

Perancangan teknologi *hybrid* berbasis energi turbin kinetik dan energi surya

Indi Albari¹, Jojo Sumarjo¹, Rizal Hanifi¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jl. HS. Ronggowaluyo, Teluk Jambe Timur, Karawang, 41361
Email korespondensi: indialbari@gmail.com

Abstrak

Kampung Regency Parakan, Desa Cikampek Utara, Kabupaten Karawang merupakan daerah yang memiliki banyak aliran sungai kecil dan debit air yang bervariasi, di mana pemanfaatannya belum optimal. Teknologi hybrid berbasis turbin kinetik dan energi surya merupakan alternatif sumber energi listrik yang tepat untuk dikembangkan sebagai penerangan jalan umum. Dari hasil perhitungan perancangan turbin kinetik, daya perancangan generator didapatkan yaitu sebesar 16,5 watt per jam pada saat turbin kinetik bekerja selama 12 jam, sedangkan jika turbin bekerja selama 24 jam maka daya perancangan generator sebesar 8,25 watt per jam. Didapatkan perancangan daya panel surya dari setiap intensitas matahari mulai dari jam 10:00 – jam 14:00 yaitu sebesar 39,6 watt per jam (watt peak). Maka didapatkan hasil dari kedua perancangan yaitu kemampuan daya optimum turbin kinetik dan panel surya saling bersinergi yaitu menggunakan 3 lampu LED 5 watt selama 10 jam dengan daya sebesar 150 watt pada penggunaan turbin bekerja selama 24 jam dan penggunaan panel surya bekerja selama 5 jam mulai dari jam 10:00 – jam 14:00.

Kata kunci: aliran sungai, intensitas matahari, teknologi hybrid, daya listrik.

Abstract

Parakan Regency Village, North Cikampek Village, Karawang District is an area that has many small river flows and varying water discharge where the utilization is not optimal. Hybrid technology based on Kinetic Turbine and Solar Energy is an appropriate alternative source of electrical energy to be developed as public street lighting. From the results of the calculation of the kinetic turbine design, the generator design power obtained is 16.5 watts per hour when the kinetic turbine works for 12 hours, whereas if the turbine works for 24 hours, the generator design power is 8.25 watts per hour. The solar panel power design is obtained from each sun intensity starting from 10:00 - 14:00 hours, which is 39.6 watts per hour (watt peak). Then the results of the two designs are obtained, namely the optimum power capability of the kinetic turbine and solar panels overlapping each other, namely using 3 pcs of 5 watt LED lights for 10 hours with a power of 150 watts on the use of the turbine working for 24 hours and the use of solar panels working for 5 hours starting from 10:00 – 14:00 hours.

Keywords: river flow, solar intensity, hybrid technology, electric power.

1. Pendahuluan

Konsumsi listrik nasional terus menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya akses listrik atau elektrifikasi serta perubahan gaya hidup masyarakat [1]. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mencatat konsumsi listrik Indonesia pada 2018 sebesar 1.064 kWh per kapita. Capaian tersebut mengalami peningkatan. Sedangkan untuk daya pasok listrik Indonesia, kapasitas listrik terpasang Indonesia bertambah 1.600 MW sepanjang 2018, seiring dengan beroperasinya pembangkit listrik baru [2].

Meningkatnya konsumsi listrik di Indonesia menjadi sebuah tantangan sekaligus motivasi dalam memperbaiki bauran energi penyediaan listrik di tanah air, untuk itu diperlukan usaha agar dalam mewujudkan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) sebagai energi yang digunakan untuk

membangkitkan energi listrik yang digunakan untuk melistriki kebutuhan listrik baik industri, bisnis dan sosial dalam kapasitas besar dan andal bisa terwujud [3].

