

PROTOTIPE HIBRID PANEL SURYA DAN TURBIN ANGIN UNTUK MENYEDIAKAN DAYA KAMERA PEMANTAUAN BAWAH LAUT DI KEPULAUAN RIAU

Melyana Enjelita Girsang¹, Rozeff Pramana, ST., MT.²

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji

Mahasiswa¹, Pembimbing I¹

Email : melyanaenjelitagirsang@yahoo.co.id¹, rozeff_p@yahoo.co.id²

ABSTRAK

Kamera pemantauan bawah laut ini bersifat portabel. Hal ini menjadikan kamera pemantauan bawah laut membutuhkan suatu sistem pembangkit energi listrik mandiri yang dapat menyediakan daya listrik kamera bawah laut tanpa bergantung pada listrik dari PLN. Dengan memanfaatkan energi matahari yang setiap harinya didapat di Indonesia dan dikombinasikan dengan energi angin yang juga selalu ada di Indonesia setiap harinya. Energi matahari menggunakan panel surya untuk mengkonversikannya dan energi angin menggunakan turbin angin untuk mengkonversikannya dari energi panas dan gerak menjadi energi listrik. Penggabungan energi ini menjadi suatu permasalahan dikarenakan perbedaan hasil tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin. Daya listrik yang dibutuhkan kamera pemantauan bawah laut sebesar 680,4 Watt untuk 24 jam. Penelitian ini bersifat prototipe dengan menggunakan panel surya 10 Wp, turbin angin 15 W, BCC hibrid dan baterai 12 V 7,5 Ah yang hanya dapat menyediakan daya pada kamera pemantauan bawah laut selama 3 jam 10 menit 37 detik.

Kata kunci : Hibrid, Energi Matahari, Energi Angin, Kamera Pemantauan, Bawah Laut

1. Latar Belakang

Kamera pemantauan bawah laut sangat bermanfaat untuk beberapa hal seperti meningkatkan pariwisata, pemantauan pengerjaan bawah laut, alat penelitian oleh instansi-instansi yang membutuhkan dan penggunaan lain yang berkaitan. Kamera pemantauan bawah laut ini bersifat portabel. Hal ini menjadikan kamera pemantauan bawah laut membutuhkan suatu sistem

pembangkit energi listrik mandiri yang dapat menyediakan daya kamera bawah laut tanpa bergantung pada listrik dari PLN.

Dengan memanfaatkan energi matahari yang setiap harinya didapat di Indonesia dan dikombinasikan dengan energi angin yang juga selalu ada di Indonesia setiap harinya. Energi matahari menggunakan panel surya untuk mengkonversikannya dan energi angin menggunakan turbin angin untuk

mengkonversikannya dari energi panas matahari dan gerak angin menjadi energi listrik. Penggabungan energi ini menjadi suatu permasalahan dikarenakan perbedaan hasil tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin.

Berdasarkan latar belakang tersebut, akan dikembangkan sistem untuk dapat menyediakan energi listrik untuk kamera pemantauan bawah laut menggunakan energi terbarukan dengan gabungan antara tenaga surya dan tenaga angin dengan menggunakan baterai sebagai media penyimpanan listrik tersebut.

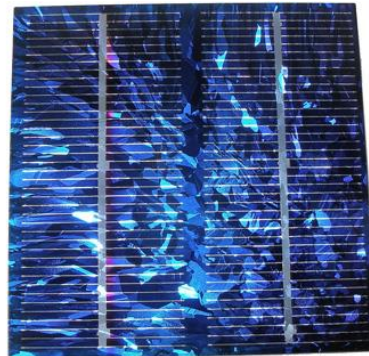
2. Landasan Teori

a. Photovoltaic (Solar Panel)

Photovoltaic merupakan suatu alat yang berfungsi sebagai konversi energi surya menjadi energi listrik yang dihasilkan oleh sinar matahari. *Photovoltaic* memiliki beberapa lapisan material semikonduktor tapis, biasanya semikonduktor yang digunakan adalah jenis bahan silikon. Pada aplikasinya sel surya disusun sedemikian rupa sehingga membentuk sebuah *Panel* surya.

Panel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (*p-n junction semiconductor*) yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron ini yang disebut sebagai aliran arus listrik. Bagian utama pengubah energi sinar matahari menjadi listrik adalah penyerap (*absorber*), meskipun

demikian masing-masing lapisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari *solar panel*.



