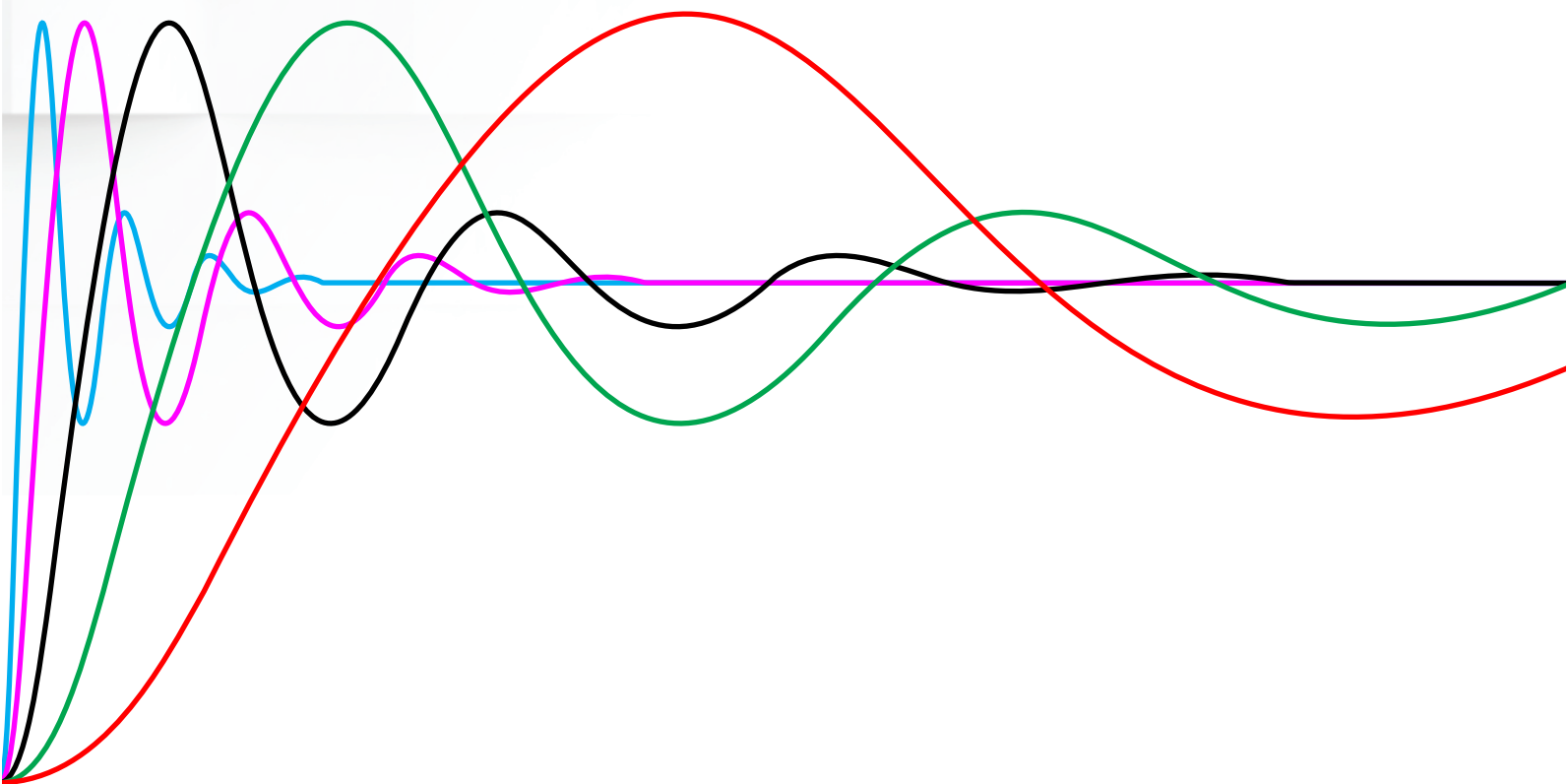


P-ISSN : 2685 - 4341
E-ISSN : 2685 - 5313

Vol. 4, No. 1, Juni 2022

Jurnal Riset Rekayasa Elektro



Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Purwokerto



Jurnal Riset Rekayasa Elektro

Terbit pertama kali tahun 2019
p-ISSN : 2685-4341

Penanggung Jawab/Publisher

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Pemimpin Redaksi/Editor-in-Chief

Arif Johar Taufiq, S.T., M.T

Dewan Redaksi/Editors

Muhamad Taufiq Tamam, S.T., M.T (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)
Wakhyu Dwiono, ST, MT (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)

Sekretaris Redaksi/Secretary of Editor

Bayu Aji Kurniawan, A.Md.T (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)

Alamat Redaksi/Address

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Jl. KH Ahmad Dahlan PO Box 202, Purwokerto 53182

<http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE/index>

email: jurnaljrre@ump.ac.id

Jurnal Riset Rekayasa Elektro (JRRE) adalah terbitan berkala ilmiah yang diterbitkan oleh Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto. JRRE menyajikan artikel hasil pemikiran dan penelitian serta perkembangan terkini dari Teknik Elektro. Redaksi mengundang para peneliti, dosen, dan praktisi untuk bertukar pikiran dan memajukan keilmuan di bidang teknik elektro

(JRRE) Electrical Engineering Research Journal is a periodical scientific publication published by Electrical Engineering, Faculty of Engineering and Science, Muhammadiyah University of Purwokerto. JRRE presents articles of thought and research as well as the latest developments from Electrical Engineering. Editors invite researchers, lecturers, and practitioners to exchange ideas and advance knowledge in the field of electrical engineering

Jurnal Riset Rekayasa Elektro

Volume 4 No 1 Juni 2022

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

i

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Menggunakan Generator DC Shunt (1 – 10)

I Dewa Nyoman Dharma Putra, Winarso

Prototipe Mesin Pengereng Hasil Pertanian Otomatis Menggunakan STM 32 (11 – 16)

Ade Sukmana, Muhammad Taufiq Tamam, Itmi Hidayat Kurniawan

Unjuk Kerja PLTS Untuk Operasional Sistem Penjernih Air di Rawa Pening (17 – 22)

Alfa Faridh Suni, Djuniadi, Budi Sunarko, Ria Wulansarie

Studi Rancang Bangun Simulasi Sistem Telekomunikasi Berbasis Konstelasi Satelit LEO untuk Wilayah Indonesia (23 – 28)

Anantia Prakarsa

Analisis Diameter Antena dan Redaman Hujan Menggunakan Frekuensi Ku-Band dan C-Band untuk Komunikasi VSAT SCPC Satelit Telkom 3S pada (29 – 38)

Link Bogor-Tiakur

Najib Ma'ruf, Imam Muhammadi, Indah Permatasari, Reni Dyah Wahyuningrum

PETUNJUK PENULISAN

ii

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Menggunakan Generator Dc Shunt

I Dewa Nyoman Dharma Putra¹, Winarso²

^{1,2}Program Studi S1 Teknik Elektro

Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Jl. K.H. Ahmad Dahlan Dukuhwaluh, Kembaran, Banyumas, 53182

Informasi Makalah

Dikirim, 2 September 2021

Direvisi, 23 Mei 2022

Diterima, 27 Juni 2022

Kata Kunci:

Pikohidro,
Generator DC,
Turbin

Keyword:

Pico hydropower,
DC generator,
Turbine

INTISARI

Aliran air dalam saluran irigasi merupakan sumber energi yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik, seperti saluran irigasi yang berlokasi di Desa Kebumen, aliran air ini dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Perancangan PLTPh dimulai dari survey lokasi, mengukur debit air, pemilihan generator dan turbin, perakitan dan pengujian PLTPh. Pada penelitian ini debit air saluran irigasi yang sudah terukur 0,29 m³/detik akan dikonversi menjadi energi kinetik dengan turbin overshoot berdiameter 60 cm dengan jumlah sudu 20 buah, kemudian energi kinetik tersebut dirubah menjadi energi listrik melalui generator dc shunt. Pengujian turbin tanpa beban dilakukan secara langsung di saluran irigasi dengan putaran rata-rata sebesar 512,2 rpm. Untuk pengujian generator dilakukan di laboratorium. Pada pengujian generator dc shunt untuk mengisi baterai, pada putaran 245 rpm menghasilkan arus 0, 2 A dan tegangan 11, 9 V, pada putaran 900 rpm menghasilkan arus 4 A dan tegangan 17, 9 V. Turbin PLTPh ini dapat menghasilkan daya 53, 61 Watt dengan efisiensi turbin 62, 76 %. Energi yang dihasilkan oleh sistem PLTPh sebesar 91,504 Wh.

ABSTRACT

The flow of water in irrigation canals can be used as an electrical energy source. For example, in Kebumen village, the water flow can be converted into electrical energy. Pico hydropower plant design began with a site survey, water flow measurement, generator and turbine selection, assembly, and Pico hydropower plant testing. An overshoot turbine with a diameter of 60 cm and a total of 20 blades was used in this study to convert irrigation canal water discharge, which was measured at 0,29 m³/sec, into kinetic energy, which was subsequently converted into electrical energy via a dc shunt generator. The no-load turbine testing was done directly in the irrigation canal with an average rotation of 512,2 rpm. Generator testing was done in a laboratory. When used to charge the battery, the shunt dc generator produces a current of 0.2 A and a voltage of 11.9 V at 245 rpm, and a current of 4 A, and a voltage of 17.9 V at 900 rpm. With a turbine efficiency of 62.76 percent, the Pico hydropower plant turbine can produce 53.61 Watts of power. The Pico hydropower plant system generates 91.504 Wh of energy.

Korespondensi Penulis:

I Dewa Nyoman Dharma Putra
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jl. K.H. Ahmad Dahlan Dukuhwaluh, Kembaran, Banyumas, 53182
Email: idewanyomandp99@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Indonesia setiap tahunnya meningkat disertai pertumbuhan fasilitas publik seperti pasar modern, gedung sekolah, hotel dan perkantoran. Pertumbuhan fasilitas publik membutuhkan energi yang tidak sedikit. Seiring dengan itu menipisnya energi minyak bumi menyebabkan terjadinya krisis energi di negara kita dan sebagian negara lain. Kebijakan yang diterapkan oleh pemerintah negara kita untuk mengatasi masalah tersebut adalah mengembangkan potensi energi terbarukan seperti potensi energi air, energi angin, energi matahari dan yang lainnya. Energi terbarukan di Indonesia sangat melimpah karena letak geografis negara kita berada di wilayah tropis. Sebagai contoh energi matahari setiap hari tersedia cukup banyak merupakan sumber energi listrik yang murah, demikian juga curah hujan yang tinggi di wilayah tropis menjadikan sumber air yang cukup melimpah, sehingga pemanfaatan energi hidro sebagai sumber energi listrik cukup besar.

Energi terbarukan yang cukup melimpah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik melalui mesin konversi, misalnya untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik memerlukan konverter photovoltaic, energi air diubah menjadi energi gerak melalui konverter turbin air. Menurut Hukum Kekekalan Energi yaitu energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat untuk dimusnahkan namun energi dapat diubah dari suatu bentuk energi ke bentuk energi yang lain. Energi listrik terbentuk oleh proses perubahan energi, yaitu energi gerak (energi mekanik) yang diubah menjadi energi listrik. Dengan terbentuknya energi listrik kehidupan manusia akan menjadi mudah karena listrik dapat membantu banyak aktifitas-aktifitas manusia. Umumnya manusia menggunakan listrik sebagai penerangan, menghidupkan mesin, dan sebagai sumber energi peralatan-peralatan manusia yang lainnya.

Menurut Mirzan, salah satu pilihan dalam pengembangan sektor energi adalah pemanfaatan Pembangkit Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH). Pembangkit listrik Pikohidro tidak memerlukan waduk atau bendungan sehingga tidak memerlukan relokasi tempat tinggal masyarakat setempat. Pemanfaatan PLTPH merupakan salah satu solusi untuk dapat menyediakan energi listrik yang murah dan ramah lingkungan dan dapat berdampak pada kesadaran masyarakat untuk melestarikan hutan sebagai penjaga kelestarian sumber daya air [1].

Menurut Athifah, Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) adalah pembangkit tenaga listrik yang mempunyai kemampuan memproduksi daya listrik dibawah 5 kilowatt. PLTPH sangat cocok dan kokoh digunakan pada daerah pegunungan yang memiliki aliran sungai kecil sebagai sumber energi, karena secara teknis energi air dikonversi menjadi tenaga mekanik oleh turbin air, selanjutnya energi mekanik tersebut diubah menjadi energi listrik oleh generator [2].

Menurut Nakhoda, pembangkit listrik tenaga pikohidro adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan potensi air yang kecil seperti selokan atau irigasi sehingga potensi energi listriknya juga cukup kecil. Pembangkit ini dapat dirancang dan diterapkan di daerah pedesaan yang dimana terdapat aliran sungai dengan debit air yang kontinu dan tinggi jatuh air yang relative rendah untuk memutar atau menggerakkan turbin yang dapat menghasilkan listrik [3].

Menurut Rahmawati, sumber energi baru dan terbarukan adalah sumber energi yang murah dan tersedia disekitar kita serta menjadi sebuah pilihan yang tepat untuk daerah yang terisolir dan belum merasakan listrik dari jaringan PLN. Dengan menggunakan energi alternatif masyarakat sekitar dapat membuat pembangkit listrik dengan cara memanfaatkan potensi alam disekitar mereka, seperti aliran sungai, angin dan maupun panas matahari. Pada pembangkit listrik yang memanfaatkan energi alternatif terdapat alat yang berfungsi untuk menyimpan energi dalam bentuk tertentu, seperti halnya *Flywheel* (Roda Gila) yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) untuk menyimpan energi rotasi, kemudian dikeluarkan berupa putaran pada poros generator yang akan tetap stabil sehingga menghasilkan energi listrik yang konstan dan dapat menjaga umur generator tersebut yang diakibatkan oleh aliran arus sungai yang tidak tentu atau tidak stabil [4].

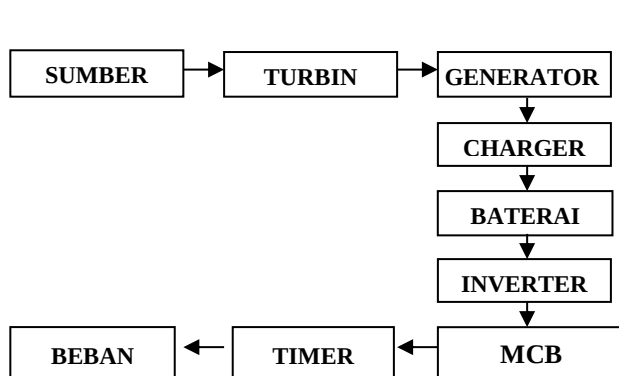
Penelitian yang dilakukan oleh Ihfah bahwa pembangkit listrik Mikrohidro atau Pikohidro merupakan sebuah istilah. Mikro artinya kecil sedangkan hidro artinya air. Perbedaan jenis pembangkit Mikrohidro dengan Pikohidro adalah produksi daya listriknya, misalnya pembangkit listrik Mikrohidro menghasilkan daya lebih rendah dari 500 KVA, sedangkan untuk pikohidro daya keluarannya berkisar antara 100 sampai 5000 watt. Secara teknis, Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu aliran air turbin dan generator [5].

Pada penelitian ini merancang sistem Pembangkit listrik tenaga pikohidro dengan memanfaatkan aliran irigasi yang berada di Desa Kebumen. Pembangkit listrik pikohidro ini akan dimanfaatkan untuk menerangi obyek wisata embung maron yang ada didesa tersebut.

