal ini dikarenakan adanya aktifitas perkuliahan pada pukul 08.00 WITA dan berakhir pada 16.00 WITA. Gambar 4 juga menunjukkan beban listrik yang berbeda beda setiap bulannya pada pukul 00.00 WITA – 06.00 WITA dan 18.00 WITA – 23.00 WITA.

Rata-rata beban listrik tertinggi yaitu berada pada bulan September 2017 sebesar 6,76772 kW dan yang terendah berada pada bulan November 2017 sebesar 4,69625 kW. Sedangkan rata-rata beban untuk 3 bulan tersebut yaitu 5,55921 kW. Kondisi beban listrik gedung DH ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 : Beban Listrik Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana

Konsumsi energi listrik gedung DH yang berbeda-beda dapat dipengaruhi oleh suhu pada 3 bulan tersebut. Contohnya, semakin tinggi suhu suatu wilayah maka *air conditioner* akan lebih bekerja keras. Pada 3 bulan yang dianalisis, bulan September mempunyai rata-rata beban listrik yang paling tinggi terkorelasi dengan suhu tertinggi, sedangkan rata-rata beban listrik dengan terkorelasi suhu terendah yaitu bulan November. Suhu rata-rata dalam tahun 2017 terekam di *software* HOBOWare dengan sensor suhu yang terletak di lingkungan Teknik Elektro seperti yang ditunjukkan pada tabel I.



TABEL I
DATA SUHU TEKNIK ELEKTRO TAHUN 2017

Bulan	Suhu (F)
Januari	151,12
Februari	142,65
Maret	113,91
April	122,48
Mei	108,50
Juni	298,99
Juli	195,64
Agustus	444,63
September	364,18
Oktober	336,00
November	322,46
Desember	359,88
Rata-rata	246,70

RATA-RATA BULANAN SOLAR GLOBAL HORIZONTAL IRRADIANCE (GHI) 2017

Bulan	Radiasi Harian (kWh/m ² /hari)	Clearness Index
Januari	4,11	0,378
Februari	4,26	0,392
Maret	4,98	0,475
April	5,10	0,527
Mei	4,87	0,556
Juni	3,48	0,421
Juli	4,53	0,535
Agustus	4,81	0,520
September	5,64	0,557
Oktober	5,18	0,485
November	4,07	0,376
Desember	3,80	0,351
Rata-rata	4,57	0,460

C. PLTS di Gedung DH Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana

PLTS yang berada di Teknik Elektro Universitas Udayana ditunjukkan pada gambar 5.

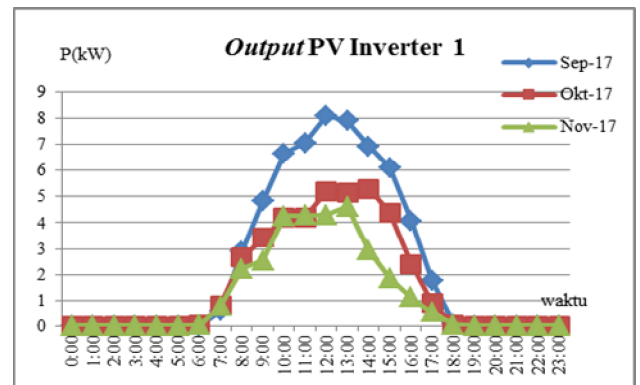


Gambar 5 : PLTS di Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana

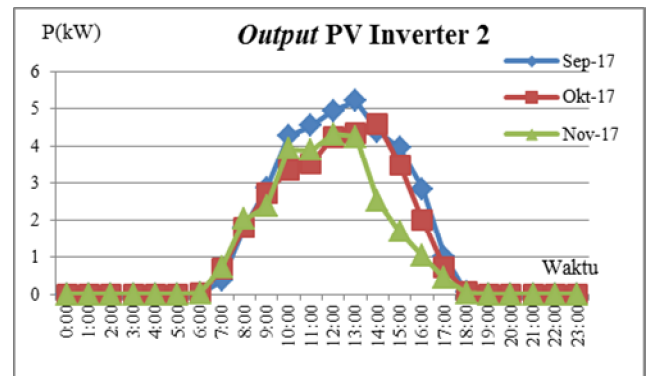
Output dari suatu PLTS dipengaruhi oleh adanya iradiasi matahari. Dari hasil *weather station* rata-rata iradiasi harian matahari yang berada di wilayah Program Studi Teknik Elektro Udayana Bukit Jimbaran yaitu 4,57 kWh/m²/hari seperti yang ditunjukkan pada tabel II. Data iradiasi matahari ini terekam pada *software* HOBOWare melalui sensor radiasi matahari yang terletak di lingkungan Teknik Elektro. Tabel II menunjukkan grafik iradiasi matahari dan *clearness index* selama tahun 2017. *Clearness index* adalah kejernihan suatu atmosfer bumi, semakin tinggi *clearness index*, maka makin besar iradiasi matahari. Kolom *clearness index* diperoleh dari hasil perhitungan HOMER ketika memasukkan nilai radiasi matahari. Pada tabel II, *clearness index* dan radiasi matahari paling tinggi ditunjukkan pada bulan September 2017.