Gambar 1. Panel Surya Jenis Polikristalin

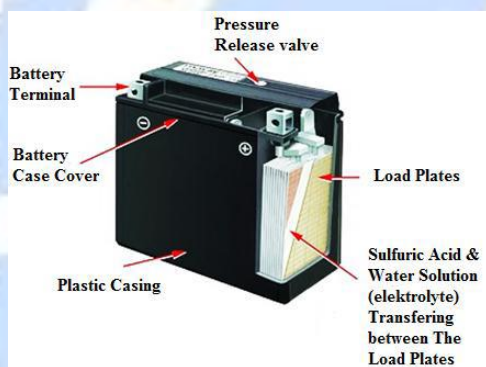
b. Turbin Angin

Jika ditinjau dari porosnya, salah satu jenis *wind turbine* (turbin angin) adalah *Vertical Axis Wind turbine* (VAWT), yaitu turbin dengan poros tegak. Kelebihan dari turbin jenis ini adalah konstruksinya sederhana, karakteristik *starting* yang cepat, dan mampu menerima angin dari segala arah sehingga tidak membutuhkan pengarah. Komponen dari sistem pembangkit listrik tenaga angin ini adalah rotor sebagai bagian yang menangkap energi kinetik angin, hub untuk menghubungkan antar *blade*, *main shaft* sebagai gaya torsi, *main bearings* sebagai cincin perputaran, *Gearbox* biasa diletakkan antara *main shaft* dan *generator*, dengan tujuan untuk menaikkan kecepatan rotasional dari *rotor blades*, dan *wind turbine tower* sebagai tiang berdirinya turbin.

c. Baterai

Baterai merupakan perangkat yang mengandung sel listrik untuk menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya.

Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai adalah sebuah sel listrik dimana berlangsungnya proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Reaksi elektrokimia *reversibel* adalah proses berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel.



Gambar 2. Baterai

d. Battery Charging Controller (BCC)

Battery Charging Controller berfungsi mengatur lalu lintas listrik dari modul surya ke baterai. Alat ini juga memiliki banyak fungsi yang pada dasarnya digunakan untuk melindungi baterai. Pengisi baterai atau *Battery Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah DC yang diisi ke baterai dan

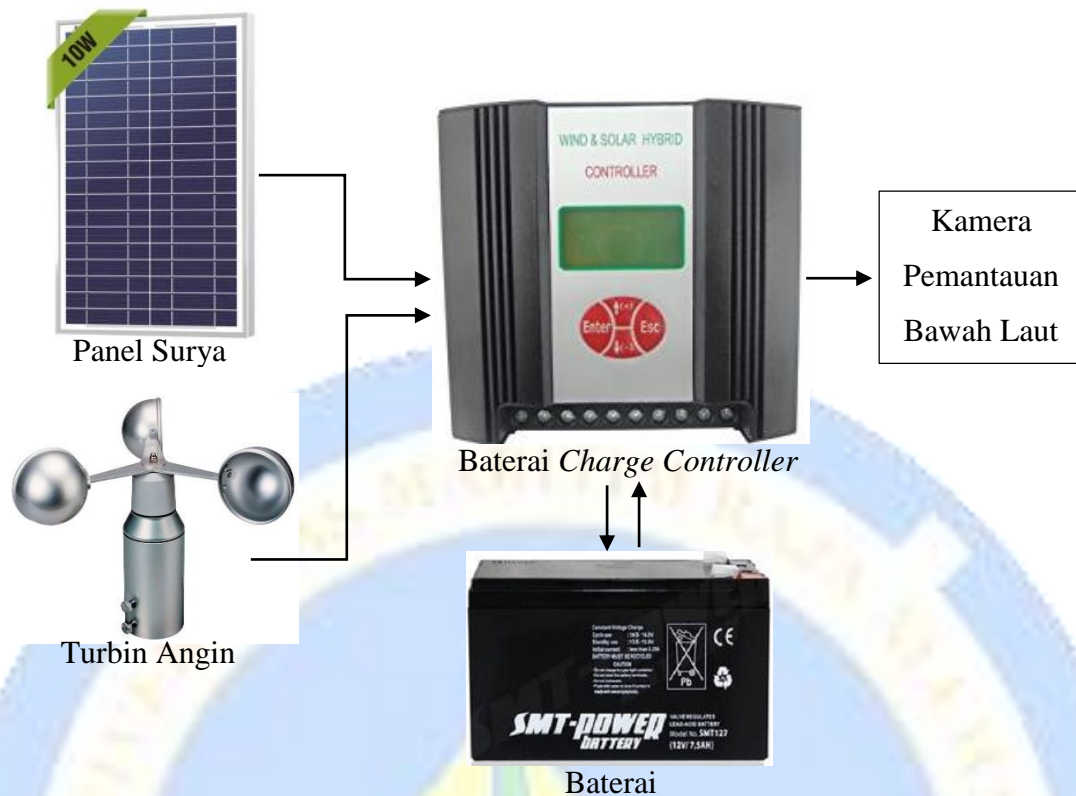
diambil dari baterai ke beban. *Battery Charge Controller* mengatur *over charging* (kelebihan pengisian dan kelebihan tegangan *overvoltage*) dari panel surya dan turbin angin. Kelebihan tegangan dan pengisian akan mengurangi umur baterai. *Panel surya* 12 V umumnya memiliki tegangan *output* 16-21 VDC. Jadi tanpa *Battery Charge Controller*, baterai akan rusak oleh *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14-14,7 VDC.