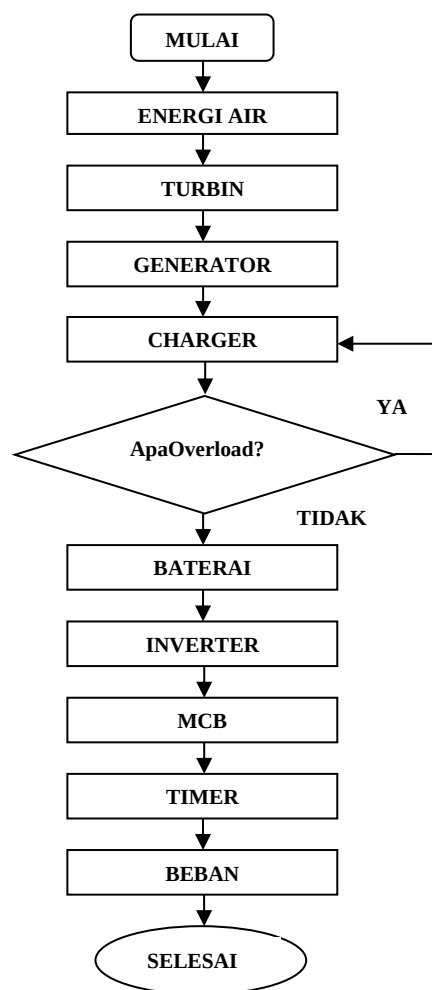
2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, langkah pertama adalah ketika sumber air yang sudah disalurkan melalui pipa di arahkan untuk menggerakkan turbin. Saat turbin berputar maka generator akan bekerja karena *pulley* pada generator sudah dihubungkan dengan *pulley* turbin menggunakan *fan belt*. Pada generator terjadi proses perubahan energi gerak menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator akan disimpan pada baterai. Baterai pada sistem ini dilindungi oleh *charger control*. *Charger control* berfungsi untuk mengamankan baterai saat terjadi *overload*. Selanjutnya terdapat inverter pada sistem PLTPH ini. Inverter berfungsi untuk mengubah arus DC menjadi AC.

Energi listrik yang dihasilkan PLTPH adalah sangat terbatas sehingga perlu alat proteksi arus listrik agar energi listrik yang disalurkan aman dan efisien. Alat proteksi arus listrik menggunakan *Miniatur Circuit Breaker* (MCB). Fungsi utama MCB yaitu sebagai pengaman ketika terjadi hubung singkat. Selain proteksi MCB juga diperlukan sistem pengatur waktu aliran listrik yaitu berupa *timer*. *Timer* ini mengatur penyalan lampu yaitu ketika malam hari lampu akan hidup dan saat pagi tiba lampu akan mati secara otomatis. Pada sistem PLTPH ini beban yang digunakan yaitu lampu LED. Lampu akan menyala sesuai dengan waktu yang sudah diseting pada *timer*. Perancangan diagram blok sistem dapat dilihat pada gambar 1 dan diagram alir sistem dapat dilihat pada gambar 2.



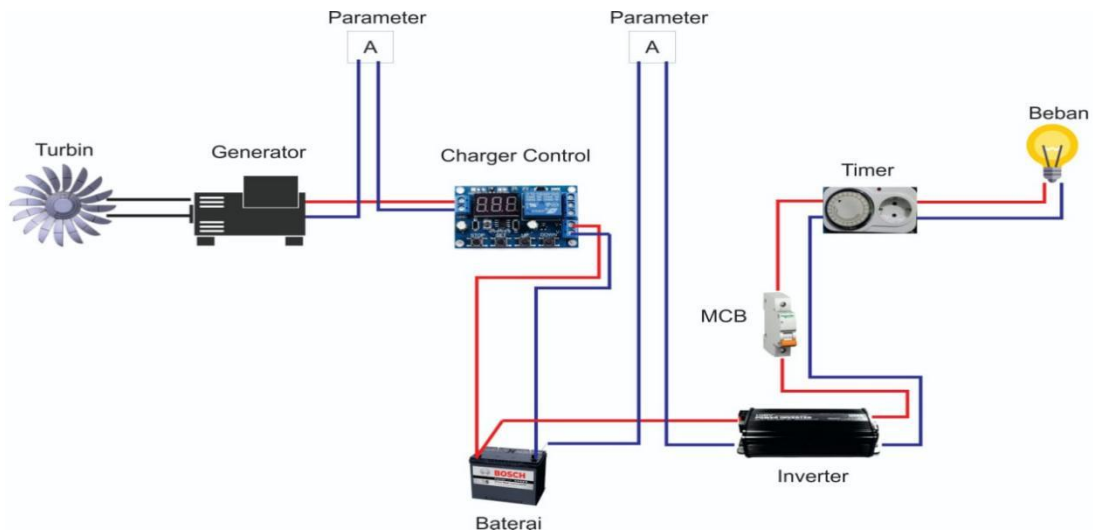
Gambar 1. Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

Perancangan sistem yang pertama dimulai adalah merancang turbin. Turbin dirancang sesuai berdasarkan kondisi lokasi penelitian. Setelah itu dilanjutkan dengan merancang kerangka dudukan turbin dan generator. Selanjutnya memasang pipa untuk mengarahkan air untuk memutar turbin. Setelah turbin dan generator terpasang, dilanjutkan dengan merakit panel sistem PLTPh. Peralatan yang diletakkan pada panel yaitu ; Charger Control , Baterai , Inverter , MCB , Timer dan Panel Voltmeter , Amperemeter. Sistem instalasi peralatan pada panel ditampilkan seperti pada Gambar 3.

Selanjutnya generator dihubungkan dengan sistem yang terdapat pada panel. Setelah itu, arahkan air untuk memutar turbin. Setelah turbin berputar maka sistem PLTPh akan berjalan. Pada gambar 3 dijelaskan bahwa sumber energi listrik diperoleh dari sumber air yang dikonversi menjadi energi gerak oleh turbin air, kemudian energi gerak tersebut terhubung dengan generator yang berfungsi untuk mengubah menjadi energi listrik. .



Gambar 3. Perancangan *Hardware*

Dari gambar perancangan sistem PLTPh diatas dapat di jelaskan spesifikasi teknisnya yaitu :

1. Turbin air jenis overshoot dengan diameter turbin 60 cm, 20 sudu
2. Generator dc shunt dengan kapasitas 300 VA/ 12 volt
3. Baterai basah dengan kapasitas 12 V/35 AH
4. Inverter dc ke ac dengan kapasitas 300 watt/220 vac
5. Charger control dengan kapasitas 5 A/ 12-20 volt dc
6. Timer ac 24 jam
7. MCB 2 amper

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Kecepatan Air

Pengujian kecepatan air ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa kecepatan dan debit air pada sungai tersebut. Pengujian dilakukan dengan dua cara, yang pertama menggunakan metode apung dan yang kedua menggunakan metode pengisian wadah. Hasil pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya debit air berdasarkan kecepatan air dan volume irigasi. Debit air adalah komponen yang penting untuk mengetahui potensi besarnya daya aktif yang dihasilkan oleh aliran air irigasi tersbut untuk diubah menjadi energi listrik.

a. Metode Apung

Metode pengujian kecepatan air dengan metode apung caranya yaitu dengan menghanyutkan bola plastik dengan titik awal dan akhir yang sudah ditentukan dan menghitung lama waktunya. Pengujian dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan hasil yang sesuai. Berikut hasil pengukuran volume air irigasi seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Besaran Volume Air Irigasi

Titik	Lebar (L)	Kedalaman H (Meter)			H Rata-Rata
	(Meter)	H1	H2	H3	
Titik 1	1,10	0,38	0,37	0,38	0,37
Titik 2	0,85	0,30	0,32	0,34	0,32
Titik 3	0,87	0,35	0,27	0,27	0,29
Titik 4	0,90	0,30	0,28	0,30	0,29
Titik 5	0,82	0,30	0,33	0,33	0,32
Jumlah	4,54				1,59
Rata-Rata	0,90				0,31

Untuk mencari luas penampang (A) sungai dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$A = L \cdot \text{Rata-Rata} \times H \text{ Rata-Rata}$$

$$= 0,90 \times 0,31$$

$$= 0,27 \text{ m}^2$$

Luas penampang air yang didapat dari hasil perhitungan sebesar 0,27 m²

Pengujian metode apung dengan bola yang dihanyutkan di saluran irigasi adalah untuk mendapatkan waktu hanyut dengan lintasan yang sudah ditentukan, berikut adalah hasil pengukuran kecepatan aliran air pada irigasi seperti tabel 2:

Tabel 2. Pengujian Kecepatan Aliran Air Irigasi

Pengulangan	Waktu Pengukuran (T) (detik)
Pengukuran 1	47,08
Pengukuran 2	46,76
Pengukuran 3	45,98
Pengukuran 4	44,40
Pengukuran 5	44,99
Jumlah	229,21
Rata-rata	45,842

Untuk mencari kecepatan (v) pada sungai dapat digunakan persamaan berikut.

$$V = P : T \cdot \text{Rata-Rata}$$

$$= 50 : 45,842$$

$$= 1,09 \text{ m}^2/\text{detik}$$

Kecepatan aliran air yang didapat dari hasil perhitungan dari pengujian metode apung sebesar 1,09 m²/detik

Untuk mencari debit air (Q) sungai dapat digunakan persamaan berikut.

$$Q = A \times V$$

$$= 0,27 \times 1,09$$

$$= 0,29 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit air yang didapat dari hasil perhitungan dari pengujian metode apung sebesar 0,29 m³/detik

b. Metode Pengisian Wadah

Metode pengukuran kecepatan dan debit air menggunakan metode pengisian wadah ini dilakukan dengan cara mengisi air melalui pipa, kemudian air ditampung dengan menggunakan ember. Pengisian air dari ember kosong sampai penuh diperhitungkan waktunya dengan *stopwatch*. Berikut data hasil pengukuran volume wadah berupa ember plastik seperti pada tabel 3, dan data waktu pengisian seperti pada tabel 4.

Tabel 3. Pengujian Volume Wadah

No	Pengukuran Wadah	Dimensi (cm)
1.	Diameter Atas	38,5 cm
2.	Diameter Bawah	31 cm
3.	Tinggi	33 cm

Tabel 4. Pengujian Kecepatan Pengisian Wadah

No	Media	Waktu (detik)
1.	Ember Plastik	03,47
2.	Ember Plastik	03,49
3.	Ember Plastik	03,77
4.	Ember Plastik	03,71
5.	Ember Plastik	03,57
	Rata-rata	3,602

Untuk mencari kecepatan (v) dapat digunakan persamaan berikut.

$$V = P : T.Rata-Rata$$

$$= 60 : 3,602$$

$$= 16,65 \text{ m/detik}$$

Kecepatan aliran air yang didapatkan dari hasil perhitungan sebesar 16,65 m/detik

Untuk mencari volume wadah (v) dapat digunakan persamaan berikut.

$$V = \frac{1}{3} \pi t (R^2 + rR + r^2)$$

$$= \frac{1}{3} 3,14 \cdot 33 (19,25^2 + 15,5 \cdot 19,25 + 15,5^2)$$

$$= 34,54 (370,5625 + 298,375 + 240,25)$$

$$= 31.403,3363 \text{ cm}^3$$

$$= 31,40 \text{ liter}$$

Untuk mencari debit air (Q) dapat digunakan persamaan berikut.

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$= \frac{31,40}{3,602}$$

$$= 8,717 \text{ liter/detik.}$$

$$= 0,008717 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit air pada pengujian metode pengisian wadah sebesar 0,008717 m³/detik.

Pada penelitian ini, pipa yang digunakan yaitu pipa pvc dengan diameter 4 inch. Untuk menghitung luas penampang pipa dapat digunakan persamaan berikut :

$$\text{Diameter} = 4 \text{ inch}$$

$$= 10,16 \text{ cm}$$

$$r = \frac{1}{2} \cdot d$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 10,16$$

$$= 5,08 \text{ cm}$$

Luas Penampang Pipa Pesat :

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \cdot (5,08)^2$$

$$= 81,03 \text{ cm}^2$$

$$= 0,008103 \text{ m}^2$$

Luas penampang pipa yang digunakan pada sistem PLTPh ini adalah 0,008103 m².

3.2 Pengujian Kecepatan Putar *Pulley Turbin Air Tanpa Fan Belt*

Pengujian kecepatan putar *pulley* turbin air tanpa *fan belt* bertujuan untuk mengetahui kecepatan turbin tanpa beban, data ini digunakan untuk referensi kecepatan generator yang akan digunakan untuk PLTPH. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur *digital tachometer*, yaitu dengan memberi titik berwarna abu-abu pada *pulley* turbin, lalu tekan tombol *test* pada alat ukur dan catat hasil pengukuran.

Tabel 5. Pengujian kecepatan Turbin Tanpa beban

No.	Durasi Waktu (menit)	Kecepatan (rpm)
1.	0-5	508
2.	5-10	508
3.	10-15	511
4.	15-20	521
5.	20-25	513

Dari data pengujian putaran turbin diatas dapat diperoleh data yang dapat digunakan untuk menganalisa kinerja dari turbin tersebut. Data-data dari pengujian adalah sebagai berikut :

Putaran Turbin Rata-Rata (nT)	= 512, 2 rpm
Debit air (Q)	= 0, 008717 m ³ /detik
Tinggi Jatuh (h)	= 1 meter
Gaya Gravitasi (g)	= 9, 8 m/s ²
Massa Jenis Air (ρ)	= 1000 kg/m ³
Luas Penampang Pipa (A)	= 0, 008103 m ²

Dari data di atas didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Daya Potensial Air (Ph)

Daya potensial air dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Ph &= \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \\ &= 1000 \cdot 0, 008717 \cdot 9, 8 \cdot 1 \\ &= 85, 42 \text{ Watt.} \end{aligned}$$

Daya potensial air pada sistem PLTPH sebesar 85, 42 Watt.

2. Daya Turbin (PT)

Daya yang dihasilkan turbin dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} PT &= \frac{2 \cdot \pi \cdot nT}{60} \\ &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 412,2}{60} \\ &= 53, 61 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Daya turbin pada sistem PLTPH ini sebesar 53,61 Watt

3. Efisiensi Turbin (η_T)

Efisiensi turbin dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \eta_T &= \frac{PT}{PH} \cdot 100 \% \\ &= 62, 76 \% \end{aligned}$$

Efisiensi turbin pada sistem PLTPH ini sebesar 62,76 %

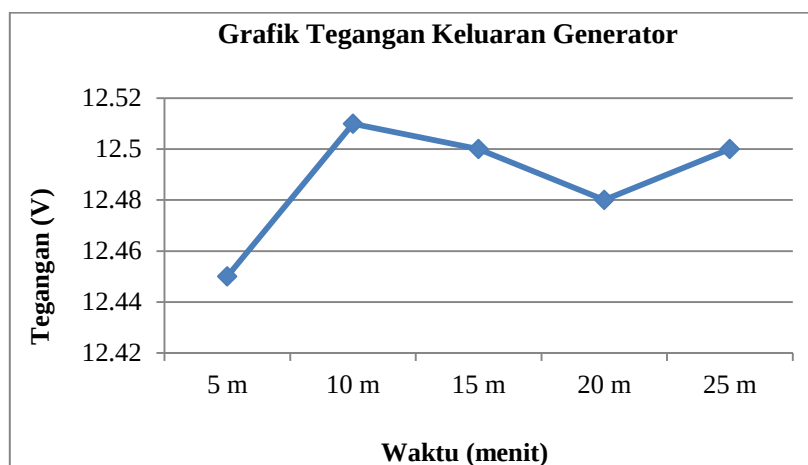
3.3 Pengujian Generator DC Tanpa Beban Dalam Sistem PLTPH

Pengujian ini bertujuan mendapatkan kemampuan generator untuk menghasilkan energi listrik pada kecepatan sesuai kecepatan turbin tanpa beban. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan penghantar pada generator dengan probe pada alat ukur voltmeter. Berikut merupakan hasil dari pengujian generator dc tanpa beban dalam sistem PLTPH seperti pada tabel 6 :

Tabel 6. Pengujian Generator DC Tanpa Beban Dalam Sistem PLTPH

Waktu (Menit)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25
Kecepatan (rpm)	506	506	506	506	506
Tegangan (V)	12,45	12,51	12,50	12,48	12,50

Dari hasil pengujian generator DC tanpa beban pada sistem PLTPH seperti data tabel 6, didapatkan hasil tegangan rata-rata yang tercatat adalah 12,48 dengan kecepatan pulley generator sebesar 506 rpm dan ditampilkan pada gambar 4 berikut ini :



Gambar 4. Hasil Pengujian Tegangan Keluaran Generator Tanpa Beban

3.4 Pengujian Generator DC Berbeban Pada Sistem PLTPH

Pengujian sistem PLTPH dilakukan secara terpadu yaitu menghubungkan generator dc dengan turbin air. Pengujian pertama adalah menguji sistem PLTPH tanpa beban atau beban 0 (nol) watt. Hasil pengujian seperti pada tabel 7. Pengujian kedua membebani generator dengan lampu LED. Lampu yang digunakan yaitu lampu LED 5 Watt dan 8 Watt. Berikut merupakan hasil dari pengujian generator dc berbeban pada sistem pltpH seperti pada tabel 8.