TABEL II

Output PLTS yang dianalisis yaitu keluaran PLTS dari kedua *inverter* pada bulan September 2017, Oktober 2017, serta November 2017. Output PLTS yang ditampilkan yaitu mulai pukul 06.00 WITA-18.00 WITA, hal ini dikarenakan cahaya matahari mulai terbit dan terbenam pada pukul tersebut seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 dan 7.



Gambar 6 : Output PLTS Inverter Pertama Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana



Gambar 7 : Output PLTS Inverter Kedua Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana

Total keluaran daya listrik dari PLTS *inverter* pertama dengan PLTS *inverter* kedua yaitu pada bulan September sebesar 7,760254 kW , bulan Oktober 2017 sebesar 5,847188

kW, bulan November 2017 sebesar 4,715050 kW. *Output* daya listrik yang dihasilkan PLTS *inverter* kedua lebih kecil dari PLTS *inverter* pertama.

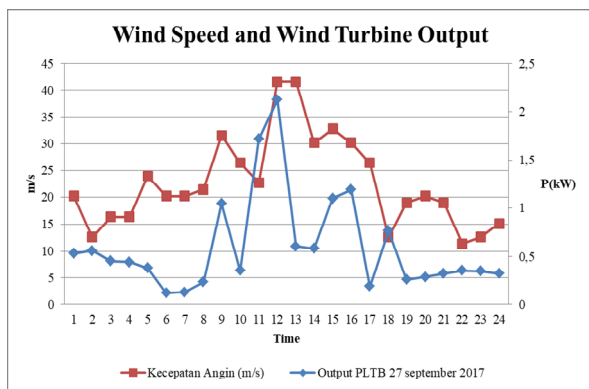
D. PLTB di Gedung DH Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana

PLTB yang berada di atap gedung DH berjumlah 10 buah *wind turbine*. PLTB gedung DH terdapat dua tipe yang berbeda yaitu 2 buah *wind turbine* berasal dari China dengan diameter bilah 1,2 meter terbuat dari *fiber*, sedangkan 8 *wind turbine* lainnya berasal dari Indonesia dengan julukan *sky dancer* yang dibuat oleh Ricky Elson dengan diameter bilah 80 cm terbuat dari kayu pinus. Setiap PLTB memiliki kapasitas pembangkitan 500 watt, sehingga total kapasitas dari seluruh PLTB dapat mencapai 5 kW.



Gambar 8 : PLTB Gedung DH Teknik Elektro Udayana

Kecepatan angin sangat mempengaruhi hasil *output* dari sebuah PLTB, semakin besar kecepatan angin, maka semakin besar potensi PLTB untuk menghasilkan daya listrik yang besar seperti gambar 9. Data kecepatan angin yang telah direkam oleh sensor akan masuk pada *software* HOBOWare. Data kecepatan angin selama setahun yang terdapat di lingkungan Teknik Elektro ditunjukkan pada tabel III.



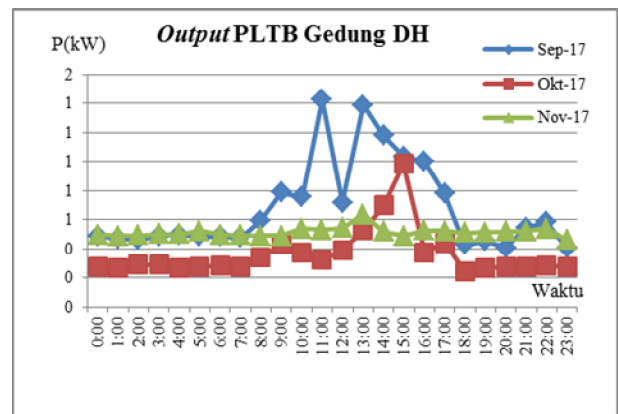
Gambar 9: Kecepatan Angin dan *Output* PLTB 27 September 2017 di Gedung DH Teknik Elektro Udayana

TABEL III
 RATA-RATA KECEPATAN ANGIN DI
 TEKNIK ELEKTRO 2017

Bulan	Kecepatan Angin (m/s) Teknik Elektro	Arah Asal Angin
-------	---	-----------------