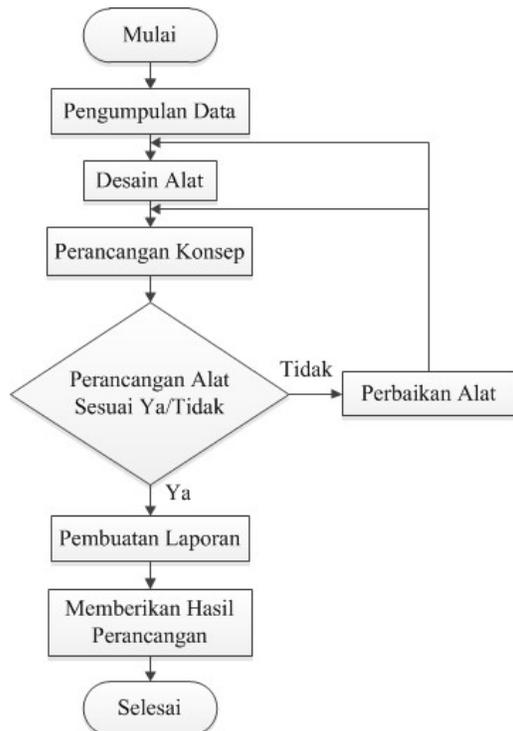
Setidaknya terdapat enam sumber daya EBT yang dimiliki Indonesia, yaitu energi air, surya, angin, arus laut, bioenergi dan panas bumi. Total potensi keenam sumber daya tersebut diperkirakan sebesar 441,7 GW dengan kapasitas terealisasi hingga saat ini baru sebesar 8,89 GW atau 2% dari potensi.

Pemerintah telah menargetkan bauran energi yang berasal dari EBT sebesar 23% dengan total daya 92,2 million tonnes of oil equivalent (mtoe) pada tahun 2025 dalam Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Atas dasar tersebut, Pemerintah konsisten untuk terus memaksimalkan pemanfaatan EBT yang ekonomis [4].

Tujuan yang ingin dicapai dari kajian ini adalah untuk menghasilkan desain dan perancangan alat teknologi *hybrid* berbasis energi turbin kinetik dan energi surya yang dapat diimplementasikan atau diaplikasikan pada Kampung Regency Parakan, Desa Cikampek Utara, Kabupaten Karawang sebagai penerangan jalan umum.

2. Metode

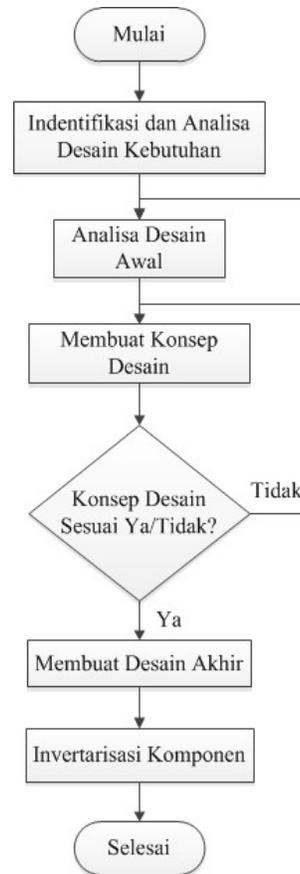
Dalam kajian, diperlukan diagram alir perancangan untuk mengetahui setiap langkah dalam menyelesaikan permasalahan sesuai sistematis. Pada Gambar 1 adalah beberapa tahapan dalam membuat rancangan teknologi *hybrid* berbasis turbin kinetik dan energi surya.



Gambar 1. Diagram alir perancangan teknologi hybrid berbasis turbin kinetik dan energi surya.

Diagram Alir Desain Perancangan

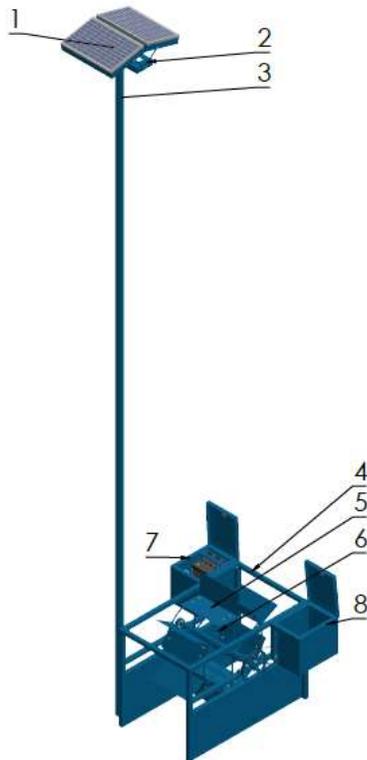
Dalam perancangan diperlukannya diagram alir desain untuk mengetahui setiap langkah dalam menyelesaikan permasalahan sesuai sistematis. Gambar 2 adalah diagram alir desain dari teknologi *hybrid* berbasis energi turbin kinetik dan energi surya.