Tabel 7 Pengujian Sistem PLTPH tanpa beban

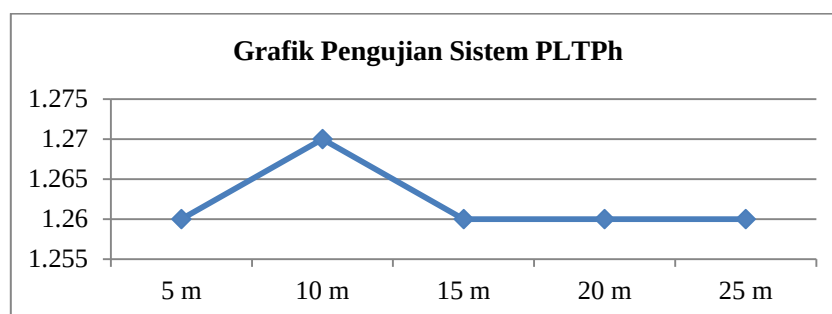
Waktu (Menit)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25
Arus (A)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Tegangan (V)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Kecepatan (rpm)	539	539	539	539	539

Dari hasil pengujian sistem PLTPH tanpa beban bahwa sistem PLTPH menghasilkan arus sebesar 0,20 A dan tegangan 12,5 V pada kecepatan putaran 539 rpm.

Tabel 8. Pengujian Generator DC Berbeban 5 Watt + 8 Watt Dalam Sistem PLTPh

Waktu (Menit)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25
Arus (A)	1,26	1,27	1,26	1,26	1,26
Tegangan (V)	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3
Kecepatan (rpm)	345	345	345	345	345

Dari hasil pengujian generator dc berbeban lampu LED 13 watt, sistem PLTPh menghasilkan arus sebesar 1,26 A dan tegangan sebesar 12,3 V pada kecepatan generator 345 rpm dan ditampilkan dengan grafik seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pengujian Sistem PLTPh berbeban lampu LED

Dari gambar 5. dapat diamati bahwa arus pada pengujian mengalami suatu kenaikan dari 1,26 A menjadi 1,27 A. Namun selanjutnya arus selalu stabil sebesar 1,26 A, begitu pula dengan tegangan, tegangan selalu stabil yaitu sebesar 12,3 V.

3.5 Analisis Energi Pada Sistem PLTPh

Berikut ini merupakan data aliran energi generator dan baterai yang diambil dari pengujian sistem PLTPh di lapangan, seperti pada tabel 10.

Tabel 10. Pengujian aliran energi generator dan inverter sistem PLTPh

Parameter Listrik	Generator Tanpa Beban	Generator Berbeban	Inverter	Baterai 12V/40 AH
Arus	0,19 A	0,13 A	0,20 A	1,26 A
Tegangan	12,5 V	12,4 V	12,5 V	12,3 V

Dari data pengujian sistem PLTPh seperti pada tabel 10, dapat di analisa energi yang dihasilkan oleh sistem PLTPh tersebut menggunakan persamaan berikut :

1. Energi yang dihasilkan oleh generator selama 24 jam
 $E_g = 0,13 \times 12,4 \times 24$
 $= 36,68 \text{ Wh}$
2. Energi awal yang tersimpan dibaterai 12 V/32 AH, efisiensi 70 %
 $E_b = 12 \times 32 \times 0,7$
 $= 268,8 \text{ Wh}$
3. Beban listrik sistem PLTPh 13 watt yaitu lampu led 5 watt dan 8 watt.
4. Beban sistem/kerugian daya sistem disebabkan oleh kerugian daya pada inverter dan timer yaitu:
 $P_{it} = 0,2 \times 12,5$
 $= 2,5 \text{ Wh}$
5. Pengujian sistem PLTPh selama 24 jam :

- a. Pengujian PLTPh dengan beban lampu led dari jam 13:00 sd 14:00 :
 $P1 = 1,26 \text{ A} \cdot 12,3 \text{ V} \cdot 1 \text{ jam}$
 $= 15,49 \text{ Wh}$
- b. Pengujian sistem PLTPh tanpa beban dari jam 14:00 sd 18:00
 $P2 = 0,20 \text{ A} \cdot 12,5 \text{ V} \cdot 4 \text{ jam}$
 $= 10 \text{ Wh}$
- c. Pengujian sistem PLTPh berbeban lampu led dari jam 18:00 sd 05:00
 $P3 = 1,26 \text{ A} \cdot 12,3 \text{ V} \cdot 11 \text{ jam}$
 $= 170,48 \text{ Wh}$
- d. Pengujian sistem PLTPh tanpa beban dari jam 05:00 sd 13:00
 $P4 = 0,20 \text{ A} \cdot 12,5 \text{ V} \cdot 8 \text{ jam}$
 $= 20 \text{ Wh}$

Dari data energi baterai (Eb) dan energi pengujian generator 24 jam (Eg) serta data pengujian beban listrik pada PLTPh maka sisa energi sistem pada PLTPh yang tersimpan di baterai adalah :

$$\begin{aligned}
 E_s &= (E_b + E_g) - (P1+P2+P3+P4) \\
 &= (268,8 + 36,68) - (15,49+10+170,48+20) \\
 &= 91,504 \text{ wh}
 \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Sistem yang dibuat pada penelitian ini sudah dapat bekerja. Arus yang dihasilkan generator mengalami kenaikan dan penurunan, hal itu disebabkan oleh debit air yang sedang tidak stabil yang mengakibatkan putaran turbin tidak maksimal, dan bisa juga disebabkan dari rugi arus dan tegangan yang disebabkan oleh penghantar.

Energi yang mengalir pada sistem PLTPh setelah 24 jam pengujian adalah sebesar 91,504 Wh. Energi ini sangat kecil karena arus pengisian baterai atau energi yang dihasilkan oleh generator hanya sebesar 0.13 A sedangkan pemakaian arus untuk sistem PLTPh sebesar 1.26 ampere. Dari aliran arus pada sistem tersebut memperlihatkan sistem pengisian arus lebih kecil dibandingkan penggunaan arus pada sistem PLTPh. Laju pengisian arus atau energi yang cukup kecil pada sistem PLTPh disebabkan oleh komponen daya aktif yang masuk ke turbin seperti faktor ketinggian sumber air yang cukup rendah, debit air yang tidak stabil dan efisiensi konverter yang kurang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syahputra, T. M., Syukri, M., & Sara, I. D. (2017). Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hydro dengan menggunakan Turbin Ulir. *Jurnal Online Teknik Elektro*, 2(1), 95. <http://repository.its.ac.id/1895/>
- [2] Athifah, N., Qurthobi, A., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2017). *Perancangan Alat Uji Efisiensi Pembangkit Listrik Turbin Piko hidro Efficiency Tester Design of Picohydro Power Plant Generator*. 4(3), 3853–3861.
- [3] Nakhoda, E., Sulistiawati, P., & Soetedjo. (2018). *Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro Menggunakan Komponen Bekas Dengan Pemanfaatan Potensi Energi Terbarukan Di Desa Gelang Kecamatan Sumberbaru Kabupaten Jember E-75*. 4(2502), 99–109.
- [4] Fajri, M. A., Elektro, T., & Sriwijaya, U. (2019). *Desain Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro Menggunakan Program Arduino Uno Pada Penambahan Variasi Aliran Air Dan*. 23–24.
- [5] Ihfahz, N., Waluyo, & Syahril. (2013). Penerapan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro dengan Turbin Propeller Open Flume TC 60 dan Generator Sinkron Satu Fasa 100 VA di UPI Bandung. *Jurnal Reka Elkomika*, 1(4), 328–338.

Prototipe Mesin Pengering Hasil Pertanian Otomatis Menggunakan STM 32

Ade Sukmana¹, Muhammad Taufiq Tamam², Itmi Hidayat Kurniawan³

^{1,2,3} Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

JL. KH. Ahmad Dahlan, Dukuh Waluh, Purwokerto, 53182

Informasi Makalah

Dikirim, 19 Januari 2022

Direvisi, 27 Juni 2022

Diterima, 27 Juni 2022

Kata Kunci:

Pengeringan hasil pertanian

Kadar air

STM 32

Sensor AHT 10

INTISARI

Pengeringan hasil pertanian pasca panen masih menggunakan sinar matahari yang bertujuan mengurangi kelembaban. Pembuatan prototipe mesin pengering hasil pertanian otomatis menggunakan STM 32 berkapasitas 3-5 kg bertujuan agar para petani lebih mudah dalam mengeringkan hasil pertanian. Alat ini dibangun dengan menggunakan STM 32 sebagai sistem utama kendali alat, motor DC sebagai penggerak baling-baling dalam tabung dan juga dilengkapi dengan sensor AHT 10 yang berfungsi untuk mendeteksi kadar air dari hasil pertanian, LCD untuk menampilkan hasil dari proses pengeringan dan kipas untuk mengatur suhu pada ruangan. Dari hasil penelitian menggunakan prototipe mesin pengering otomatis memerlukan waktu untuk mengeringkan gabah 1 kg 10 menit dengan suhu 45°C dengan penurunan kadar air 44%, jagung 0,5 kg 11 menit dengan penurunan kadar air 38% dengan suhu 46°C, kacang tanah 0,5 kg 15 menit dengan penurunan kadar air 38% dengan suhu 45°C. Hasil yang didapatkan dari waktu tersebut hasil pertanian sudah kering.

ABSTRACT

Post harvest drying of agricultural product still uses sunlight which aims to reduce humidity. Making a prototype of an automatic agricultural drying machine using STM 32 3-5kg aims to make it easier for farmers to dry agricultural products. This tool is built using STM 32 as the main tool control system, a DC motor as a propeller in the tube and is also equipped with an AHT 10 sensor which function to detect the water content of agricultural products, an LCD to display the results of the drying process and a fan to regulate room temperature. From the results of research using an automatic drying machine prototype it takes time to dry 1 kg of grain in 10 minutes at a temperature of 45°C with a decrease in water content of 44%, corn 0,5 kg in 11 minutes with a decrease in water content of 38% at a temperature of 45°C, peanuts 0,5 kg 15 minutes with a decrease in water content of 38% with a temperature 46°C. The results obtained from that time agricultural products have dried up.

Korespondensi Penulis:

Ade Sukmana

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto

JL. KH. Ahmad Dahlan, Dukuhwaluh, Purwokerto, 53182

Email: adesukmana68@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang kaya akan hasil pertanian. Salah satunya adalah gabah, bahkan Indonesia menempati urutan ke tiga dengan jumlah sebesar 70,8 juta ton/tahun. Dengan kondisi hasil

pertanian yang berlimpah dibutuhkan penanganan khusus pasca panen agar hasil panen awet dan tidak cepat rusak. Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air yang ada dalam gabah [1].

Gabah merupakan bahan pangan pokok yang berasal dari padi dan digiling setelah kulitnya keluar menjadi beras. Beras merupakan bahan pangan bagi penduduk Indonesia. Meskipun beras dapat digantikan oleh makanan lainnya, namun beras memiliki nilai tersendiri bagi orang yang biasa makan nasi dan tidak dapat dengan mudah digantikan oleh bahan makanan yang lain nya [2].

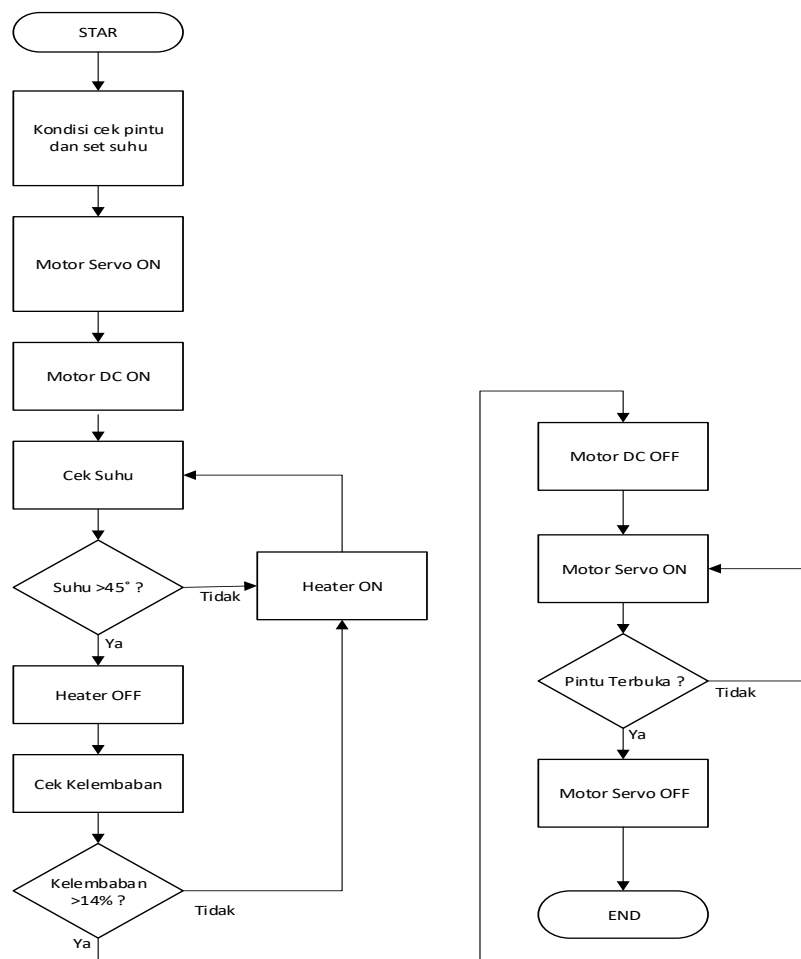
Dengan adanya teknologi tepat guna seperti pengering otomatis, penyiraman otomatis maupun penjemuran secara otomatis dapat meringankan berbagai pengeluaran. Di Kecamatan Purwosari, Kabupaten Pasuruan Jawa Timur proses pengeringan hasil pertanian pada biji jagung masih menggunakan cara tradisional proses penjemuran membutuhkan waktu lama, penjemuran biji jagung menimbulkan banyak masalah seperti biji jagung dimakan oleh ayam dan terjadi hujan siang hari menyebabkan kualitas jagung jadi kurang baik dan menyebabkan harga jagung menjadi turun [3].

Desa Kinali Kecamatan Kawangkoan merupakan salah satu wilayah dikenal sebagai salah satu usaha *central* kacang sangrai. Selama ini tidak ada cara lain yang dapat dilakukan oleh petani kacang di kinali dan desa lainnya sebagai sentra produksi kacang tanah selain penjemuran yang digelar menggunakan sinar matahari dimana kadar air biji kacang tanah saat panen berkisar antara 35-50% [4].

Pengeringan merupakan salah satu penanganan pasca panen yang sangat penting yang harus dilakukan pada gabah. Prinsip pengeringannya adalah radiasi yang masuk ke dalam bangunan pengering terperangkap di dalam bangunan yang berpenutup transparan, sehingga menyebabkan peningkatan panas di dalam bangunan [5].

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian kali ini dibuat diagram alir guna memudahkan dalam proses pengerjaan dan lebih efisien. Dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

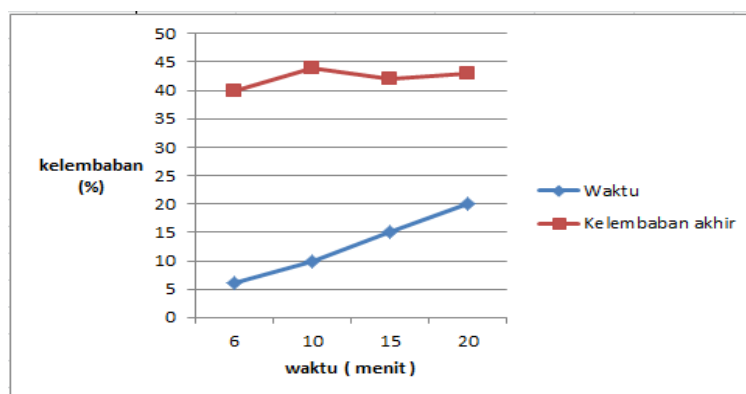
3.1. Pengujian Gabah Dengan Menggunakan Prototipe

Pengujian gabah dengan menggunakan prototipe mesin pengering hasil pertanian otomatis menggunakan STM 32 dan juga sensor AHT 10 sebagai pengukur suhu dan kelembaban dalam penelitian ini menggunakan tiga buah elemen pemanas listrik jenis coil sebagai sumber panas untuk mengeringkan gabah.