Gambar 3. BCC Hibrid

3. Perancangan Sistem dan Cara Kerja Perangkat

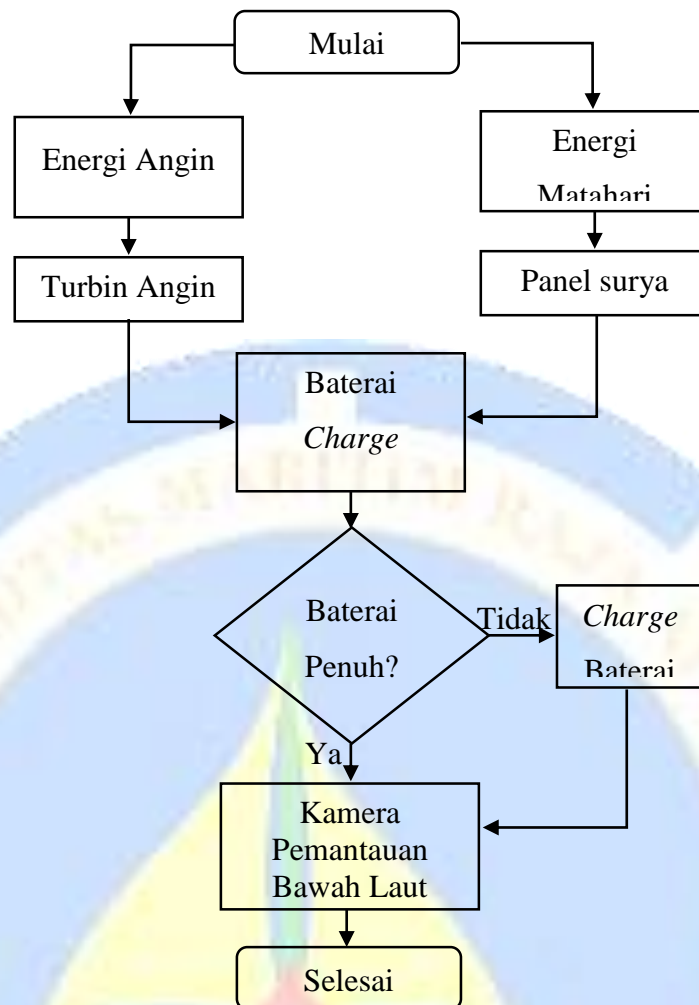
Sistem yang akan diteliti pada penelitian ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu bagian *input* terdiri dari panel surya dan turbin angin, bagian proses terdiri dari baterai *charge controller* dan bagian *output* terdiri dari baterai dan kamera pemantauan bawah laut.



Gambar 4. Instalasi Perancangan Sistem Panel Surya Dan Turbin Angin

Panel surya memanfaatkan energi matahari dan turbin angin memanfaatkan energi angin yang dikonversikan menjadi energi listrik untuk menyediakan daya kamera pemantauan bawah laut. Energi listrik yang dihasilkan panel surya dan turbin angin dikontrol menggunakan baterai *charge controller* (BCC) *hybrid wind and solar*. BCC

ini berfungsi sebagai pintu arah listrik mengalir. Ketika baterai dalam keadaan kosong atau kurang dari batas maksimal, BCC akan mengalirkan listrik menuju baterai dan beban. Namun ketika baterai sudah terisi penuh, BCC akan langsung mengarahkan listrik menuju beban. Diagram alir kerja sistem ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 5. Diagram Alir Kerja Sistem

Adapun perangkat yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Perangkat Penelitian

No	Nama Perangkat	Banyak
1	Panel Surya	1 Buah
2	Turbin Angin	1 Buah
3	BCC Hybrid	1 Buah
4	Baterai	1 Buah

Tabel 2. Perangkat Penunjang

No	Nama Perangkat	Banyak
1	Switch ON/OFF	3 Buah
2	Banana Port	6 Buah
3	Kabel	Secukupnya
4	Pipa PVC	Secukupnya
5	Baut	Secukupnya

4. Pengujian Sistem Dan Analisis

Selain perangkat yang digunakan pada tabel 1, juga terdapat beberapa perangkat penunjang yang ditunjukkan pada tabel 2.