Gambar 2. Diagram alir desain perancangan.

Desain Perancangan

Konsep awal desain perancangan ini yaitu dengan melakukan identifikasi dan analisis desain sesuai kebutuhan untuk mendapatkan konsep desain yang dibutuhkan pada penggunaan teknologi *hybrid* berbasis turbin kinetik dan panel surya. Gambar 3 adalah desain dari teknologi *hybrid* berbasis energi turbin kinetik dan energi surya.



Gambar 3. Desain teknologi hybrid berbasis energi turbin kinetik dan energi surya.

Dari Gambar 3, maka setiap bagian komponen dan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 1.

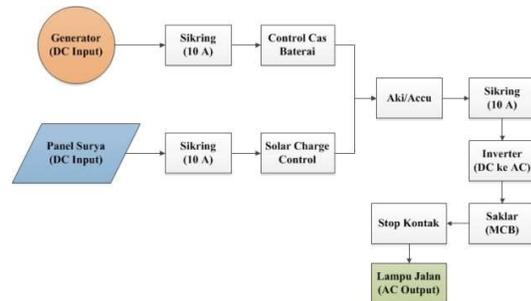
Tabel 1. Nama komponen dan spesifikasi.

No	Nama komponen	Spesifikasi
1	Panel surya	Saneklux 40 WP
2	Rangka dudukan panel surya	Besi siku SS 400
3	Tiang panel surya	Pipa Galvanis
4	Rangka turbin kinetik	Besi hollow SS 400
5	Sudu	Plat SS 400
6	Kincir turbin	As runbar ST41
7	Box elektronik	Besi siku + Plat SS 400
8	Box generator	Besi siku + Palat SS 400

Skematik Sistem Teknologi Hybrid Berbasis Energi Turbin Kinetik dan Energi Surya

Skematik sistem teknologi *hybrid* berbasis energi turbin kinetik dan energi surya (Gambar 4) dengan memanfaatkan dua energi yakni daya generator yang dihasilkan dari turbin kinetik dan daya panel surya yang dihasilkan dari energi surya. Energi yang dihasilkan dari keduanya akan dialirkan menuju Aki/Accu, melalui *solar charge controller* dan kontrol *charge* baterai guna untuk mengontrol aliran

listrik yang akan dialirkan menuju Aki/Accu. Jika suatu saat kapasitas daya Aki/Accu dalam keadaan penuh maka secara otomatis *solar charge controller* dan kontrol *charge* baterai akan memutuskan hubungan arus listrik menuju Aki/Accu guna untuk menghemat dan mengontrol arus yang dialirkan pada generator dan panel surya menuju Aki/Accu agar kualitas dan kuantitas Aki/Accu stabil dan Aki/Accu bertahan lama. Sebelum dialirkan menuju Aki/Accu, maka harus melewati sekering terlebih dahulu sebelum menuju *solar charge controller* dan kontrol *charge* baterai sebagai pengaman mengantisipasi korsleting pada arus listrik.



Gambar 4. Skematik sistem teknologi hybrid berbasis energi turbin kinetik dan energi surya.

Arus yang diterima dan ditampung pada Aki/Accu sebelum dialirkan menuju *inverter* akan melalui sekering terlebih dahulu guna mengantisipasi terjadinya masalah korsleting pada arus yang akan di konversi menggunakan *inverter*, setelah arus melalui sekering akan dikonversi menggunakan *inverter* dari arus DC menjadi arus AC 150 watt 220V. *Inverter* yang digunakan memiliki saklar *On-Off* guna untuk mengontrol penggunaan arus listrik jika suatu saat aliran arus listrik ingin dinonaktifkan. Arus yang dikonversi oleh *inverter* akan dialirkan ke MCB (*Miniature Circuit Breaker*) sebagai pengaman jika terjadi korsleting arus AC, setelah aliran melewati MCB maka aliran akan dialirkan ke stop kontak guna sebagai tempat untuk menghubungkan arus listrik.