Tabel 1. Pengujian Gabah Menggunakan Prototipe

Suhu	Waktu	Berat awal	Berat akhir	Kelembaban awal	Kelembaban akhir
30-43°C	6 menit	0,5 kg	0,4 kg	78%	40%
30-45°C	10 menit	1 kg	0,8 kg	88%	44%
30-46°C	15 menit	1,5 kg	1,4 kg	75%	42%
30-46°C	20 menit	2 kg	1,8 kg	80%	43%

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan penurunan kadar air terendah terjadi pada saat proses pengeringan gabah sebanyak 0,5 kg dengan waktu 6 menit mampu menurunkan kadar air 40%, gabah 1,5 kg dengan waktu 15 menit mampu menurunkan kadar air 42%.



Gambar 8. Grafik Percobaan pengujian gabah dengan prototipe

3.2. Pengujian Dengan Menggunakan Sinar Matahari

Waktu yang dibutuhkan dalam mengeringkan gabah menggunakan sinar matahari mempunyai selisih waktu yang lebih lama dibandingkan dengan menggunakan prototipe, karena dipengaruhi oleh beberapa faktor cuaca, tempat dan kondisi penjemuran. Cara yang dilakukan untuk menghitung persentase penurunan kadar air.

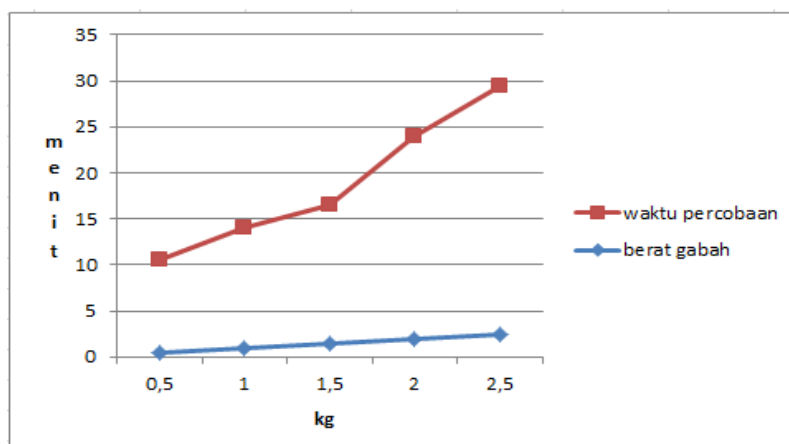
$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Berat awal}}{\text{Berat akhir}} \times 100 \%$$

Penjemuran gabah dengan berat awal 0,5 kg proses pengeringan memerlukan waktu 10 menit dimana didapat berat gabah akhir 0,3 kg, yang mana dapat diketahui persentase penurunan kadar air selama proses pengeringan yaitu 1,6 %.

Tabel 2. Penjemuran Menggunakan Sinar Matahari

Berat awal	Berat akhir	Waktu awal	Waktu akhir	Jumlah waktu	Persentase penurunan kadar air (%)
0,5 kg	0,3 kg	10.00 WIB	10.10 WIB	10 menit	1,6%
1 kg	0,8 kg	11.00 WIB	11.15 WIB	15 menit	1,25%
1,5 kg	1,2 kg	11.30 WIB	11.50 WIB	20 menit	1,25%
2 kg	1,7 kg	13.00 WIB	13.22 WIB	22 menit	1,17%
2,5 kg	2,2 kg	14.00 WIB	14.27 WIB	27 menit	1,13%

Proses penjemuran menggunakan sinar matahari tergantung terik nya panas matahari semakin panas maka proses penjemuran akan cepat kering. Grafik proses penjemuran dibawah sinar matahari dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Penjemuran Dibawah Sinar Matahari

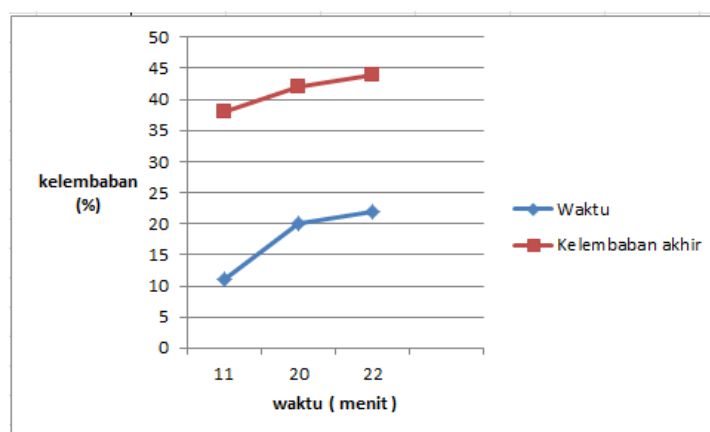
3.3. Pengujian Jagung

Dari hasil pengujian yang di lakukan pada hasil kinerja dari prototipe mesin pengering hasil pertanian otomatis menggunakan stm 32. Pengujian ini dilakukan dengan memasukan jagung yang belum kering ke dalam tabung pengering, tujuan untuk mengetahui apakah prototipe dapa bekerja dengan baik atau tidak.

Table 3. Pengujian Jagung

Suhu	Waktu	Berat awal	Berat akhir	Kelembaban awal	Kelembaban akhir
32-46°C	11 Menit	0,5 kg	0,3 kg	72%	38%
32-46°C	20 Menit	1 kg	0,9 kg	75%	42%
32-45°C	22 Menit	1,5 kg	1,3 kg	80%	44%

Proses pengeringan jagung menggunakan prototipe mampu menurunkan kadar air 38% dalam waktu percobaan 11 menit dengan menggunakan tiga buah elemen pemanas listrik jenis koil sebagai sumber panas. Adapun grafik dari proses penelitian jagung dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Pengeringan Jagung

3.4. Pengujian Kacang Tanah

Pengeringan kacang tanah di lakukan guna menghasilkan kacang yang berkualitas dan tidak mengalami pembusukan ataupun berjamur, pengujian kacang tanah sama dengan pengujian gabah dan jagung dimana kacang tanah dimasukan ke dalam tabung pengering yang kemudian kacang akan di keringkan, pengujian kacang menggunakan prototipe mampu menurunkan kadar air 38% dalam waktu 15 menit. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pengujian kacang tanah menggunakan prototipe

Suhu	Waktu	Berat awal	Berat akhir	Kelembaban awal	Kelembaban akhir
30-45°C	15 menit	0,5 kg	0,4 kg	70%	38%

4. KESIMPULAN

Berdasarkan prototipe mesin pengering hasil pertanian otomatis menggunakan STM 32 yang telah dibuat. Dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan penelitian pembuatan prototipe mesin pengering hasil pertanian yang digunakan untuk meneliti tingkat kekeringan dan kelembaban hasil pertanian sudah berhasil.
- Kelembaban yang didapat dari proses pengeringan gabah dengan persentase penurunan kadar air terendah terjadi pada gabah sebanyak 0,5 kg dengan waktu 6 menit mampu menurunkan kadar air sebanyak 40%.
- Kelembaban pada proses pengeringan jagung mampu menurunkan kadar air 38% dalam waktu percobaan 11 menit.
- Kelembaban yang di dapat dari proses pengeringan kacang tanah 0,5 kg membutuhkan waktu 15 menit mampu menurunkan kadar air 38%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syahrul. (2017). Pengaruh Kecepatan Udara Dan Masa Gabah Terhadap Kecepatan Pengering Gabah Menggunakan Pengering Terfinidisasi., 54-59.
- [2] Yono. (2016). Gabah Kering Giling.
- [3] Syahminan. (2018). Prototipe Pengering Biji Jagung Berbasis Mikrokontroler , 1-8.
- [4] Mege, R, A. (2018). Aplikasi Teknolgi Pengering Kacang Tanah Di Esa Kenali Satu Kecamatan Kewangkoan Kabupaten Minahasa., 1-12.
- [5] Ramli, I, A. (2017). Laju Pengeringan Gabah Menggunakan Pengering Tipe Efek Rumah Kaca (Erk), 1-7.

Unjuk Kerja PLTS Untuk Operasional Sistem Penjernih Air di Rawa Pening

Alfa Faridh Suni¹, Djuniadi², Budi Sunarko³, Ria Wulansarie⁴

^{1,2,3}Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

⁴Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Kampus Unnes Sekaran Gunungpati Semarang 50229

Jawa Tengah Indonesia

Informasi Makalah

Dikirim, 23 Juni 2022
Direvisi, 27 Juni 2022
Diterima, 28 Juni 2022

Kata Kunci:

PLTS
sistem penjernih air
rawa pening

INTISARI

Nelayan Rawa Pening Kabupaten Semarang Jawa Tengah membutuhkan air bersih. Air bersih digunakan untuk mandi, kakus, mencuci piring atau pakaian, masak makanan atau air, dan berwudhu. Air bersih dapat dihasilkan dari sistem penjernih air. Sistem penjernih air yang diterapkan menggunakan prinsip sistem penyaringan lambat. Sistem penjernih air bersih yang dipilih jenis *biosand filter* agar ramah lingkungan. Bagian elektrik dari sistem penjernih air adalah pompa air. Pembangkit listrik tenaga surya digunakan untuk memberi energi ke sistem penjernih air. Studi ini mempunyai tujuan mengkaji unjuk kerja pembangkit listrik tenaga surya pada kondisi operasional dengan beban sistem penjernih air di Rawa Pening. Hasil yang didapatkan adalah terjadi penurunan drastis pada kapasistas dan tegangan baterai. Selain itu, terjadi peningkatan pada arus keluaran dan arus pengisian. Penurunan tegangan baterai pada kondisi berbeban sebesar 11,59%. Penurunan kapasitas baterai pada kondisi berbeban sebesar 49,49%. Prosestase daya terpakai sebesar 53,33 % dari daya terpasang pada papan nama motor. Panel surya sistem berbeban mampu mengisi baterai 80% dari kemampuan maksimumnya.

ABSTRACT

Keyword:

Solar power system
water purification system
rawa pening

Rawa Pening fishermen, Semarang Regency, Central Java, need clean water. Clean water used for bathing, latrines, washing dishes or clothes, cooking food or drink, and performing ablution. Clean water can be produced from a water purification system. The water purification system that is applied uses the principle of a slow filtering system. The clean water purification system is selected by the biosand filter type to be environmentally friendly. The electrical part of the water purification system is the water pump. Solar power system are used to provide energy to the water purification system. This study aims to examine the performance of solar power system in operational conditions with the load of the water purification system in Rawa Pening. The result obtained is a drastic decrease in battery capacity and voltage. In addition, there is an increase in the output current and charging current. The decrease in battery voltage at load is 11.59%. Decrease in battery capacity when under load is 49.49%. The percentage of used power is 53.33% of the installed power on the motor nameplate. The charged system's solar panel is able to charge the battery to 80% of its maximum capacity.

Korespondensi Penulis:

Alfa Faridh Suni
Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
Kampus Unnes Sekaran Gunungpati Semarang 50229 Jawa Tengah Indonesia
Email : alfafs@mail.unnes.ac.id

1. PENDAHULUAN

Rawa Pening adalah danau alam di Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Luas danau 2.670 hektar. Rawa Pening berada secara geografis di antara jalan negara Semarang-Salatiga-Surakarta dan jalan kabupaten antara Salatiga-Ambarawa. Rawa Pening terletak 32 km ke arah selatan dari kota Semarang dan 10 km ke arah utara dari kota Salatiga. Rawa Pening berada di cekungan terendah lereng Gunung Merbabu, Gunung Telomoyo, dan Gunung Ungaran yang mencakup beberapa kecamatan meliputi kecamatan Ambarawa, Bawen, Tuntang, dan Banyubiru. Berdasarkan data astronomis terletak pada koordinat 7°04'00" - 7° 30'00" LS dan 110°24'46"-110°49'06" BT dan pada ketinggian 450 – 470 meter di atas permukaan air laut [1].

Derajat keasaman (pH) perairan Rawa Pening berkisar antara 7,1 hingga 7,4, yang berarti masih bersifat alkalis/basa. Nilai pH masih dalam nilai kisaran pH pada perairan air tawar alami yaitu antara 7-8. Bakteri tumbuh dengan baik pada pH netral dan alkalis (basa). Bakteri diperlukan pada proses dekomposisi bahan organik dan proses oksidasi, maka nilai pH perairan Rawa Pening mendukung proses tersebut. Suhu perairan berkisar 27,65 – 28,55°C. Suhu tersebut masih dalam kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan biota di perairan.

Nilai kecerahan perairan Rawa Pening antara 85 hingga 112 cm dengan kedalaman perairan antara 148 hingga 1.130 cm. Nilai kecerahan yang relatif tinggi dijumpai di bagian perairan yang bebas dari tanaman air dan kegiatan budidaya. Nilai kecerahan tergantung dengan keadaan cuaca, waktu pengukuran, warna air, kekeruhan dan padatan tersuspensi yang ada didalam perairan. Kedalaman menentukan seberapa dalam cahaya matahari dapat menembus lapisan air. Cahaya matahari yang menembus suatu perairan sangat penting dalam membantu proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton. Proses fotosintesis dapat meningkatkan kandungan oksigen terlarut [2].

Nelayan merupakan orang atau kelompok orang yang bekerja mencari ikan. Nelayan rawa pening adalah orang atau kelompok orang yang bekerja mencari ikan di danau rawa pening Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Nelayan rawa pening dapat dibagi ke dalam tiga golongan yaitu nelayan tangkap, budidaya dan pengolah hasil perikanan [3]. Hasil ikan dari nelayan tangkap dan budidaya dibeli dan ditampung kemudian diolah oleh nelayan pengolah. Nelayan budidaya menggunakan keramba tancap maupun keramba apung untuk membudidayakan ikan

Nelayan tangkap dapat dikelompokkan menjadi nelayan tangkap tanpa alat dan nelayan tangkap dengan alat tambah. Nelayan tangkap tanpa alat tambahan dengan menggunakan metode slulup. Nelayan tangkap dengan alat memerlukan alat tambahan untuk menangkap ikan. Alat tambahan yang diperlukan antara lain icir, ecek, jaring, jala dan branjang [4].

Fakta lapangan, rawa pening hidup 24 jam. Operasi penangkapan ikan wader oleh nelayan biasanya dimulai pagi hari sekitar jam 04.00 WIB dan selesai sekitar pukul 08.00 WIB. Metode penangkapan ikan wader di Rawa Pening terdiri dari persiapan, setting, immersing, hauling dan yang terakhir yaitu pelepasan hasil tangkapan dari jaring. [5]

Kegiatan penangkapan yang dilakukan nelayan jaring insang rawa pening di Desa Bejalen yaitu pagi hari dan sore hari. Penangkapan dilakukan selama 1 hari atau *one day fishing*. Pagi hari pada pukul 05.00-09.00 sedangkan pada sore hari pukul 15.00-18.00. Terdapat juga nelayan yang melakukan penangkapan dengan cara merendam jaring insang semalaman di perairan Rawapening, cara seperti ini disebut oleh nelayan setempat dengan nama di inepke [6].

Penangkapan ikan dengan branjang di perairan Rawapening, Kecamatan Banyubiru dilakukan dengan 2 waktu yang berbeda, yaitu siang hari pukul 08.00 WIB – 16.00 WIB (8 jam) dan malam hari pukul 16.00 WIB – 00.00 WIB (8 jam) [7]. Nelayan yang menggunakan alat tangkap branjang dapat bekerja beberapa hari dan bermalam digubug-gubug mereka. Para nelayan membutuhkan air bersih. Air bersih digunakan untuk mandi, kakus, mencuci piring/pakaian, masak makanan/air, dan berwudhu [8].