Pengujian perangkat dilakukan pada tanggal 27 Januari 2017 mulai pukul 9.30 WIB hingga pukul 13.30. WIB dengan pengambilan data setiap 15 menit di pantai senggarang. Pengujian ini menggunakan alat

ukur bantu yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3. Alat Ukur Bantu Yang digunakan

No.	Nama Alat Bantu	Fungsi
1.	Multimeter	Mengukur tegangan listrik
2.	Solar Power Meter	Mengukur radiasi matahari
3.	Anemometer	Mengukur kecepatan angin

a. Pengujian Panel Surya

Pengujian *solar panel* dilakukan dengan mengukur besar tegangan dan arus yang dihasilkan *solar panel* pada siang hari. *Solar panel* yang digunakan adalah *solar panel* jenis polikristalin berkapasitas 10 WP, dan beban yang digunakan pada saat pengujian yaitu menggunakan lampu dc dengan kapasitas daya 27 watt. Pengujian panel surya ini diposisikan statis atau tidak bergerak dengan ketinggian 12 cm dari permukaan tanah. Pengukuran panel surya dilakukan dengan cara mengukur tegangan *output* dari panel surya dan mengukur radiasi matahari pada waktu yang bersamaan seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 6. Pengujian Panel Surya

Pengujian panel surya pada gambar diatas menggunakan lampu DC dengan kapasitas daya sebesar 27 watt sebagai beban untuk menghitung arus listrik, dan hasil yang di dapatkan ditunjukkan pada tabel di bawah.

Tabel 4. Tegangan *Output* Panel Surya dan Radiasi Matahari

No.	Waktu (WIB)	Radiasi dari Panel (W/m^2)	Tegangan <i>Output</i> (VDC)
1.	9.30	2,5	12,2
2.	9.45	3,8	12,5
3.	10.00	5,1	12,8
4.	10.15	8,1	13,5
5.	10.30	7,6	13,8
6.	10.45	5,7	11,3
7.	11.00	7,5	12,7
8.	11.15	7,9	12,9
9.	11.30	7,3	13,8
10.	11.45	7	12,9
11.	12.00	8,8	14,5
12.	12.15	10,3	14,8
13.	12.30	9,9	12,8
14.	12.45	9,6	13,6
15.	13.00	8,4	13,1
16.	13.15	7,2	12,6
17.	13.30	8,2	13,9
Rata-rata		7,347059	13,15882

b. Pengujian Turbin Angin

Pengujian turbin angin dilakukan dengan mengukur kecepatan angin dan mengukur tegangan *output* pada turbin angin. Pengukuran kecepatan angin dan tegangan *output* pada turbin sedikit berbeda dari pengukuran panel surya. Pengukuran ini dilakukan mulai pukul 9.15 WIB hingga pukul 13.30 WIB. Pengukuran dilakukan setiap menit selama 14 kali dan menit ke 15 adalah rata-rata kecepatan angin dan tegangan *output* turbin angin. Rata-rata setiap 14 kali

pengukuran tersebut yang diambil untuk dimasukkan kedalam tabel berikut. Penelitian ini menggunakan turbin angin yang dimodifikasi dengan *blade* menjadi vertikal dengan daya 15 W. Hal ini dilakukan agar turbin angin dapat mengikuti pergerakan angin lebih efisien karena *blade* selalu bergerak dari manapun angin datang. Turbin angin ini memiliki tinggi 60 cm dari permukaan tanah.

Pengujian turbin angin dilakukan dengan cara mengukur tegangan *output* dari turbin angin dan mengukur kecepatan angin pada waktu yang bersamaan seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Pengujian Turbin Angin

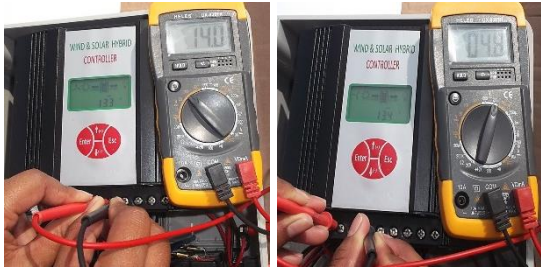
Pengujian turbin angin pada gambar diatas menggunakan beban lampu DC 27 W sebagai beban untuk menghitung arus listrik dan didapat hasil yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 5. Tegangan *Output* Turbin Angin dan Kecepatan Angin