Output yang akan didapatkan dari perancangan ini adalah mampu memanfaatkan potensi alam sekitar menjadi energi listrik yang dapat menghidupkan lampu dan kebutuhan alat elektronik lainnya.

Proses Perhitungan

Untuk mendapatkan hasil dari perancangan teknologi *hybrid* berbasis turbin kinetik dan energi surya maka diperlukan proses perhitungan perancangan untuk mengetahui hasil yang didapatkan dari perancangan teknologi *hybrid* berbasis turbin kinetik dan energi surya. Berikut ini proses perhitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Perhitungan Perancangan Turbin Kinetik

$$\tan \theta = \frac{V_{max}}{L1} \tag{1}$$

$$\frac{V1}{(L1 - L2)} = \frac{V_{max}}{L1}$$

Di mana $V1$ adalah kecepatan air mengenai sudu (m/s), dari V_{max} kecepatan air maksimal dengan (m/s), dengan $L1$ tinggi air mengenai sudu (m) [5].

$$V_r = \frac{V_{max} + V1}{2} \tag{2}$$

Di mana V_r adalah kecepatan rata-rata air (m/s) dari V_{max} (m/s) dengan $V1$ (m/s) [5].

$$A = Lr \times Hr \tag{3}$$

Di mana A adalah luas penampang air (m²) dari Lr lebar luas penampang (m) dengan Hr tinggi luas penampang (m) [6].

$$Q = A \cdot V_r \tag{4}$$

Di mana Q adalah debit air (m³/s) dari A luas penampang (m²) dengan V_r kecepatan rata-rata air (m/s) [6].

$$\dot{m} = \rho \cdot Q \tag{5}$$

Di mana \dot{m} adalah masa aliran (kg/s) dari ρ masa jenis air (kg) dengan Q debit air (m³/s) [11].

$$E = \frac{1}{2} \dot{m} \cdot v_r^2 \tag{6}$$

Di mana E adalah energi kinetik air (Joule) dari \dot{m} masa aliran (kg/s) dengan v_r^2 kecepatan rata-rata air (m/s) [11].

$$P_a = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot Vr^3 \tag{7}$$

Di mana P_a adalah daya air (watt) dari ρ masa jenis air (kg) dengan A luas penampang air (m²) dan Vr kecepatan rata-rata air (m/s) [7].

$$\omega = \frac{v_r}{r} \tag{8}$$

Di mana ω adalah kecepatan sudut (rad/s) dari Vr kecepatan rata-rata air (m/s) dengan r jari-jari turbin (m) [8].

$$Ft = \dot{m} \times v_r \tag{9}$$

Di mana Ft adalah gaya turbin (kg) dari \dot{m} masa aliran (kg/s) dengan Vr kecepatan rata-rata air (m/s) [9].

$$T = Ft \times r \tag{10}$$

Di mana T adalah torsi turbin (kg/m) dari F gaya turbin (kg) dan r jari-jari turbin (m) [9].

$$P_T = P_a \times \eta_T \tag{11}$$

Di mana P_T adalah daya turbin (watt) dari P_a daya air (watt) dengan η_T efisiensi turbin 80% ditentukan (%) [9].

$$\frac{v_1}{r_1} = \frac{v_2}{r_2} \tag{12}$$

$$v_2 = v_3$$

$$\omega_3 = \frac{v_3}{r_3}$$

Di mana ω_3 adalah kecepatan reduksi turbin ke generator (rad/s) dari kecepatan kincir turbin (m/s) dengan r_1 jari-jari kincir turbin (m) [8].

Menghitung Tegangan terhadap RPM Generator

$$\frac{volt}{rpm} = volt / 1 rpm \tag{13}$$

Di mana volt per rpm adalah untuk mengetahui tegangan per putaran generator (volt) [8].