Para nelayan Rawa Pening dulunya mengalami kesulitan mendapatkan air bersih untuk keperluan mandi, kakus, mencuci piring/pakaian, masak makanan/air, dan berwudhu. Sedangkan rawa pening hidup 24 jam. Saat ini sudah dipasang sistem penjernih air di tengah Rawa Pening. Sistem penjernih air yang diterapkan menggunakan prinsip sistem penyaringan lambat (SPL) [9]. Sistem penjernih air terdiri dari empat bagian utama yaitu pompa air, bak pengendap, biosand filter dan bak penampung air bersih. Bak pengendap berfungsi untuk mengendapkan unsur-unsur dalam air antara lain lumpur, benda-benda kecil, dan kotoran lainnya. Bak pengendap menggunakan pipa pralon 5 inci dan panjang 80 cm. Media yang digunakan secara berturut-turut dari atas ke bawah kapas filter, pasir, kerikil ukuran 1-2 cm, dan batu kali ukuran 3-5 cm. Bak pengendap dilengkapi dengan kran-kran untuk mengatur saluran pemasukan, pengeluaran dan saluran pembersihan [10].

Bagian selanjutnya adalah *biosand filter*. *Biosand filter* adalah saringan air dengan media utama pasir [11]. *Biosand filter* berfungsi untuk menyaring kotoran, kekeruhan, mereduksi unsur kimia dan menghilangkan bau. Keluaran dari *biosand filter* merupakan air bersih yang tidak berbau dan dimasukkan ke bak penampung. *Biosand filter* menggunakan pipa pralon 5 inci dan panjang 120 cm. Media yang digunakan secara berturut-

turut dari atas ke bawah kapas filter, pasir, *Manganeese Greensand* (pasir aktif), arang aktif, zeloit, kerikil ukuran 1-2 cm, dan batu kali ukuran 3-5 cm [12].

Bagian selanjutnya adalah bak penampung air bersih. Bak penampung air bersih berfungsi untuk menampung air bersih yang tidak berbau keluaran dari proses penyaringan *biosand filter*. Air bersih keluaran bak penampung siap digunakan nelayan untuk keperluan mandi, kakus, mencuci piring/pakaian, masak makanan/air, dan berwudhu.

Pompa air berfungsi untuk memompa air rawa (air baku) ke bak pengendap. Pompa air mendapatkan energi listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. PLTS yang terpasang di Rawa Pening sebelumnya hanya digunakan untuk penerangan nelayan branjang yang bekerja di malam hari [13].

Studi ini mempunyai tujuan mengkaji unjuk kerja PLTS pada kondisi operasional dengan beban sistem penjernih air di Rawa Pening.

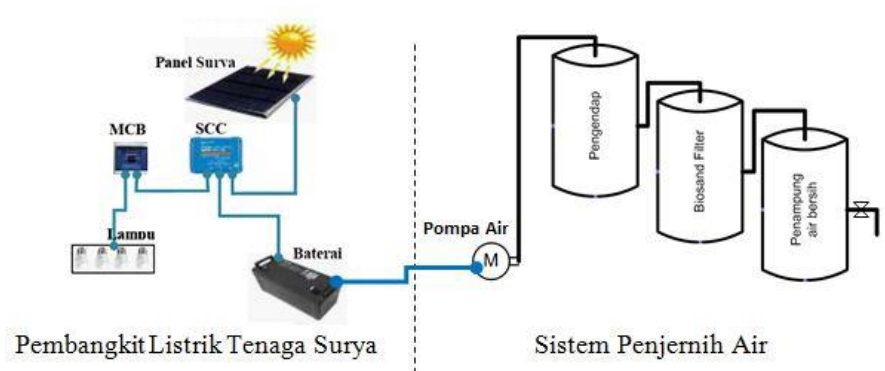
2. METODE PENELITIAN

Sistem penjernih air membutuhkan sumber energi untuk memompa air ke bak pengendap sebelum dilakukan filterisasi. Sumber energi yang mungkin digunakan untuk didaerah rawa adalah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai energi bersih serta baru dan terbarukan, lihat gambar 1. PLTS adalah pembangkitan listrik yang sumber energinya didapatkan dari radiasi matahari [14]. Panel surya berfungsi untuk menangkap radiasi sinar matahari dan merubahnya menjadi listrik. Listrik yang dihasil disalurkan ke *Solar Charge Controller* (SCC) yang selanjutnya disalurkan ke baterai dan ke lampu penerangan [15]

PLTS untuk penerangan yang dipasang pada tahun 2019 di Branjang Rawa Pening Kabupaten Semarang memiliki konfigurasi standar minimal *power plan*. Spesifikasi peralatan yang dipasang meliputi panel surya 100WP, SCC MPPT 10 A, Baterai 40 AH hybrid tipe *strating*, empat buah Lampu 12V/6W dan dilengkapi dengan MCB 16A sebagai pengaman [13]. Pompa air yang digunakan adalah jenis *solar pump*. Spesifikasi pompa air sebagai berikut, Model: LSWQB 12V, Max flow: 1,5 m³ / H, Max head: 15 m, Power: 180 watt, tegangan catu: 12 V DC.

Alat pengambil data penelitian menggunakan *Solar Charge Controller* (SCC) dengan teknologi *maximum power point tracker* (MPPT) yang sudah dilengkapi berbagai alat ukur digital. Alat ukur yang ada di SCC meliputi Ampere meter pengukur arus pengisian I_c , Ampere meter pengukur arus pengeluaran I_o , Volt meter pengukur tegangan baterai V_b , alat ukur kapasitas baterai %Bat dan termometer untuk mengukur suhu lingkungan. Alat-alat ukur ini dengan berbagai besarnya digunakan untuk menampilkan nilai saat pengambilan data dilakukan.

Teknik observasi digunakan untuk mendapatkan data penelitian. Lembar observasi digunakan untuk mencatat nilai besaran dari masing-masing alat ukur. Jam digunakan untuk menentukan waktu pengambilan data.



Gambar 1. PLTS berbeban sistem penjernih air

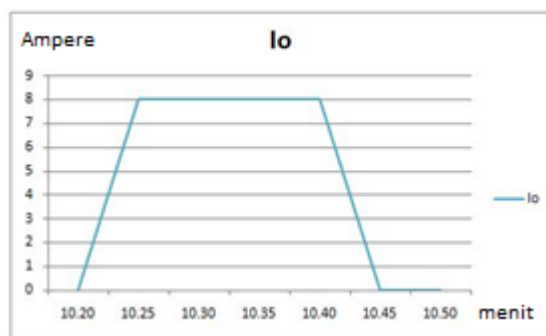
Pencatatan data dilakukan dengan selang waktu 5 menit. Besaran yang dicatat meliputi jam pencatatan, arus pengisian I_c , arus keluaran I_o , tegangan baterai V_b , kapasitas baterai %Bat dan suhu lingkungan °C.

Setelah data terkumpul kemudian ditabulasikan sesuai dengan kategori pengamatan. Ada empat pengamatan dalam studi ini yaitu unjuk kerja ditinjau dari grafik arus keluar I_o , grafik arus pengisian I_c , grafik tegangan baterai E_b dan grafik kapasitas baterai %bat. Kemudian data tersebut disekripsikan sehingga diperoleh gambaran jelas tentang unjuk kerja PLTS berbeban sistem penjernih air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

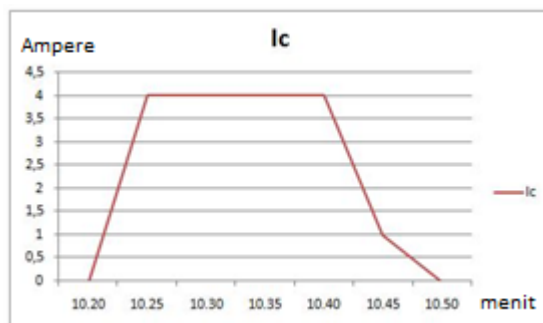
3.1 Hasil

Pengambilan data operasional PTLIS yang dibebani dengan sistem penjernih air. Beban utama PLTS adalah motor DC 12V berdaya 180 Watt. Kondisi operasional sistem penjernih air adalah ketika permukaan air bak penampung telah sampai pada batas bawah maka motor listrik otomatis bekerja memompa air baku. Selanjutnya sistem penjernih bekerja untuk menyaring air dan mengisi bak penampung. Motor listrik berhenti secara otomatis memompa air baku apabila permukaan air di bak penampung sampai pada batas atas (penuh). Data diambil pada tanggal 23 September 2020 dari pukul 10.20 – 10.50. Kenapa hanya 30 menit, karena siklus proses pengisian bak penampung (sampai penuh) selesai dalam 30 menit.



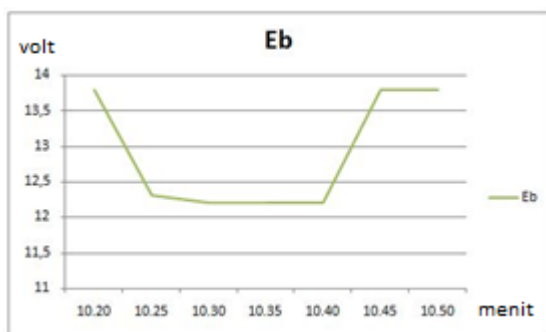
Gambar 2. Grafik arus keluaran I_o

Grafik arus keluaran menggambarkan grafik hubungan antara arus keluaran dengan waktu operasional sistem penjernih air atau proses pengisian bak penampung, terlihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Grafik arus pengisian I_c dari panel surya

Grafik arus pengisian menggambarkan grafik hubungan antara arus pengisian dengan waktu operasional sistem penjernih air atau proses pengisian bak penampung, terlihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Grafik tegangan baterai E_b

Grafik tegangan baterai menggambarkan grafik hubungan antara tegangan baterai dengan waktu operasional sistem penjernih air atau proses pengisian bak penampung, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 5. Grafik kapasitas baterai %bat

Grafik kapasitas baterai menggambarkan grafik hubungan antara kapasitas baterai dengan waktu operasional sistem penjernih air atau proses pengisian bak penampung, seperti yang terlihat Gambar 5.

3.2 Pembahasan

Kondisi sebelum pembeban sebagai berikut tegangan baterai E_b sebesar 13,8 Volt, arus pengisian $I_c = 0$ Ampere, arus keluaran $I_o = 0$ Ampere, kapasitas baterai = 99 %, cuaca cerah berawan dan suhu 22°C. PLTS pada kondisi berbeban sistem penjernih air dengan beban listrik utama motor DC 12V berdaya 180 Watt didapat grafik arus keluaran I_o tampak pada gambar 2 Arus keluaran I_o langsung bergerak dari 0 menuju 8 Ampere. Kondisi arus keluaran terus bertahan pada 8 Ampere sampai proses pengisian bak penampung air bersih selesai (penuh). Berdasarkan data yang diperoleh, daya listrik yang digunakan oleh motor DC sebesar $12 \times 8 = 96$ Watt. Prosentase daya terpakai sebesar 53,33 % dari daya terpasang papan nama motor.

Grafik arus pengisian I_c pada saat berbeban tampak pada gambar 3 Kondisi awal $I_c = 0$ Ampere. Sesaat kemudian I_c naik menjadi 4 Ampere. Hal ini dimungkinkan karena cuaca dan suhu lingkungan memungkinkan panel surya langsung memasok arus pengisian sebesar 4 Ampere. Arus maksimum yang dapat dilakukan oleh panel surya sebesar 5 Ampere. Jadi kondisi ini panel surya segera mampu mengisi baterai sebesar 80% dari kemampuan maksimumnya.

Grafik tegangan baterai E_b saat berbeban operasional dapat dilihat pada gambar 4 Saat kondisi tanpa beban tegangan baterai sebesar 13,8 Volt. Saat beban terhubung tegangan baterai langsung turun menjadi 12,2 Volt. Kondisi tegangan baterai E_b terus bertahan pada 12,2 Volt sampai proses pengisian bak penampung air bersih selesai atau penuh. Drop tegangan baterai pada kondisi berbeban ini sebesar 11,59%. Setelah bak penampung penuh dan beban sudah terputus, proses pengisian baterai terus berlangsung sehingga tegangan baterai berangsur-angsur kembali pada 13,8 Volt.

Grafik kapasitas baterai saat berbeban operasional tampak pada gambar 5 Kapasitas baterai kondisi sebelum berbeban sebesar 99%. Begitu beban masuk, kapasitas baterai turun drastis 54%, 51% dan stabil di angka 50%. Drop kapasitas baterai pada kondisi berbeban sebesar 49,49%. Kondisi ini disebabkan baterai yang digunakan adalah baterai jenis *starting*. Setelah bak penampung penuh dan beban sudah terputus, proses pengisian baterai terus berlangsung sehingga kapasitas baterai berangsur-angsur kembali pada 99%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan unjuk kerja PLTS berbeban sistem penjernih air dengan beban utama elektrik berupa motor listrik DC didapatkan kesimpulan bahwa kondisi PLTS menjadi drop pada parameter tegangan baterai dan kapasitas baterai serta meningkat drastis pada arus keluaran dan arus pengisian. Tegangan baterai dari 13,8 Volt turun sampai kondisi stabil 12,2 Volt. Drop tegangan baterai pada kondisi ini sebesar 11,59%. Kapasitas baterai kondisi berbeban stabil di angka 50%. Drop kapasitas baterai pada kondisi berbeban sebesar 49,49%. Sedangkan kebutuhan arus keluaran meningkat drastis dari 0 Ampere naik menjadi 8 Ampere stabil sampai proses pengisian bak penampung selesai. Prosentase daya terpakai sebesar 53,33 % dari daya terpasang pada papan nama motor. Demikian juga arus pengisian meningkat dari 0 Ampere naik menjadi 4 Ampere stabil sampai bak penampung penuh. Panel surya mampu mengisi baterai 80% dari kemampuan maksimumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Indrayati dan N. I. Hikmah, 2018. *Prediksi sedimen danau rawa pening tahun 2020 sebagai dasar reservasi sungai tumpang berbasis sistem informasi geografis*. Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS IX 2018.
- [2] N. Zulfia dan Aisyah, 2013. Statu Strofik Perairan Rawa Pening Ditinjau Dari Kandungan Unsur Hara (NO₃ dan PO₄) Serta Klorofil-a. *Bawal* Vol. 5 (3) Desember 2013 : 189-199
- [3] O. Cristianawati, 2017. Tradisi Masyarakat Nelayan Rawa Pening Kelurahan Bejalen Kecamatan Ambarawa Kabupaten Semarang. *Jurnal Sabda* Vol 12, No 2.
- [4] T.S. Augusta, 2015. Fish Inventory and Habitat Conditions of Lake Hanjalutung in Central Kalimantan. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika* Vol 4. No. 2.: 45 – 48
- [5] P. Sari, P. Wibowo, D.A. dan Nugraheni, 2014. Analisis Bioekonomi Model Gordon Schaefer Sumberdaya Ikan Wader (*Rasbora* Sp) Di Rawa Pening, Kabupaten Semarang. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology* Vol 3, No 3 : 62-70
- [6] A. Wijayanti, Ismail dan A.D.P. Fitri, 2012. Analisis Tingkat Keuntungan Nelayan Gillnet ¾ Inchi (Jaring Wader) Dan Nelayan Gillnet 3 Inchi (Jaring Arang) Di Perairan Rawapening Desa Bejalen Kecamatan Ambarawa Kabupaten Semarang. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*. Vol 1, No 1 : 46-54
- [7] Y.A. Harahap, B.A. Wibowo, dan H. Boesono, 2013. Analisis perbedaan waktu penangkapan ikan alat tangkap branjang terhadap hasil tangkapan di perairan rawapening, kec. Banyubiru, kab. Semarang. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*. Vol 2, No 3 : 172-181
- [8] T. Susana, 2003. Air Sebagai Sumber Kehidupan. *Oseana*, Vol XXVIII, No 3 : 17-25
- [9] P. Subekti, A. Ariyanto, dan F.Y. Simamora, 2012. Perencanaan instalasi pengolahan air bersih dengan saringan pasir lambat “up flow” di kampus universitas pasir pengaraian kabupaten rokan hulupropinsi riau. *JURNAL APTEK* Vol. 4 No. 2. : 77-88
- [10] A. Asadiya dan N. Karnaningroem, 2018. Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 7 No. 1 hlm 18 - 22
- [11] T. Edwin, A.K. Satiyadi dan Y. Dewilda, 2015. Kinerja Biosand Filter Dalam Menyisihkan Total Coliform Di Air Tanah Dangkal. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND* Vol. 12 No. 1 : 17-26.
- [12] A. Muliawan dan R. Ilmianih, 2016. Metoda Pengurangan Zat Besi Dan Mangan Menggunakan Filter Bertingkat Dengan Penambahan UV Sterilizer Skala Rumah Tangga. *Jurnal Ilmiah GIGA* Volume 19 (1) : 1-8
- [13] Djuniadi, H. Wibawanto, N. Iksan, A.F. Hastawan, I.F. Zaki dan H. Himawan, 2019. Unjuk Kerja PLTS Di Branjang Rawapening Kabupaten Semarang. *Prosiding: Seminar Nasional Edusainstek FMIPA UNIMUS*, hlm 604 – 610
- [14] I.B. Ramadhani, 2018. Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Jakarta: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (DJ EBTKE) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) Republik Indonesia
- [15] A.I. Ramadhan, E. Diniardi dan S.H. Mukti, 2016. Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP. *Jurnal Teknik*, 37(2), hlm: 59-63