No.	Waktu (WIB)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan Output (VDC)
1.	9.30	0,35	2,036
2.	9.45	0,329	2,471
3.	10.00	0,336	2,721
4.	10.15	0,25	1,75
5.	10.30	0,464	3,479
6.	10.45	0,293	2,464
7.	11.00	0,329	2,814
8.	11.15	0,314	2,864
9.	11.30	0,243	1,914
10.	11.45	0,293	1,871
11.	12.00	0,343	2,786
12.	12.15	0,279	2,307
13.	12.30	0,329	2,907
14.	12.45	0,293	2,614
15.	13.00	0,443	3,564
16.	13.15	0,307	2,807
17.	13.30	0,386	3,479
Rata-rata		0,328294	2,638118

c. Pengujian Baterai Charge Controller

Pengujian *Battery Charging Controller* (BCC) dilakukan dengan cara memberikan tegangan *input* yang berasal dari *output* baterai. Pemberian tegangan tersebut dilakukan untuk mengoperasikan rangkaian BCC agar bisa diukur tegangan yang berada pada rangkaian tersebut. Pengukuran tegangan pada rangkaian BCC akan dilakukan melalui *port* panel surya, *port* turbin angin, *port* baterai dan *port* menuju ke beban untuk mengetahui kondisi BCC. Berikut adalah gambar pengujian BCC.



Gambar 8. Pengukuran Tegangan Dari Panel Surya (Kiri), Tegangan Dari Turbin Angin (kanan)



Gambar 9. Tegangan Ke Baterai (Kiri) dan Tegangan Ke Beban (Kanan)

d. Pengujian Baterai

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi baterai dan tegangan sehingga dapat digunakan dalam penelitian ini. Baterai yang akan diuji coba adalah jenis baterai kering dengan tegangan 12 VDC dan arus 7,5 Ah. Baterai akan diuji dengan mengukur tegangan yang terdapat dalam baterai itu sendiri yang akan ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 10. Pengukuran Tegangan Baterai

Apabila tegangan yang terukur kurang dari 10 VDC, maka keadaan baterai seperti itu tidak memiliki muatan dan harus diisi ulang.

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan dengan menggunakan multimeter *digital* didapatkan hasil pengukuran sebesar 11,4 VDC.

e. Kinerja Perangkat

Perangkat yang telah diuji secara bertahap tersebut siap digabungkan menjadi satu sistem untuk dioperasikan secara bersamaan sesuai dengan tujuan dari penelitian ini. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja keseluruhan sistem yang telah dirancang, dengan menghubungkan seluruh perangkat yang digunakan dengan mengukur masing-masing tegangan tiap perangkat.



Gambar 11. Perangkat Secara Keseluruhan

Berikut adalah tegangan rata-rata tiap perangkat saat perangkat bekerja secara bersamaan.

Tabel 6. Kinerja Perangkat

No.	Performa Perangkat	Hasil
1.	Rata-rata tegangan panel surya	13,15 V
2.	Rata-rata tegangan Turbin Angin	3,68 V
3.	Tegangan Baterai	12,1 V
4.	Lama waktu pengecasan baterai menggunakan beban 27 W	5 jam 30 menit
5.	Lama waktu pengoperasian baterai dalam keadaan penuh menggunakan beban 27 W	3 jam 30 menit

f. Analisis

1. Pembahasan Perangkat

Panel surya yang digunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi 10 Wp dengan hasil tertinggi yang telah didapatkan yaitu 14,8 VDC dengan kuat radiasi matahari sebesar $10,3 \text{ W/m}^2$ pada pukul 12.15 WIB. Hasil terendah yang didapat yaitu 12,2 VDC dengan kuat radiasi matahari $2,5 \text{ W/m}^2$ pada pukul 09.30 WIB. Keseluruhan hasil pengujian didapatkan hasil rata-rata kuat radiasi matahari yaitu $7,347059 \text{ W/m}^2$ dan tegangan *output* yaitu 13,15882 VDC. Semakin tinggi radiasi matahari maka semakin tinggi pula tegangan *output* yang dihasilkan dan begitu pula sebaliknya. Hasil pengukuran berpengaruh terhadap cuaca dan keadaan awan. Ketika matahari tertutup awan, radiasi matahari akan menurun dan mengakibatkan tegangan yang dihasilkan ikut menurun.