Januari	10,29	Barat
Februari	13,89	Barat
Maret	8,32	Barat
April	6,44	Timur
Mei	10,40	Timur
Juni	14,92	Timur
Juli	18,28	Timur
Agustus	17,61	Timur
September	11,90	Timur
Oktober	16,87	Timur
November	4,61	Timur
Desember	10,20	Barat
Rata-rata	11,98	

Output PLTB gedung DH yang dianalisis yaitu *output* pada bulan September 2017, Oktober 2017, serta 2017. Data *output* daya listrik ini diperoleh di sebuah web *smart microgrid* monitoring. *Output* daya listrik yang dihasilkan PLTB gedung DH ini ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10: *Output* PLTB Gedung DH Teknik Elektro Udayana

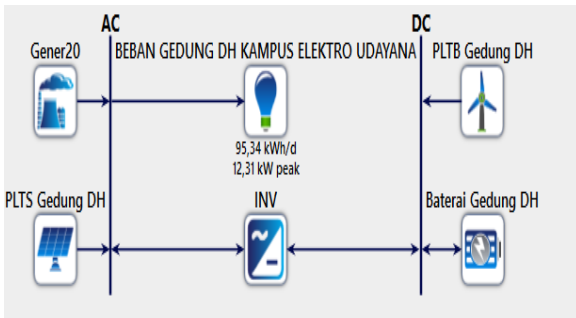
Output daya listrik dari PLTB Gedung DH ini memiliki *output* yang berubah-ubah, hal ini disebabkan oleh kecepatan angin yang ada di wilayah tersebut tidak menentu.

Rata-rata daya listrik tertinggi oleh PLTB ini terdapat pada bulan September 2017, yaitu sebesar 0,68086 kW. Rata-rata keluaran daya listrik terendah terdapat pada bulan Oktober 2017 yaitu sebesar 0,36410 kW. Rata-rata *output* daya listrik dari ketiga bulan ini yaitu 0,52006 kW. Hasil ini tidak sesuai dengan potensi angin yang ada dikarenakan pada bulan Oktober banyak dilakukan perbaikan pada PLTB, sehingga banyak data yang tidak terekam pada tanggal-tanggal tertentu.

D. Analisis *Output* PLTS dan PLTB dengan *Software* HOMER Free Trial Version

Gambar 11 menunjukkan simulasi desain skematik mikrogrid di gedung DH Teknik Elektro.





Gambar 11 : Desain Skematik Mikrogrid Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana

Kapasitas total pembangkitan listrik dari PLTS gedung DH dapat mencapai 26,4 kW. Akan tetapi, rata-rata daya listrik yang dapat tersuplai untuk memenuhi beban gedung DH yaitu sebesar 4,10 kW. *Output* maksimal yang dikeluarkan PLTB ini yaitu 23,4 kW. Adapun faktor kapasitas yang terdapat pada evaluasi tersebut diperoleh dari rata-rata *output* PLTS dibagi dengan kapasitas total PLTS, hasilnya yaitu sebesar 15,5 %. Produksi listrik PLTS selama setahun dapat mencapai 35956 kWh per tahun seperti yang ditunjukkan pada tabel IV.

TABEL IV
PRODUKSI ENERGI LISTRIK PLTS SIMULASI HOMER

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	26,4	kW
Mean Output	4,10	kW
Mean Output	98,5	kWh/d
Capacity Factor	15,5	%
Total Production	35956	kWh/yr
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	23,4	kW
PV Penetration	103	%
Hours Of Operation	4385	hrs/yr

Pada tabel V menunjukkan bahwa total kapasitas pembangkitan listrik dari PLTB gedung DH dapat mencapai 5,24 kW. Akan tetapi, rata-rata daya listrik yang dapat tersuplai untuk memenuhi beban gedung DH yaitu sebesar 3,83 kW. Faktor kapasitas yang terdapat pada evaluasi tersebut diperoleh dari rata-rata *output* PLTB dibagi dengan kapasitas total PLTB, adapun hasilnya yaitu sebesar 73 %. Produksi listrik PLTB selama setahun dapat mencapai 33521 kWh per tahun.