Studi Rancang Bangun Simulasi Sistem Telekomunikasi Berbasis Konstelasi Satelit LEO untuk Wilayah Indonesia

Anantia Prakasa¹

Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Jl. DI Panjaitan 128, Purwokerto 53147, Indonesia

Informasi Makalah

Dikirim, 26 Juni 2022
Direvisi, 27 Juni 2022
Diterima, 28 Juni 2022

Kata Kunci:

Footprint
Konektivitas
Konstelasi Satelit
User Density
Simulasi

Keyword:

Footprint
Connectivity
Satellite Constellation
User Density
Simulation

INTISARI

Sejumlah 7 (tujuh) satelit telekomunikasi di orbit geostasioner (GEO) milik perusahaan Indonesia beroperasi meliputi wilayah Indonesia; walaupun cakupan *footprint* beberapa satelit telekomunikasi geostasioner yang dioperasikan operator telekomunikasi Indonesia sudah meliputi seluruh luas wilayah Indonesia secara sempurna, akan tetapi tetap saja konektivitas sebagian populasi masyarakat di Indonesia belum terakomodasi, terutama wilayah 3T (terluar, tertinggal, terdepan), terpencil dan/atau pulau-pulau kecil. Alasan kapasitas satelit nasional yang sudah penuh adalah sebab Pemerintah cq. Kominfo menyewa satelit asing untuk penambahan kapasitas penyediaan layanan satelit komunikasi agar konektivitas sebagian populasi masyarakat bisa dipenuhi. Solusi alternatif mengatasi kekurangan konektivitas dan kapasitas tersebut adalah diversifikasi sistem komunikasi satelit di orbit LEO selain satelit di orbit GEO. Alasannya karena biaya investasi konstelasi satelit LEO lebih rendah dibanding satelit GEO, selain harga *end-user* terminalnya juga lebih kecil dan murah, selain itu keunggulan berupa delay propagasi yang rendah dan daya transmisi yang lebih rendah. Studi perancangan simulasi konstelasi satelit LEO untuk menambah konektivitas dan kapasitas satelit nasional digagas untuk populasi masyarakat tadi saja. Harapannya konstelasi satelit LEO dapat menyediakan konektivitas berupa layanan internet bagi populasi masyarakat yang kepadatan penduduknya (*user density*) 500 – 1000 orang per-km persegi dan wilayah terpilih adalah pulau-pulau kecil di wilayah Timur Indonesia.

ABSTRACT

Several telecommunication satellites in geostationary orbit (GEO) operated by Indonesian companies cover the whole Indonesia area; although the footprint coverage of several geostationary telecommunications satellites operated by Indonesian telecommunications operators has covered the entire area of Indonesia perfectly, the connectivity of a part of the population in Indonesia has not been accommodated, especially in remote areas and/or small islands. The reason the national satellite capacity is already full is that the Government c.q. Kominfo rents foreign satellites to increase the capacity of providing communication satellite services so that the connectivity of part of the population can be fulfilled. An alternative solution to overcome the lack of connectivity and capacity is the diversification of the satellite communication system in the LEO orbit apart from the satellites in the GEO orbit. The reason is that the investment cost of the LEO satellite constellation is lower than that of the GEO satellite, the end-user terminal price is also smaller and cheaper, besides the advantages of low propagation delay and lower transmission power. The study on the design of the LEO satellite constellation simulation design to increase connectivity and national satellite capacity was initiated for the population of the community. It is hoped that the LEO satellite constellation can provide connectivity in the form of internet services for people whose population density (*user density*) is 500 – 1000 people per square km and the selected areas are small islands in Eastern Indonesia.

Korespondensi Penulis:

Anantia Prakasa
Program Studi Teknik Telekomunikasi
Fakultas Telekomunikasi dan Elektro Institut Teknologi Telkom
Jl. DI Panjaitan 128, Purwokerto 53147, Indonesia
Email: anantia@ittelkom-pwt.ac.id

1. PENDAHULUAN

Asia Development Bank (ADB) dalam laporannya tentang “*Digital Connectivity & Low Earth Orbit Satellite Constellations*” tanggal 28 April 2021 menyebutkan konektivitas adalah sesuatu yang esensial bagi pertumbuhan ekonomi dan perkembangan sosial suatu negara, selain untuk keuletan/ketabahan (*resilience*) dan kesembuhan (*recovery*) yang terkadang diperlukan juga oleh bangsa tersebut [1]. Indonesia sebagai negara kepulauan dengan jumlah pulau-pulau tersebar dipisahkan lautan menghadapi masalah konektivitas. Hal ini sudah sejak lama dicoba diatasi dengan pembangunan sistem komunikasi satelit sejak Satelit Palapa generasi A yang dioperasikan PT. Telkom hingga Satelit Telkom 3S yang dioperasikan oleh PT. TelkomSat dan Satelit Nusantara Satu yang dioperasikan swasta (Pasifik Satelit Nusantara), dan kesenjangan konektivitas tetap saja ada. Terlepas pada usaha-usaha yang dilakukan pemerintah cq. Kominfo menyelesaikan masalah konektivitas ini dengan cara membolehkan penggunaan satelit asing untuk mendukung penyediaan layanan satelit yang belum sepenuhnya dapat dipenuhi oleh kapasitas satelit nasional [2] maka opsi pembuatan / pengoperasian satelit LEO untuk pemenuhan komunikasi di Indonesia dipelajari dan diteliti.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode simulasi dengan bantuan software Satellite Tool Kits (STK).

2.1. Alur Penelitian

Alur penelitian terlihat pada gambar 1 dimana proses perancangan konstelasi satelit LEO dibuat.

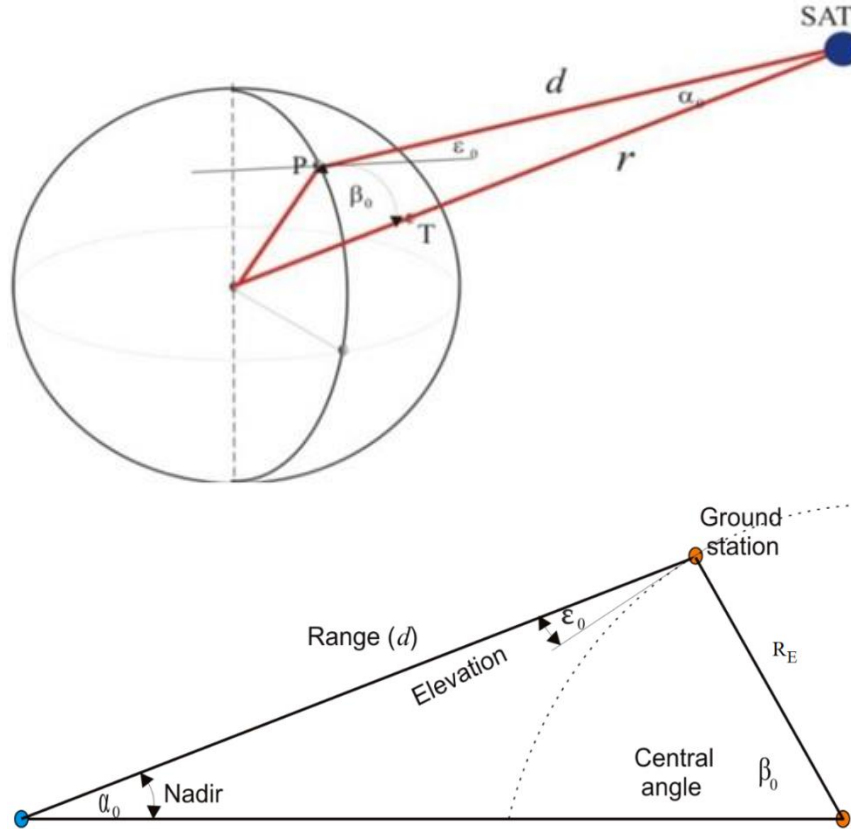


Gambar 1 Alur Penelitian

Langkah pertama adalah membuat spesifikasi satelit LEO dari sisi orbitnya. Ketinggian satelit LEO dirancang antara 600 Km hingga 1500 Km, tetapi untuk menghindari radiasi medan elektromagnet *Van Allen belt* yang bisa merusak sensor, komponen elektronik dan solar sel maka rancang bangun ketinggian satelit LEO biasanya dibatasi tidak lebih dari 1400 Km [3]. Berdasarkan ketinggian tersebut maka *coverage* atau luas liputan yang mungkin berdasar ketinggian satelit LEO bisa ditentukan dengan nilai sudut elevasi *ground station* yang diinginkan; hal ini dirumuskan pada persamaan 1 [3].

$$S_{Coverage} = 2\pi R_E^2 (1 - \cos(\beta_0)) \quad (1)$$

Dimana β_0 adalah central angle dan $R_E = 6378 \times 10^3 \text{ m}$ seperti tampak pada gambar 2.



Gambar 2 Geometri ketinggian satelit [3][4]

Sedangkan *slant range* d sebagai fungsi dari sudut elevasi ϵ_0 dirumuskan dengan persamaan 2 berikut [3].

$$d(\epsilon_0) = R_E \left[\sqrt{\left(\frac{H + R_E}{R_E}\right)^2 - \cos^2 \epsilon_0} - \sin \epsilon_0 \right] \quad (2)$$

Dimana H adalah ketinggian satelit diatas permukaan bumi. Hubungan sudut elevasi ϵ_0 dan central angle β_0 adalah [3]:

$$\epsilon_0 + \alpha_0 + \beta_0 = 90^\circ \quad (3)$$

$$d \sin \epsilon_0 = r \sin \beta_0 \quad (4)$$

$$d \sin \alpha_0 = R_E \sin \beta_0 \quad (5)$$

Untuk $d^2 = H(H + R_E)$ menghasilkan nilai $\epsilon_0 = 0^\circ$, sedangkan nilai $d = H$ menghasilkan nilai $\epsilon_0 = 90^\circ$.

Untuk antena yang dipergunakan pada satelit LEO digunakan standar ITU Rec. ITU-R S.1528 Annex.1 [5] dimana *radiation pattern*-nya memberi *coverage field-of-view (FOV)* maksimum $\pm 60^\circ$.

2.2. Perancangan Sistem

Berdasarkan persamaan-persamaan diatas maka diimplementasikan kedalam software STK dengan beberapa asumsi diantaranya orbit satelit LEO adalah lingkaran sempurna (*circular*). Selain itu pembuatan konstelasi satelit LEO menggunakan Rosette untuk meliputi seluruh wilayah Indonesia selama 24 jam terus menerus [6].

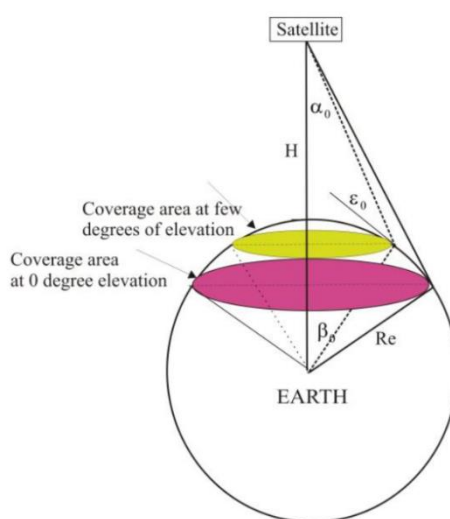
Umumnya notasi perancangan konstelasi satelit dengan menggunakan *Walker code* dinotasikan dengan (N, P, m) dimana N melambangkan jumlah total satelit dalam satu konstelasi, P melambangkan jumlah bidang orbit dalam satu konstelasi dan m melambangkan faktor harmonik. Dalam penelitian ini konstelasi Rosette diambil ε_0 sudut inklinasi tidak kurang dari 10° dan Walker code (9,4,3). Untuk mengoptimasi coverage secara berkesinambungan luas wilayah Indonesia tanpa putus akibat pergerakan satelit maka didefinisikan daerah tumpang tindih (over-lapping) berupa swatch area antara 10% hingga 30%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan ε_0 sudut inklinasi tidak kurang dari 10° maka luas cakupan S_{Coverage} satelit LEO [5] berupa *spot-beam* di muka bumi dengan berbagai ketinggian satelit LEO diperlihatkan pada tabel 1 dengan asumsi $\varepsilon_0 \geq 10^\circ$ dan α_0 bervariasi serta gambar 3 sebagai ilustrasinya.

Tabel 1. Luas S_{Coverage} di muka bumi dari satelit LEO diberbagai ketinggian H

Ketinggian orbit satelit LEO (Km)	H	H	H	H	H	H
	700	800	900	1000	1100	1200
Elevasi max. ε_0	Range (Km)	Range (Km)	Range (Km)	Range (Km)	Range (Km)	Range (Km)
0°	3065	3289	3504	3708	3900	4088
10°	2180	2372	2577	2770	2955	3136
20°	1581	1765	1947	2120	2287	2453
30°	1234	1392	1549	1701	1849	1996
40°	1027	1164	1302	1436	1567	1698
50°	883	1005	1128	1248	1366	1486
60°	794	905	1018	1129	1238	1348
70°	742	847	954	1058	1160	1266
80°	707	809	908	1012	1113	1214
90°	700	800	900	1000	1100	1200
Luasan S_{Coverage} Km ²	2221,3 hingga 733,5	2471,4 hingga 830,3	2677,0 hingga 927,6	2881,4 hingga 1012,2	2967,9 hingga 1101,9	3138,8 hingga 1204,5



Gambar 3 Geometri ketinggian satelit [3]

Luas S_{Coverage} perlu di simulasikan karena seperti pada gambar 3 diatas: luas yang diperlihatkan adalah luas bidang horizontal. Dengan bantuan software STK maka simulasi ini dibuat. Simulasi bisa dilihat di situs <https://www.youtube.com/watch?v=KT0eC4nY700>

4. KESIMPULAN

Simulasi bisa memperlihatkan S_{Coverage} secara utuh dari konstelasi satelit LEO yang terdiri dari 9 satelit LEO untuk meliputi Indonesia secara berkesinambungan 24jam. Dengan mengasumsikan orbit satelit LEO berbentuk *circular* lingkaran sempurna maka daerah *swath* penampakan luasannya cenderung terlihat tetap. Selain itu variasi ketinggian satelit LEO memperlihatkan variasi daerah cakupan akan semakin luas walaupun tidak terlalu signifikan. Lebih dari pada itu, keuntungan Indonesia terletak di daerah khatulistiwa perlu digunakan utamanya dalam pembuatan serta penggunaan satelit diorbit LEO maupun MEO.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih tak berhingga kami ucapkan kepada Bapak Imam MPB yang bersedia meluangkan waktunya berdiskusi dan membantu hingga bisa terselesaikannya penelitian ini. Juga kepada Ketua LPPM IT Telkom Purwokerto yang sudah mengakomodasi penelitian ini sebagai penelitian internal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Digital Connectivity and LEO Satellite Constellations - Opportunities for Asia and the Pacific," no. October, 2021, [Online]. Available: <https://www.adb.org/publications/digital-connectivity-low-earth-orbit-satellite-opportunities>.
- [2] Kementrian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia, "Ini Daftar Terbaru Layanan Satelit Penuhi Syarat di Indonesia," *KOminfo Off.*, 2018, [Online]. Available: <https://www.kominfo.go.id/content/detail/14350/ini-daftar-terbaru-layanan-satelit-penuhi-syarat-di-indonesia/0/artikel>.
- [3] S. Cakaj, B. Kamo, A. Lala, and A. Rakipi, "The Coverage Analysis for Low Earth Orbiting Satellites at Low Elevation," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 5, no. 6, pp. 6–10, 2014, doi: 10.14569/ijacsa.2014.050602.
- [4] S. Cakaj, B. Kamo, V. Koliçi, and O. Shurdi, "The Range and Horizon Plane Simulation for Ground Stations of Low Earth Orbiting (LEO) Satellites," *Int. J. Commun. Netw. Syst. Sci.*, vol. 04, no. 09, pp. 585–589, 2011, doi: 10.4236/ijcns.2011.49070.
- [5] Q. Itu-r, "RECOMMENDATION ITU-R S . 1528 Satellite antenna radiation patterns for non-geostationary orbit satellite antennas operating in the fixed-satellite service below 30 GHz," pp. 1–9, 2001.
- [6] L. Wood, "Chapter 2," pp. 13–34.