Perhitungan Perancangan Panel Surya

Karena terjadi energi yang hilang disebabkan seperti debu, panas *controller*, dan baterai yang terjadi aliran dua arah yaitu :

$$100\% - 20\% = 80\% \tag{14}$$

$$\frac{P_k}{80\%} = (watt) \tag{15}$$

Selain kerugian teknis pada solar panel, perlu juga menghitung kerugian akibat *inverter*, lampu indikator, amperemeter dan voltmeter sebesar :

$$100\% - 5\% = 95\% \tag{16}$$

$$\frac{P_k}{95\%} = (watt) \tag{17}$$

Menentukan panel surya dalam pembuatan PLTS sesuai kebutuhan daya :

$$\frac{P_k}{wh} = (Wp) \tag{18}$$

Menghitung jumlah efisiensi yang didapatkan, maka perhitungan efisiensi sebagai berikut :

$$\eta_{PS} = \eta_{PS} \times [x] (\%) \tag{19}$$

Ada energi terbuang dikarenakan penggunaan *inverter*, lampu indikator, amperemeter dan voltmeter.

$$100\% - 5\% = 95\% \tag{20}$$

$$\frac{P_B}{95\%} = (watt) \tag{21}$$

Dalam baterai digunakan sebutan *Life Time*, yaitu usia baterai akan pendek atau cepat rusak rusak jika sering digunakan sampai benar-benar habis. Maka sebaiknya baterai yang kita gunakan jangan sampai benar-benar kosong. Hitung penggunaan kapasitas baterai yang efektif adalah :

$$T_B \times A_B = (watt) \tag{22}$$

$$\frac{P_{PS}}{P_B} = (pcs) \tag{23}$$

Maka baterai yang perlu disiapkan adalah :

$$\frac{100\%}{80\%} = (\%) \tag{24}$$

$$B_{pcs} \times K_{pcs} = (pcs) \tag{25}$$

Dalam menghitung kebutuhan *solar charge controller*, maka kita harus mengetahui terlebih dahulu *datasheet* dan spesifikasi dari panel surya, yang harus diperhatikan adalah angka *Isc* (*short circuit current*), nilainya dikalikan dengan jumlah panel surya, hasilnya merupakan nilai beberapa nilai minimal dibutuhkan sebesar [10] :

$$J_{PS} \times ISC = (watt) \tag{26}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Dari perhitungan perancangan kemudian dilakukan pembahasan hasil supaya mudah memahaminya dan dapat melihat fenomena yang terjadi dari hasil yang dilakukan. Pada kajian ini teknik analisis data menggunakan teknik deskriptif berdasarkan hasil yang dilakukan. Data yang diperoleh dari hasil kemudian dianalisis menggunakan rumus terapan, selanjutnya data akan disajikan dalam bentuk tabel untuk menampilkan tabel tegangan, arus dan daya dari hubungan antara daya yang telah ditentukan.

Hasil Perancangan Turbin Kinetik

Didapatkan data primer debit air yaitu pada Tabel 2 :

Tabel 2. Data primer debit air.

No	V max (m/s)	V1 (m/s)	Vr (m/s)	A (m ²)	Q (m ³ /s)
1	0,11	1,1	0,61	0,12	0,08
2	0,36	3,6	1,98	0,14	0,28
3	0,42	4,2	2,31	0,17	0,40
4	0,52	5,2	2,86	0,21	0,60
5	0,69	6,9	3,80	0,23	0,88

Dari Tabel 2 maka didapatkan data primer debit air dengan lima variasi debit air mulai dari 0,08-0,88 m³/s. Didapatkan perancangan kecepatan turbin kinetik yaitu pada Tabel 3 :

Tabel 3. Perancangan kecepatan turbin kinetik.

No	EK (joule)	Pa (watt)	rt (m)	ω (Rad/s)	RPM
1	14,89	14,89	0,35	1,75	16,7
2	548	548	0,34	5,83	55,7
3	1067	1067	0,33	7	66,9
4	2453	2453	0,31	9,22	88,1
5	6353	6353	0,30	12,66	121

Dari Tabel 3 maka didapatkan perancangan kecepatan turbin kinetik dengan lima variasi mulai dari 16,7-121 rpm. Didapatkan perancangan daya turbin yaitu pada Tabel 4 :

Tabel 4. Perancangan daya turbin.

No	Fi (kg)	T (N/m)	Ef (%)	Pt (watt)
1	48,8	17,08	80	10,90
2	554	188	80	434
3	924	304	80	837
4	1716	531	80	1964
5	3344	1003	80	5048

Dari Tabel 4 maka didapatkan perancangan daya turbin dengan lima variasi mulai dari 10,90-5048 watt. Didapatkan perancangan tegangan generator turbin yaitu pada Tabel 5 :

Tabel 5. Perancangan tegangan generator turbin.