Turbin angin yang digunakan memiliki spesifikasi 15 Wp dengan hasil maksimal

yang telah didapatkan yaitu 3,479 VDC dengan kecepatan angin sebesar 0,464 m/s pada pukul 10.30 WIB. Hasil terendah yang didapat yaitu 1,914 VDC dengan kecepatan angin 0,243 m/s pada pukul 11.30 WIB. Keseluruhan hasil pengujian didapatkan hasil rata-rata kecepatan angin yaitu 0,328294 m/s dan tegangan *output* yaitu 2,638118 VDC. Semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula tegangan *output* yang dihasilkan dan begitu pula sebaliknya.

Battery Charging Controller (BCC) *hybrid* pada penelitian ini terhubung dengan panel surya, turbin angin, baterai dan beban. Spesifikasi BCC yang digunakan berkapasitas 10 A. Kinerja dari BCC ini bekerja dengan menerima *input* tegangan dari panel surya dan *input* tegangan dari turbin angin untuk melakukan pengecasan terhadap baterai dengan melalui rangkaian BCC ini. Saat melakukan percobaan, dianalisis bahwa BCC ini akan mengecaskan terhadap baterai dan selama pengecasan akan tetap mengoperasikan beban. Apabila tidak ada beban yang terhubung, dan baterai dalam keadaan penuh, BCC akan memutuskan hubungan panel surya dan turbin angin agar baterai tidak rusak. Akan tetapi apabila terdapat beban yang terhubung, BCC akan mengalirkan listrik dari baterai dan panel surya serta turbin angin akan mengisi kekurangan daya baterai.

Baterai yang digunakan pada penelitian ini memiliki kapasitas 12 V dan arus 7,5 Ah

yang menghasilkan daya sebesar 90 W bila dalam keadaan penuh. Kamera pemantauan bawah laut membutuhkan daya sebesar 28,35 W selama satu jam dan 680,4 W selama 24 jam.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pengisian baterai di dapatkan hasil 5 jam 30 menit menggunakan beban lampu dc sebesar 27 W. Jika pengisian baterai tanpa menggunakan beban maka waktu pengisian akan lebih cepat dibanding menggunakan beban. Akan tetapi dalam pengisian baterai keadaan cuaca sangatlah berpengaruh.

Percobaan pengoperasian baterai dengan menggunakan estimasi beban lampu dc sebesar 27 W, yang dilakukan mulai dari jam 15.00 WIB hingga 8.30 WIB beban sudah tidak beroperasi. Dapat disimpulkan waktu pengoperasian baterai di dapat selama 3 jam 30 menit.

Akan tetapi untuk membuktikan hasil di atas penulis melakukan perhitungan lama pengoperasian baterai dengan menggunakan beban yang sebenarnya pada kamera pemantauan bawah laut dengan beban sebesar 28 W. Berikut adalah perhitungan waktunya.

$$I_{total} = \frac{P_{perangkat}}{V_{baterai}}$$

$$I_{total} = \frac{28,35W}{12V} = 2,362 A$$

Dimana :

I_{total} = Konsumsi arus dalam satu jam (A)

$P_{perangkat}$ = Daya perangkat dalam satu jam (W)

$V_{baterai}$ = Tegangan maksimal baterai (V)

$$t = \frac{I_{baterai}}{I_{total}}$$

$$t = \frac{7,5Ah}{2,362A} = 3,177 \text{ Jam}$$

Dimana :

t = Waktu baterai men-supply kamera (jam)

$I_{baterai}$ = Arus listrik pada baterai (A)

I_{total} = Konsumsi arus dalam satu jam (A)

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh lama pengoperasian kamera pemantau bawah laut adalah 3 jam 10 menit 37 detik..

2. Estimasi Daya Perangkat 24 Jam

Apabila kamera pemantauan bawah laut akan dioperasikan dalam waktu 24 jam, perangkat pembangkit energi listrik ini harus dioptimalkan dengan memiliki daya minimal 680,4 W.

$$P = V \times I$$

$$I = \frac{680,4W}{12V} = 56,7 A$$

Dimana :

P = Daya pada beban (W)

V = Tegangan baterai (V)

I = Arus beban (A)

Menentukan jumlah baterai yang digunakan pada kamera pemantauan bawah laut diperhitungkan sebagai berikut :

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{I_{beban}}{I_{baterai}}$$

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{56,7 A}{7,5 Ah}$$

Jumlah baterai = 7.56 (di bulatkan menjadi 8 buah baterai)

Dimana :

$I_{\text{beban}} = \text{Arus pada beban (A)}$

$I_{\text{baterai}} = \text{Arus yang dihasilkan baterai (A)}$

Baterai sebanyak 8 buah tersebut dapat menghasilkan daya sebesar 720 W dengan perhitungan sebagai berikut :