Analisis Diameter Antena dan Redaman Hujan Menggunakan Frekuensi *Ku-Band* Dan *C-Band* untuk Komunikasi VSAT SCPC Satelit Telkom 3S pada *Link* Bogor-Tiakur

Najib Ma'ruf¹, Imam Muhammadi², Indah Permatasari³, Reni Dyah Wahyuningrum⁴

^{1,2,3,4} Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Teknik Elektro,

Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Jl. D.I Pandjaitan No.128 , Purwokerto 53147, Indonesia

Informasi Makalah

Dikirim, 24 Juni 2022
Direvisi, 27 Juni 2022
Diterima, 28 Juni 2022

Kata Kunci:

VSAT
Ku-band
C-band
Diameter antena
Redaman hujan.

INTISARI

Penerapan teknologi komunikasi satelit pada umumnya menggunakan frekuensi *c-band* sehingga menyebabkan alokasi frekuensi tersebut makin terbatas. Permasalahan yang ada pada sistem komunikasi satelit yaitu belum menggunakan frekuensi *ku-band*. Penggunaan frekuensi berbeda tentunya memiliki performansi yang berbeda dengan adanya pengaruh dari ukuran diameter VSAT dan redaman hujan. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh diameter antena terhadap kualitas penerimaan komunikasi VSAT dan menganalisa pengaruh redaman hujan pada komunikasi VSAT dengan frekuensi *ku-band* dan *c-band*. Penelitian ini menggunakan Matlab untuk menghitung parameter *link budget* dan metode prediksi redaman hujan model ITU-R P.618-5 berdasarkan data parameter *link* yang diperoleh dari PT.Telkomsat. Hasil penelitian ini diperoleh bahwa performansi VSAT penggunaan ukuran diameter antena 1 meter, 3.8 meter, dan 4.5 meter untuk frekuensi *Ku-band* menghasilkan masing-masing parameter Eb/No sebesar 10.67 dB, 15.91 dB, dan 16.17 dB. Sedangkan untuk frekuensi *C-band* diperoleh nilai 12.6 dB, 17.27 dB, dan 17.45 dB. Berdasarkan hasil tersebut maka diameter antena yang 1 meter merupakan yang paling efektif. Serta penggunaan frekuensi *ku-band* memiliki kelemahan terhadap redaman hujan dengan nilai redaman sebesar 35,37dB pada curah hujan 145 mm/h, sedangkan pada penggunaan frekuensi *c-band* tidak terlalu terpengaruh dengan redaman hujan dengan nilai redaman 2,25 dB pada curah hujan yang sama.

ABSTRACT

The application of satellite communication technology generally uses c-band frequencies, causing the allocation of these frequencies to be increasingly limited. The problem that exists in the satellite communication system is that it has not used the Ku-band frequency. The use of different frequencies certainly has a different performance with the influence of the VSAT diameter size and rain attenuation. This study aims to determine the effect of antenna diameter on the reception quality of VSAT communication and to analyze the effect of rain attenuation on VSAT communication with Ku-band and c-band frequencies. This study uses Matlab to calculate the link budget parameters and the rain attenuation prediction method of the ITU-R P.618-5 model based on link parameter data obtained from PT. Telkomsel. The results of this study showed that the VSAT performance using antenna diameters of 1 meter, 3.8 meters, and 4.5 meters for the Ku-band frequency resulted in Eb/No parameters of 10.67 dB, 15.91 dB, and 16.17 dB, respectively. As for the C-band frequency, the values obtained are 12.6 dB, 17.27 dB, and 17.45 dB. Based on these results, the antenna diameter of 1 meter is the most effective. And the use of the Ku-band frequency has a weakness against rain attenuation with an attenuation value of 35.37dB at 145 mm/h rainfall, while the use of the c-band frequency is not too affected by rain attenuation with an attenuation value of 2.25 dB in moderate rainfall same.

Keyword:

VSAT
Ku-band
C-band
Antenna diameter
Rain attenuation.

Korespondensi Penulis:

Najib Ma'ruf
Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Jl. D.I Pandjaitan No. 128, Purwokerto, Banyumas
Email : 17101152@ittelkom-pwt.ac.id

1. PENDAHULUAN

Sistem komunikasi satelit merupakan suatu teknologi komunikasi yang memiliki jangkauan yang luas sehingga mampu melayani seluruh kawasan suatu negara bahkan benua. Pada masa sekarang komunikasi satelit yang umum menggunakan jenis frekuensi *c-band*. Sumber daya frekuensi yang terbatas, maka dari itu dalam komunikasi satelit terus berinovasi dalam penggunaan jenis frekuensi yang lain yaitu frekuensi *ku-band*. VSAT SCPC termasuk ke dalam salah satu jenis layanan komunikasi yang dalam penransmisian data menggunakan jenis frekuensi *c-band* dan *ku-band*. Penggunaan VSAT sebagai alat komunikasi memiliki beberapa keuntungan diantaranya dalam hal instalasi, biaya yang murah dan pemeliharaan yang mudah [1].

Komunikasi satelit dipengaruhi oleh curah hujan, besarnya curah hujan dapat meredam propagasi komunikasi satelit di lapisan atmosfer. Redaman hujan terjadi karena partikel-partikel hujan mengakibatkan terjadinya proses polarisasi dan *scattering* pada gelombang sehingga dapat mengganggu proses pengiriman gelombang sinyal elektromagnetik ke stasiun penerima atau sebaliknya [2]. Oleh karena itu, redaman hujan dapat mengakibatkan terjadinya pelemahan daya sinyal pada stasiun penerima.

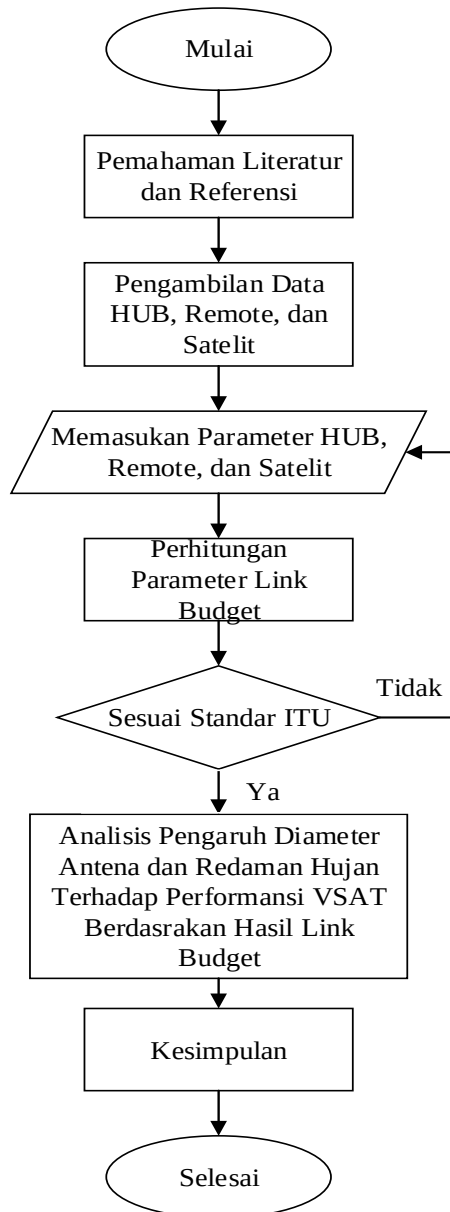
Penggunaan diameter antenna VSAT pada dasarnya berbeda-beda. Permasalahan yang ada terjadinya gangguan terhadap media akses antenna, baik interferensi dan interferensi sehingga dapat menurunkan kinerja perangkat jaringan VSAT. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait pengaruh diameter antenna terhadap tentang kualitas *link transmisi* suatu *Digital TV-Broadcast* menggunakan *band* frekuensi *ku-band* pada satelit Measat 3A berdasarkan parameter level sinyal dan *carrier to noise* (C/N). Kekurangan pada penelitian ini belum adanya keterangan *link* komunikasi yang digunakan. Berdasarkan penelitian ini dihasilkan bahwa hasil yang paling besar untuk nilai C/N untuk menyalurkan data berupa video pada sistem *TV-Broadcast* adalah dengan antenna diameter 0,8 meter [3].

Penelitian berikutnya, telah dianalisis pengaruh *slant range* dan diameter antenna pada jaringan VSAT terhadap optimasi *power* dan *bandwidth*. Hasil yang di dapatkan nilai *power* dan *bandwidth* pada jaringan komunikasi berbasis satelit dapat dipengaruhi oleh nilai *slant range* dan diameter antenna [4]. Keterbatasan penelitian ini hanya menggunakan satu jenis frekuensi yaitu frekuensi *c-band* dan menyarankan penggunaan parameter dari *link existing* guna menghasilkan parameter yang *real*.

Berdasarkan penelitian tersebut diperlukan penelitian lain yang membahas pengaruh diameter antenna dan redaman hujan terhadap performansi antara jenis frekuensi *c-band* dan *ku-band* dengan ukuran diameter antenna penerima yang bervariasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil kualitas penerimaan data komunikasi VSAT pada frekuensi Ku-Band dan C-Band untuk masing-masing diameter antenna 1 meter, 2 meter, 3,8 meter dan 4,5 meter. Sehingga diharapkan mendapatkan efisiensi kualitas daya *carrier to noise ratio* dan *energy bit to noise ratio* yang sesuai dengan standar ITU.

2. METODE PENELITIAN

Alur penelitian pada untuk menganalisis performansi VSAT SCPC pada Telkom 3S meliputi tahapan-tahapan berikut ini:



Gambar 1. Alur Penelitian

Lokasi pada penelitian ini terletak di Bogor sebagai pusat transmisi dan lokasi yang kedua terletak di Tiakur yang berperan sebagai stasiun penerima. Stasiun pengirim Bogor terletak di koordinat $6^{\circ}32'34.40''\text{S}$ dan $106^{\circ}46'15.48''\text{T}$ dengan ketinggian 173 meter dari permukaan air laut. Sedangkan untuk stasiun penerima terletak di Tiakur pada koordinat $8^{\circ} 8'49.74''\text{S}$ dan $127^{\circ}47'31.32''\text{T}$ dengan ketinggian 16 meter di atas permukaan air laut.



Gambar1. Koordinat Lokasi Stasiun Pengirim Bogor

2.1 Parameter Data Satelit Telkom 3S

Satelit Telkom 3S memiliki coverage untuk alokasi *standart C-band* yang mencakup wilayah ASEAN. Sedangkan alokasi *Ku-Band* mencakup wilayah Indonesia. Luas *covarage* dari satelit digunakan untuk menghitung EIRP (DBw) dan G/T (DB/K) satelit. Berikut data Satelit Telkom 3S yang disajikan pada Table 1.

Tabel 1. Data Satelit Telkom 3S [5].

No	Parameter Satelit	
1	<i>Orbit Satelit</i>	118
2	<i>Frequency Range</i>	<i>C-band</i> 5925-6425 MHz (<i>uplink</i>) 3400-4200 MHz (<i>downlink</i>) 2225 Mhz (LO) <i>Ku-band</i> 14000-14500 MHz (<i>uplink</i>) 11700-12200 MHz (<i>downlink</i>) 1750 Mhz (LO)
3	EIRP	42 dBW
4	IBO/OBO	<i>Single carier aplication</i> (3/1.5) dB
5	G/T	6 dB/K
6	SFD	104 dBW/m
7	<i>Polarization</i>	<i>Horizontal/Vertical</i>

2.2 Parameter Hub Station Bogor

Parameter *Hub Station* digunakan untuk pengiriman data ke satelit dan untuk perhitungan link budget guna menentukan spesifikasi teknis dari *transmitter*. Berikut beberapa Hub station yang berada di Bogor.

Tabel 2. Data *Uplink C-Band (Bogor)* Satelit Telkom 3S [5].

No	Parameter <i>Hub Station</i> Bogor <i>C-Band</i>	
1	<i>Latitude</i>	6,54324 S
2	<i>Longitude</i>	106,7720 E
3	Diameter Antena	10 Meter
4	Frekuensi <i>Uplink</i>	5965 MHz
5	HPA	3 W
6	<i>Antena Aperture Efficiency</i>	60%
7	Redaman Saluran	0,3 dB
8	Redaman Antena	1,5 dB
9	FEC, Modulasi	3/4 , 8 PSK
10	<i>Roll of Factor</i>	0,5
11	<i>Data Rate Informasi</i>	5000 Kbps

Informasi terkait parameter data *uplink* untuk jenis frekuensi *Ku-band* disajikan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 2. Data *uplink ku-band (Bogor)* satelit telkom 3S [5].

No	Parameter <i>Hub Station Bogor Ku-Band</i>	
1	<i>Latitude</i>	6,54324 S
2	<i>Longitude</i>	106,7720 E
3	Diameter Antena	10 Meter
4	Frekuensi <i>Uplink</i>	14348,26 MHz
5	HPA	3 W
6	<i>Antena Aperture Efficiency</i>	60%
7	Redaman Saluran	0,3 DB
8	Redaman Antena	1,5 dB
9	FEC, Modulasi	3/4 , 8 PSK
10	<i>Roll of Factor</i>	0,5
11	<i>Data Rate Informasi</i>	5000 Kbps

2.3 Parameter *Remote Site Tiakur*

Parameter ini digunakan untuk mengukur seberapa besar performansi kehandalan suatu jaringan dari sisi pelanggan. Data parameter untuk penggunaan frekuensi *C-Band* sebagai berikut ini

Tabel 3. Data *downlink c-band (Tiakur)* satelit Telkom 3S

No	Parameter <i>Remote Site Tiakur</i>	
1	<i>Latitude</i>	8,146334 S
2	<i>Longitude</i>	127,7922 E
3	Diameter Antena	1 Meter
4	Frekuensi <i>Downlink</i>	5965 MHz
5	<i>Antena Aperture Efficiency</i>	60%
6	Redaman Saluran	0,3 dB
7	Redaman Antena	1,5 dB
8	<i>Receiver System Noise Temperature, T_{sys}</i>	120 K
9	<i>Data Rate Informasi</i>	5000 Kbps

Berikut ini parameter *downlink* untuk penggunaan jenis frekuensi *ku-band* disajikan sebagai berikut.