No	Vr (m/s)	ω (rad/s)	RPM	Tg (volt)
1	0,61	8,43	80,5	6,44
2	1,98	26,32	251	20,08
3	2,31	30,52	291	23,28
4	2,86	37,36	356	28,48
5	3,80	50	477	38,16

Dari Tabel 5 maka didapatkan perancangan tegangan generator turbin dengan lima variasi mulai dari 6,44-38,16 volt.

Hasil Perancangan Panel Surya

Didapatkan perancangan penggunaan daya panel surya yaitu pada Tabel 6 :

Tabel 6. Perancangan penggunaan daya panel surya.

No	Jenis kebutuhan	Jml	P (w)	Pemakaian (Wh)	Jml beban (w)
1	Lampu	3	5	10	150

Dari Tabel 6 maka perancangan penggunaan daya panel yaitu dengan jenis kebutuhan lampu, dalam jumlah 3, daya lampu 5 watt, pemakaian 10 jam, jumlah beban 150 watt penggunaan selama 10 jam

dari jam 19:00-05:00. Didapatkan perancangan jumlah panel surya yaitu pada Tabel 7 :

Tabel 7. Perancangan jumlah panel surya.

No	Kerugian PLS (%)	Dibutuhkan (w)	Intensitas (h)	Jml PLS (WP)	Ef PLS (%)
1	25	198	5	39,6	26,316

Dari Tabel 7 maka perancangan jumlah panel surya yaitu dengan kerugian panel surya 25%, dibutuhkan daya 198 Watt dari 25% kerugian, intensitas penggunaan selama 5 jam dari jam 10:00-14:00 (*watt peak*), jumlah panel surya 39,6 WP (40 WP) dengan efisiensi 26,316 %. Didapatkan perancangan rangkaian kelistrikan panel surya yaitu pada Tabel 8:

Tabel 8. Perancangan rangkaian kelistrikan panel surya.

No	Kerugian Inverter (%)	Penggunaan baterai	Dibutuhkan (Pcs)	Penggunaan inverter (w)	Penggunaan SSC (a)
1	5	12v - 60 Ah	0,28	15	10

Dari Tabel 8 maka perancangan rangkaian kelistrikan panel surya yaitu dengan kerugian inverter 5%, penggunaan baterai 12V-60Ah, dibutuhkan baterai 0,28 pcs (1 pcs), penggunaan inverter 15 watt, penggunaan solar charge control 10 A. Ditentukan hasil dari kedua perancangan turbin kinetik dan panel surya yaitu pada Tabel 9 :

Tabel 9. Ditentukan hasil perancangan turbin kinetik dan panel surya.

No	Jumlah lampu 5 watt (pcs)	Kebutuhan (watt)	Bekerja (jam)	Daya dibutuhkan (watt)
1	Perancangan Ganagerator			
	3	3	3	3
2	Perancangan Panel Surya			
	3	3	3	3