$P_{\text{baterai}} = \text{jumlah baterai} \times I_{\text{baterai}} \times V_{\text{baterai}}$

$P_{\text{baterai}} = 8 \times 7,5 \text{ Ah} \times 12 \text{ V}$

$P_{\text{baterai}} = 720 \text{ W}$

Dimana :

$P_{\text{baterai}} = \text{Daya baterai (W)}$

$I_{\text{baterai}} = \text{Arus baterai (A)}$

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

Baterai yang digunakan dalam penelitian ini memiliki tegangan 12 V dan arus 7,5 Ah, maka dari perhitungan diatas akan diperoleh jumlah baterai yang digunakan untuk 24 jam pengoperasian kamera pemantauan bawah laut adalah 8 buah baterai atau 720 W.

Menentukan jumlah turbin angin yang digunakan pada kamera pemantauan bawah laut maka dapat di perhitungkan sebagai berikut :

$P_{\text{turbin}} = P \times t$

$P_{\text{turbin}} = 15 \text{ W} \times 24 \text{ jam}$

$P_{\text{turbin}} = 360 \text{ W}$

Dimana:

$P_{\text{turbin}} = \text{Daya pada turbin (W)}$

$T = \text{Waktu pengoperasian (jam)}$

$\text{Jumlah turbin} = \frac{P_{\text{baterai}}}{P_{\text{turbin}}}$

$\text{Jumlah turbin} = \frac{720 \text{ W}}{360 \text{ W}}$

Jumlah turbin = 2 buah turbin

Dimana :

$P_{\text{baterai}} = \text{Daya baterai (W)}$

$P_{\text{turbin}} = \text{Daya turbin (W)}$

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat diperoleh jumlah daya turbin 360 W sebanyak 2 buah turbin angin.

Panel surya yang digunakan pada perangkat ini 10 Wp untuk mengoperasikan kamera 24 jam dengan estimasi daya sinar matahari 5 jam maka diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$P_{\text{panel}} = P_{\text{panel}} \times 5 \text{ jam}$

$P_{\text{panel}} = 10 \text{ WP} \times 5 \text{ jam}$

$P_{\text{panel}} = 50 \text{ W}$

$\text{Jumlah panel} = \frac{P_{\text{baterai}}}{P_{\text{panel}}}$

$\text{Jumlah panel} = \frac{720 \text{ W}}{50 \text{ W}}$

Jumlah panel = 14,4 (dibulatkan menjadi 15 buah panel)

Dimana :

$P_{\text{baterai}} = \text{Daya baterai (W)}$

$P_{\text{panel}} = \text{Daya panel surya (W)}$

Jika ingin mengurangi banyak jumlah panel surya maka harus menambah kapasitas daya dari panel surya dengan perhitungan sebagai berikut:

$P_{\text{panel}} = P_{\text{Panel}} \times 5 \text{ jam}$

$P_{\text{panel}} = 250 \text{ W}$

$\text{Jumlah panel} = \frac{P_{\text{baterai}}}{P_{\text{panel}}}$

$\text{Jumlah panel} = \frac{720 \text{ W}}{250}$

Jumlah panel = 2,88 (atau 3 buah panel surya)

Dimana :

$P_{\text{baterai}} = \text{Daya baterai (W)}$

$P_{\text{panel}} = \text{Daya panel surya (W)}$

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat semakin besar kapasitas daya dari panel surya maka akan lebih sedikit jumlah panel surya yang dibutuhkan untuk pengoperasian kamera pemantauan bawah laut, yaitu dari 15 buah menjadi 3 buah panel surya.

Dari hasil perhitungan diatas, maka untuk mengoperasikan kamera pemantauan bawah laut selama 24 jam dibutuhkan perangkat-perangkat sebagai berikut.

Tabel 7. Perangkat Pembangkit Listrik Untuk Kamera Bawah Laut Operasi 24 Jam

No.	Perangkat	Spesifikasi	Jumlah
1.	Panel surya	10 Wp	15 buah
2.	Baterai	12 V 7,5 Ah	8 buah
3.	Turbin angin	15 W	2 buah

5. Penutup

A. Kesimpulan

1. Merancang sumber energi listrik untuk kamera pemantau bawah laut dirancang dengan menggunakan panel surya dan turbin angin dengan menggunakan panel surya berkapasitas 10 Wp dan turbin angin berkapasitas 15 W, BCC *hybrid* 10 A dan baterai berkapasitas 12 V 7,5 Ah dan dapat mengoperasikan kamera pemantauan bawah laut selama 3 jam 10 menit 33 detik.