TABEL V
PRODUKSI ENERGI LISTRIK PLTB SIMULASI HOMER

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	5,24	kW
Mean Output	3,83	kW
Capacity Factor	73	%

Total Production	33521	kWh/yr
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	5,24	kW
Wind Penetration	96,3	%
Hours Of Operation	7990	hrs/yr

Tabel VI menunjukkan PLTS dan PLTB tidak dapat memenuhi rata-rata beban listrik pada bulan September, Oktober serta November 2017. Rata-rata beban listrik yang ada di bulan September 2017 sebesar 162,42528 kWh dan rata-rata suplai energi listrik oleh PLTS bulan September 2017 sebesar 93,12305 kWh, serta suplai energi listrik oleh PLTB bulan September 2017 sebesar 16,34064 kWh. Pada bulan Oktober 2017, rata-rata beban listrik sebesar 125,12808 kWh dan PLTS menyuplai rata-rata energi listrik sebesar 70,16626 kWh, serta suplai energi listrik oleh PLTB bulan Oktober 2017 sebesar 8,738400 kWh. Sedangkan rata-rata beban listrik yang ada di bulan November 2017 sebesar 112,71000 kWh dan rata-rata suplai energi listrik oleh PLTS bulan November 2017 sebesar 56,58060 kWh, serta suplai energi listrik oleh PLTB bulan November 2017 sebesar 12,36576 kWh.

TABEL VI
OUTPUT PLTS DAN PLTB MELAYANI BEBAN GEDUNG DH

Bulan (2017)	Beban (kWh)	Output PV Inverter 1 (kWh)	Output PV Inverter 2 (kWh)	Total PV Inverter 1 dan 2 (kWh)	PLTB (kWh)
September	162,42528	56,99916	36,12396	93,12305	16,34064
Oktober	125,12808	38,70516	31,46112	70,16626	8,738400
November	112,71000	29,47944	27,10116	56,58060	12,36576

Tabel VII menunjukkan hasil produksi energi listrik PLTS dan PLTB gedung DH dalam kondisi *real* dan hasil simulasi.

TABEL VII
PERBANDINGAN OUTPUT PLTS DAN PLTB KONDISI REAL DAN HOMER

	Kondisi Real Total PV	Kondisi Real PLTB Gedung DH	Output PV Simulasi HOMER	Output PLTB Simulasi HOMER
Total Selama 1 tahun	26750,83 kWh/tahun 55%	4555,78 kWh/tahun 9%	35956 kWh/tahun 75%	33521 kWh/tahun 70%

III. KESIMPULAN

PLTS dan PLTB di Teknik Elektro tidak dapat memenuhi beban listrik untuk gedung DH pada bulan September, Oktober serta November 2017. Total produksi energi listrik PLTS dan PLTB bulan September, Oktober dan November 2017 lebih rendah dari kondisi beban listrik selama 3 bulan

tersebut. Ketika dilakukan sebuah simulasi selama setahun, kondisi simulasi produksi energi listrik PLTS dan PLTB selama setahun lebih besar daripada kondisi riil produksi energi listrik PLTS dan PLTB di lapangan selama setahun. Pengurangan energi listrik yang diminta dari PLN setelah adanya sistem pembangkitan listrik hibrid ini mencapai 64 % dari kebutuhan total beban listrik.

REFERENSI

- [1] PT. PLN (Persero). Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2018-2027. Indonesia, 2018.
- [2] Nurrohim, Agus. "Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Sebagai Solusi Kelistrikan di Daerah Terpencil". Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia. Vol 14, No.2. 2012.
- [3] IAD Giriantari, Rina Irawati. *Smart Microgrid System with Supply from Hybrid*. ICSGTEIS 2016. Bali, Indonesia : Udayana University, 2016.
- [4] Trisnasari, C.T. "Pemodelan dan Simulasi Sistem Proteksi Microgrid". Jurnal Teknik ITS. 5(2) : 48-52. 2016.
- [5] Microgrid Institute. <http://www.microgridinstitute.org/>. [Online]
- [6] Heri Desrizal, Iswadi H R. "Analisis Ketersediaan Sistem Pembangkit Berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya". Jom FTEKNIK. Vol 5 No. 1. 2018
- [7] Critical Power. <https://www.criticalpowersupplies.co.uk/>. [Online]
- [8] Kunaifi. "Program HOMER Untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hibrida Di Propinsi Riau". Seminar Nasional Informatika (SemnasIF) 2010. Yogyakarta : UPN Veteran Yogyakarta, 2010.
- [9] Yuniari Margareta, IAD Giriantari, Sukerayasa I Wyn. 2017. Analisis Model *Supply* Pada Jaringan Sistem Kelistrikan di Fakultas Teknik Universitas Udayana Bukit Jimbaran. Teknologi Elektro, Vol.16, No.03 (September-Desember).
- [10] Darma Putra, Krisna. 2015, Perencanaan Sistem Jaringan Mikro (Microgrid) dengan Supply dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Generator Set di Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana. Teknologi Elektro, Vol.14. No. 2 (Juli – Desember): 69-74



{ Halaman ini sengaja dikosongkan }