Dari Tabel 9 ditentukan hasil perancangan turbin kinetik dan panel surya yaitu dengan jumlah 3 lampu 5 watt, kebutuhan 198 watt untuk perancangan turbin kinetik dan panel surya maka daya kebutuhan untuk perancangan turbin kinetik bekerja selama 12 jam yaitu 16,5 watt/jam, jika bekerja selama 24 jam yaitu 8,25 watt/jam dari spesifikasi perancangan generator 500 watt. Sedangkan perancangan panel surya bekerja selama 5 jam dari jam 10:00-14:00 (*watt peak*) yaitu 39,6 watt/jam.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan maka didapatkan hasil perancangan teknologi *hybrid* berbasis energi turbin kinetik dan energi surya bahwa dapat diimplementasikan atau diaplikasikan alat Teknologi *Hybrid* berbasis Energi Turbin Kinetik dan Energi Surya pada aliran sungai atau daerah aliran sungai yang telah dirancang pada kajian ini. Didapatkan hasil perhitungan perancangan Turbin Kinetik dari hasil yang paling optimal dari lima variasi kecepatan rata-rata aliran sungai yaitu: pada kecepatan rata-rata aliran sungai 3,80 m/s dengan putaran turbin 121 rpm, Torsi turbin 1003 N.m, Daya turbin 5048 watt pada efisiensi ditentukan sebesar 80%. Hasil dari perancangan Turbin Kinetik didapatkan besaran tegangan generator dari lima kecepatan hasil reduksi turbin ke generator yaitu: sebesar 6,44 volt pada 80,5 rpm, 20,08 volt pada 251 rpm, 23,28 volt pada 291 rpm, 28,48 volt pada 356 rpm, 38,16 volt pada 477 rpm. Ditentukan hasil daya perancangan generator sesuai spesifikasi generator 500 watt yaitu pada saat turbin kinetik bekerja selama 12 jam maka daya perancangan generator sebesar 16,5 watt per jam, jika turbin bekerja selama 24 jam maka daya perancangan generator sebesar 8,25 watt per jam. Pada kajian ini dapat ditentukan sebuah perancangan Panel Surya dengan dimensi alat yang dirancang adalah sebesar: tinggi tiang panel surya 6 m, diameter tiang 2 ½ inchi, panjang rangka panel surya 350 mm, lebar rangka panel surya 525 mm, Tebal rangka dan panel surya 75,80 mm dengan daya panel surya yaitu sebesar 39,6 watt per jam (*watt peak*) dari setiap intensitas matahari mulai dari jam 10:00 – jam 14:00 pada penggunaan 5 jam bekerja. Hasil dari kedua perancangan didapatkan kemampuan daya optimal turbin kinetik dan panel surya saling bersinergi yaitu menggunakan 3 lampu LED 5 watt selama 10 jam dengan daya sebesar 150 watt pada penggunaan turbin bekerja selama 24 jam dan penggunaan panel surya bekerja selama 5 jam mulai dari jam 10:00 – jam 14:00.

Daftar Pustaka

[1] ESDM, K. (2018, 1 11). Inilah Konsumsi Listrik Nasional. Retrieved 12 15, 2019, from databoks.katadata.co.id: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2018/01/11/inilah-konsumsi-listrik-nasional>

[2] Wicaksono, P. E. (2019, 1 5). Konsumsi Listrik Terus Meningkat, RI Menuju Negara Maju. Dipetik 12 16, 2019, dari www.liputan6.com: <https://www.liputan6.com/bisnis/read/3863789/konsumsi-listrik-terus-meningkat-ri-menuju-negara-maju>

[3] Fajar, T. (2019, Juni 4). Pemanfaatan Energi Terbarukan untuk Industri Kelistrikan. Retrieved 12 15, 2019, from economy.okezone.com: <https://economy.okezone.com/read/2019/06/04/>

- 320/2063737/pemanfaatan-energi-terbarukan-untuk-industri-kelistrikan
- [4] Wardani, R. (2017, september Kamis). Pemanfaatan Energi Terbarukan “is amust”. Dipetik 12 15, 2019, dari <http://ebtke.esdm.go.id>: <http://ebtke.esdm.go.id/post/2017/09/28/1754/pemanfaatan.energi.terbarukan.is.a.must>
 - [5] Bruce R, D. F. (2004). Mekanika fluida. Jakarta: Erlangga.
 - [6] Ismanto, A. (-). SEDERHANA, PENGUKURAN DEBIT AIR SECARA. In A. Ismanto, SEDERHANA, PENGUKURAN DEBIT AIR SECARA (pp. -). -: 2021.
 - [7] Akhiar Junaidi, R. A. (2014). Jurusan Teknik Sipil. MODEL FISIK KINCIR AIR SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK, 1-9.
 - [8] Sri Handayani, A. D. (2009). Fisika. Jakarta: CV. Adi Perkasa.
 - [9] Arief Muliawan, A. Y. (2016). Teknik Elektro, Teknik Mesin. ANALISIS DAYA DAN EFISIENSI TURBIN AIR KINETIS AKIBAT PERUBAHAN PUTARAN RUNNER, 1-9.
 - [10] Henry. (2017, - -). MENGENAL ISTILAH "POLE" PADA MOTOR LISTRIK, BEDA MOTOR 2P,4P,6P. Retrieved Agustus 01, 2021, from yanmarpekanbaru.com: yanmarpekanbaru.com.
 - [11] Basyirun, W. K. (2008). Mesin Konversi Energi. Semarang: Universitas Negri Semarang.