2. Energi matahari dan energi angin pada prototipe ini menggunakan sistem hibrid yang secara bersamaan menyediakan kamera pemantauan bawah laut menggunakan BCC khusus untuk sistem hibrid.

3. Waktu pengecasan baterai dengan menggunakan beban membutuhkan waktu selama 5 jam 30 menit. Hal ini dikarenakan faktor keadaan cuaca, semakin cerah cuaca dan semakin banyak angin akan mempercepat proses pengecasan.

4. Menyediakan daya listrik kamera pemantau bawah laut pada keadaan sebenarnya selama 24 jam membutuhkan 15 buah panel surya 10 Wp, 8 buah baterai 12 V 7,5 Ah dan 2 buah turbin angin 15 W.

B. Saran

1. Penelitian ini tidak dirancang tahan terhadap korositas, maka peneliti selanjutnya disarankan menggunakan bahan antikorotis.
2. Penelitian ini menggunakan panel surya statis atau tidak dapat mengikuti arah matahari, disarankan peneliti selanjutnya menggunakan konsep *solar tracker* agar mendapatkan hasil yang lebih optimal.
3. Penelitian selanjutnya disarankan dilengkapi dengan *monitoring* seperti tegangan yang dihasilkan, arus listrik yang mengalir, dan kapasitas baterai

yang tersisa dari jarak jauh seperti dari *web*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arota, A.S., Kolibu, H.S., Lumi, B.M., 2013, Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida (Energi Angin Dan Matahari) Menggunakan Hybrid Optimization Model For Electric Renewables (HOMER), JURNAL MIPA UNSRAT ONLINE 2 (2) 145-150.
- Dika, G. (2015). Rancang Bangun Baterai *Charge Control* Untuk Sistem Pengangkat Air Menggunakan Motor Listrik AC Berbasis *Arduino Uno* ATmega 328 Menggunakan Sumber Pembangkit Listrik Tenaga Surya.
- Google Map, 2016, Google.co.id, Diakses pada tanggal 19 Desember 2016.
- Handini, W. (2008). Performa Sel Surya, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Hardianto, H. E., Rinaldi, R. S. (2012). Perancangan *Prototype* Penjejak Cahaya Matahari Pada Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- Harun, E.H., Ilham, J., Amali, L.M.K., 2015, Potensi Hybrid Energy di Kabupaten Bone Bolango dan Kabupaten Gorontalo, ISSN : 2301-4652, SETRUM – Volume 4, No. 2, Desember 2015.
- Hasan, H. (2008). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi. Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanudin, Makasar.
- Jasriyanto, Pramana, R., Prayitno, E., 2016, Perancangan *Solar Tracker* Untuk Men-Supply Daya Kamera *Monitoring* Sistem Keamanan Perairan Dan Pulau Terluar, Perpustakaan Fakultas Teknik.
- Jauharah, W. D. (2013). Analisis Kelistrikan yang Dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran sebagai Energi Alternatif Bio-baterai, Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Pangeran dan Akbar, H. (2014) Perancangan Alat Dan Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Other thesis, Universitas Negeri Gorontalo.
- Pradityo, J., Winardi, B., Nugroho, A., 2015, Evaluasi Dan Optimasi Sistem *Off Grid* Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Plth) Bayu Baru, Bantul, D.I. Yogyakarta, TRANSIENT, VOL.4, NO. 3, September 2015, ISSN: 2302-9927, 558.
- Resmi, C., Ir.Sarwono, MM, Ridho Hantoro, ST, MT, 2010, Studi Eksperimental Sistem Pembangkit Listrik Pada Vertical Axis Wind Turbine (Vawt) Skala Kecil, ITS Keputih Sukolilo, Surabaya.
- Siahaan, A. (2010). Implementasi Panel Surya yang diterapkan Pada Daerah Terpencil Di Rumah Tinggal Di Desa

Sibuntuon, Kecamatan Habinsaran,
Skripsi, Fakultas Teknik Universitas
Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang.

Wijaya Widjanarka N, 2013, Pembangkit
Listrik Terbaru Hybrid Convertible
Tenaga Angin Matahari Untuk Lampu
Penerangan Yang Tidak Terganggu
Kondisi Listrik Byar-Pet Dari PLN,
ISBN: 979-26-0266-6.

Yuwono, B. (2005). Optimalisasi Panel Sel
Surya Dengan Menggunakan Sistem
Pelacak Berbasis Mikrokontroller
AT89C51, Skripsi, Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Sebelas
Maret, Surakarta.