Tabel 4. Data *downlink ku-band* Satelit Telkom 3S

No	Parameter <i>Remote Site Tiakur</i>	
1	<i>Latitude</i>	8,146334 S
2	<i>Longitude</i>	127,7922 E
3	Diameter Antena	1 Meter
4	Frekuensi <i>Downlink</i>	14348,26 MHz
5	<i>Antena Aperture Efficiency</i>	60%
6	Redaman Saluran	0,3 dB
7	Redaman Antena	1,5 dB
8	<i>Receiver System Noise Temperature, T_{sys}</i>	200 K
9	<i>Data Rate Informasi</i>	5000 Kbps

2.4 Perhitungan *Link Budget*

Perhitungan *link budget* meliputi langkah-langkah dibawah ini:

1. Menghitung sudut *azimuth*, sudut *elevasi* dan *slant range*

Antena *pointing* digunakan untuk menghadapkan arah dari antenna yang terdapat di stasiun bumi ke satelit sehingga dapat mengakses satelit yang di tuju. Dalam *pointing* antenna memiliki dua parameter yaitu bidang vertikal (*elevasi*) dan horizontal (*azimuth*) [6].

$$A' = \tan^{-1} \left(\frac{\tan |\theta_s - \theta_l|}{\sin \theta_i} \right) \quad (1)$$

Keterangan:

A' = Sudut *azimuth* (°)

θ_s = *Longitude* stasiun bumi ("-" untuk BB dan "+" untuk BT)

θ_l = *Longitude* satelit ("-" untuk BB dan "+" untuk BT)

θ_i = *Latitude* stasiun bumi ("-" untuk LS dan "+" untuk LU)

Kemudian untuk menghitung sudut *elevasi* persamaan matematisnya sebagai berikut:

$$E = \tan^{-1} \left[\frac{\cos L \cos L - 0,151}{\sqrt{1 - (\cos L \cos L)^2}} \right] \quad (2)$$

Keterangan:

E = Sudut *elevasi* (°)

L = *Latitude* VSAT (°)

L = Perbedaan *longitude* antara satelit dengan VSAT (°)

R = Jari-jari orbit geostasioner (42.164 Km)

Secara teoritis nilai sudut *azimuth* berada diantara 0^0 - 360^0 , akan tetapi nilai tersebut bergantung dari lokasi Stasiun Bumi dengan mengambil titik acuan di titik subsatelit. Kemudian perhitungan daerah kemiringan atau *slant range* antara stasiun bumi dengan satelit merupakan jarak sebenarnya yang diukur dari stasiun bumi ditarik garis lurus menuju posisi satelit di atas. Nilai *slant range* dapat ditentukan dengan rumusan matematis sebagai berikut:

$$D = \sqrt{h^2 + 2R_e(R_e + h)(1 - \cos \varphi_G \cos \Delta)} \quad (3)$$

Keterangan:

h = orbit satelit Geostasioner (35.786 Km)

R_e = jari-jari bumi (6.378 Km)

$\cos \varphi$ = selisih *longitude* stasiun bumi dengan satelit (°)

$\cos \Delta$ = nilai *latitude* dari stasiun bumi (°)

2. Menghitung Gain Antena

Gain atau penguatan merupakan perbandingan antara nilai daya pancar dari sisi antenna terhadap antenna referensinya sendiri. Persamaan matematis untuk antenna *parabolic* adalah sebagai berikut.

$$G_{\text{antena}} = 10 \log(\eta) + 20 \log\left(\frac{\pi D f}{c}\right) \quad (4)$$

Keterangan:

f = Frekuensi kerja (MHz) terdiri dari frekuensi *uplink* dan *downlink*

D = Diameter antenna stasiun bumi (meter)

η = Nilai efisiensi antenna

π = 3,14

3. Menghitung figure of merit atau gain to temperature dan effective isotropic radiated power (EIRP)

Gain to Temperature adalah perbandingan nilai *gain* yang dihasilkan oleh antenna dengan temperatur *noise* pada antenna. Temperatur *noise* pada sistem penerima ditentukan oleh besar kecilnya *noise figure system* penerima tersebut [7]. Nilai *Gain to Temperature* yang besar diperoleh jika antenna *gain* memiliki nilai yang besar.

$$G/T = G_{\text{ant}} + 10 \log T \quad (5)$$

Keterangan :

G_{ant} = nilai *gain* antenna

T = *temperature* sistem

EIRP merupakan parameter yang memiliki fungsi untuk mengetahui daya pengiriman dari stasiun bumi atau satelit. EIRP stasiun bumi diperoleh melalui perhitungan matematis dibawah ini dan dilambangkan dengan $EIRP_{SB}$

$$EIRP_{SB}(dBW) = 10 \log P_T - L_T + G_T \quad (6)$$

Keterangan:

P_T = Daya pancar sinyal *carrier* pada *feeder* antenna (dBW)

L_T = *Transmitt Loss* ($L_{Rain} + L_{Saluran} + L_{Antena}$)

G_T = *Gain* antenna pemancar (dB)

4. Menghitung Parameter Redaman (*Pointing Loss*, Rugi-Rugi Lintasan, dan Redaman Ruang Bebas)

Langkah pertama dalam menghitung *pointing loss* yaitu menentukan nilai pangan gelombang λ_{bogar} melalui persamaan di bawah ini:

$$\lambda_{bgr} = \frac{c}{f} \quad (7)$$

Kemudian menghitung nilai *beamwidth* melalui persamaan matematis

$$\phi_{3_{bgr}} = \frac{70 \times \lambda}{d} \quad (8)$$

Selanjutnya nilai *pointing loss* dapat diketahui hasilnya berdasarkan persamaan

$$Pointing_{loss_{bgr}} = 12 \left(\frac{\phi}{\phi_3} \right)^2 \quad (9)$$

Dalam proses transmisi tentunya akan terjadi redaman daya pancaran antenna pada ruang bebas.

$$FSL_{Bogor} = 92,45 + 20 \log f_{u/D} + 20 \log d_{u/D} \quad (10)$$

5. Menghitung *Energy bit to noise ratio* (E_b/N_o)

Kualitas sinyal yang diterima ditentukan oleh besarnya perbandingan antara energi sinyal pembawa per bit *noise* yang diterima terhadap derau temperatur. Adapun persamaan matematisnya sebagai berikut:

$$(E_b/N_o)(dB) = \left(C/N_{Total} \right) - 10 \log \frac{Bandwidth}{data\ rate} \quad (11)$$

Parameter E_b/N_o ini sebagai tolak ukur untuk mengetahui performansi suatu *link*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN (10 PT)

3.1 Analisis Pengaruh Diameter Antena Pada Frekuensi Ku-Band

Perbedaan ukuran diameter antena ternyata berpengaruh pada tolak ukur performansi kualitas jaringan pada layanan sistem komunikasi satelit. Ukuran diameter antena yang digunakan pada penelitian ini terdapat tiga ukuran yaitu 1 m, 3,8 m, dan 4,5 m. Hasil perhitungan parameter *link budget* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Hasil perhitungan parameter *link budget* Ku-band

Parameter	Hasil Perhitungan pada Frekuensi Ku-Band			
	Diameter Antena (meter)			Standar ITU
	1	3,8	4,5	
Gain (dB)	41,31	52,9	54,37	45 dBi (R SA. 2183)
G/T (dB)	18,3	28,89	31,36	29,1 dB/K (R SA. 2183)
<i>Pointing Loss</i> (dB)	0,013	0,202	0,283	-
C/N (dB)	13,98	19,22	19,48	-
E_b/N_o (dB)	10,67	15,91	16,17	-

Berdasarkan tabel 5. Menunjukkan bahwa nilai *gain* meningkat sejalan dengan semakin besarnya ukuran diameter antena. Diameter antena dengan ukuran 1 m menghasilkan *gain* sebesar 41,31 dBi, untuk ukuran diameter 3,8 m didapatkan nilai *gain* 52,9 dBi dan nilai *gain* terbesar sebesar 54,37 dBi untuk diameter antena 4,5 m. Kemudian ukuran diameter antena berpengaruh terhadap parameter *figure of merit* (G/T). Temperatur sistem yang digunakan sebesar 200⁰K yang mana dengan nilai *gain* antena setiap ukuran diameter antena menghasilkan nilai G/T yang berbeda-beda.

Nilai *pointing loss* terbesar didapatkan nilai 0,283 dB untuk diameter antena 4,5 m sedangkan nilai terkecil sebesar 0,013 dB untuk diameter 1 m. Hal ini menunjukkan bahwa parameter nilai *pointing loss* semakin tinggi seiring bertambahnya ukuran diameter antena. Selanjutnya parameter *Carrier to noise* total merupakan nilai yang diperoleh dari hasil perhitungan antara *carrier to noise* di sisi *uplink* dan *carrier to noise* *downlink* yang terjadi dari satelit ke arah stasiun bumi penerima di kota Tiakur. Berdasarkan nilai yang disajikan pada Tabel semakin besar ukuran diameter antena maka nilai C/N total akan semakin besar juga.

Parameter Eb/No digunakan untuk mengetahui kualitas sinyal radio frekuensi (RF) yang diterima oleh modem. Nilai standar minimum untuk parameter Eb/No pada frekuensi *ku-band* dengan modulasi 8PSK $\frac{3}{4}$ sebesar 4,7 DB. Hasil yang diperoleh untuk diameter antena 1 m, 3,8 m dan 4,5 m yaitu 10,67 DB, 15,91 dB dan 16,17 dB. Berdasarkan nilai tersebut maka dapat disimpulkan bahwa ketiga ukuran diameter antena tersebut telah melewati standar minimum yang ditetapkan setelah ditambahkan nilai toleransi +5 yaitu 9,7 DB. Semakin besar nilai Eb/No akan semakin tahan juga dengan redaman hujan. Maka dapat disimpulkan bahwa antena dengan ukuran diameter 1 meter dengan data *rate* 5 Mbps merupakan penggunaan ukuran antena yang paling efektif apabila ditinjau dari segi biaya, selain karena telah melewati standar minimum dan diameter antena 1 m juga memiliki ukuran diameter yang kecil dibandingkan dengan yang lain sehingga dari segi biaya relatif terjangkau.

3.2 Analisis Pengaruh Diameter Antena pada Frekuensi C-Band

Pengaruh diameter antena pada frekuensi *c-band* dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 6. Hasil Perhitungan parameter *link budget c-band*

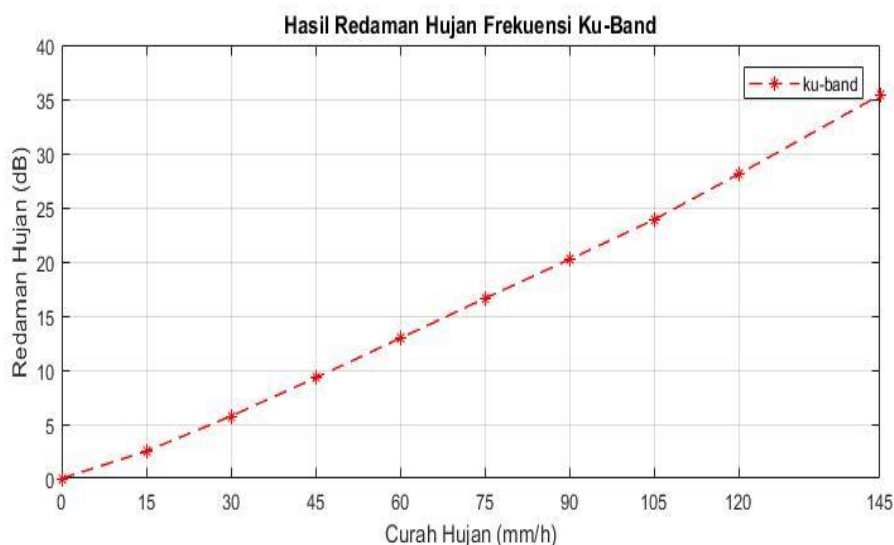
Parameter	Hasil Perhitungan pada Frekuensi <i>C-band</i>			Standar ITU
	Diameter Antena (meter)			
	1	3,8	4.5	
<i>Gain</i> (dBi)	33,69	45,28	46,75	45 dBi (R SA. 2183)
G/T (dB)	12,89	24,49	25,96	29,1 dB/K (R SA. 2183)
Pointing Loss (dB)	0,002	0,034	0,049	
C/N _{dw} (dB)	17,43	28,99	30,49	
Eb/No (dB)	12,61	17,27	17,45	

Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan semakin besar ukuran diameter antena akan menghasilkan nilai *gain* yang besar pula. Untuk menghitung parameter *figure of merit* (G/T) pada frekuensi *c-band* digunakan temperatur sistem 120°K. Hasil nilai G/N untuk ukuran diameter antena 1 m sebesar 12,89 DB/K sedangkan ukuran 3,8 m menghasilkan nilai G/N sebesar 24,49 DB/K dan nilai G/N terbesar pada ukuran 4,5 m sebesar 25,96 DB/K. Selanjutnya parameter *pointing loss* didapatkan redaman *pointing* terbesar yaitu 0,049 dB pada ukuran 4,5 m. Redaman terkecil terdapat pada antena dengan diameter 1 m dengan nilai 0,002 DB. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran diameter antena maka nilai *pointing loss* nya juga semakin besar.

Hasil nilai C/N total yang tinggi merepresentasikan kehandalan suatu link komunikasi yang baik, sehingga untuk mendapatkan nilai C/N total yang tinggi dapat diperoleh dengan cara memperbesar ukuran diameter antena yang digunakan. Selain itu, parameter yang menentukan kehandalan suatu jaringan sistem komunikasi satelit adalah parameter Eb/No. Hasil perhitungan Eb/No pada frekuensi *c-band* dengan ukuran diameter antena 1 m didapatkan nilai 12,61 DB, ukuran 3,8 m menghasilkan nilai Eb/No sebesar 17,27 DB dan ukuran 4,5 m diperoleh nilai Eb/No sebesar 17,45 DB. Berdasarkan hasil tersebut maka ukuran antena dengan diameter 4,5 m memiliki performansi terbaik karena memiliki nilai Eb/No tertinggi apabila dibandingkan dengan ukuran antena 1 m dan 3,8 m. Akan tetapi, untuk penggunaan antena 1 m merupakan perangkat yang paling efektif dalam suatu *link* dengan data *rate* sebesar 5 Mbps karena ukuran antena yang kecil sehingga jika ditinjau dari efisiensi biaya lebih minimum.

3.3 Analisis Pengaruh Redaman Hujan pada Frekuensi Ku-Band dan C-Band

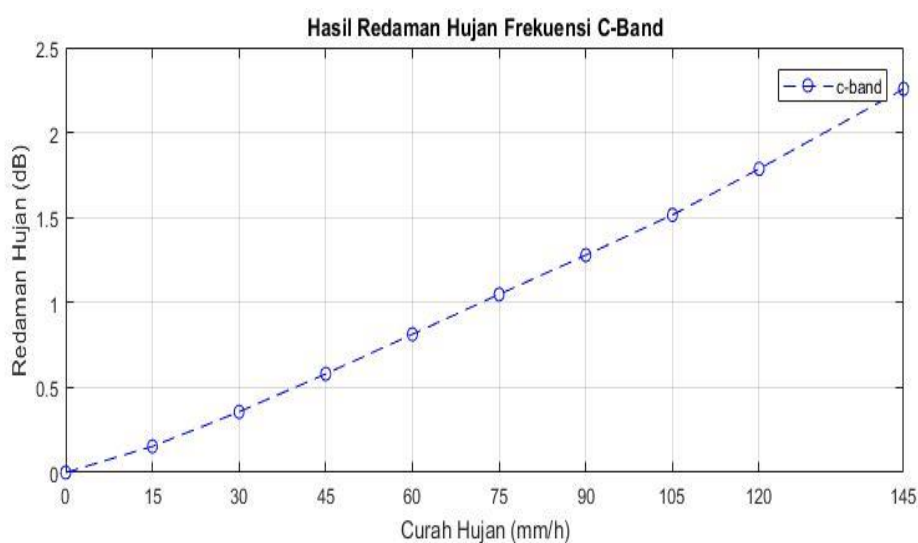
Perhitungan model redaman hujan dilakukan melalui dua tahapan yaitu perhitungan pada frekuensi *ku-band* dan frekuensi *c-band*. Model perhitungan menggunakan model ITU-R 618-5 yang mana Indonesia berada pada wilayah regional "P" dengan nilai *rain rate* sebesar 145 mm/h dan nilai $r^{(0,01\%)}$. Berikut ini data redaman hujan pada frekuensi *ku-band*.



Gambar 2. Grafik nilai redaman hujan pada frekuensi *ku-band*

Redaman hujan pada frekuensi *ku-band* menunjukkan bahwa apabila terdapat peningkatan nilai redaman yang tinggi mengikuti naiknya curah hujan. Curah hujan tertinggi yaitu 145 mm/h dengan nilai redaman hujan sebesar 35,37 DB. Pengaruh dari redaman hujan yang besar pada frekuensi *ku-band* memiliki dampak terhadap penurunan kualitas sinyal penerimaan pada VSAT yang bergantung pada besar kecilnya curah hujan yang terjadi.

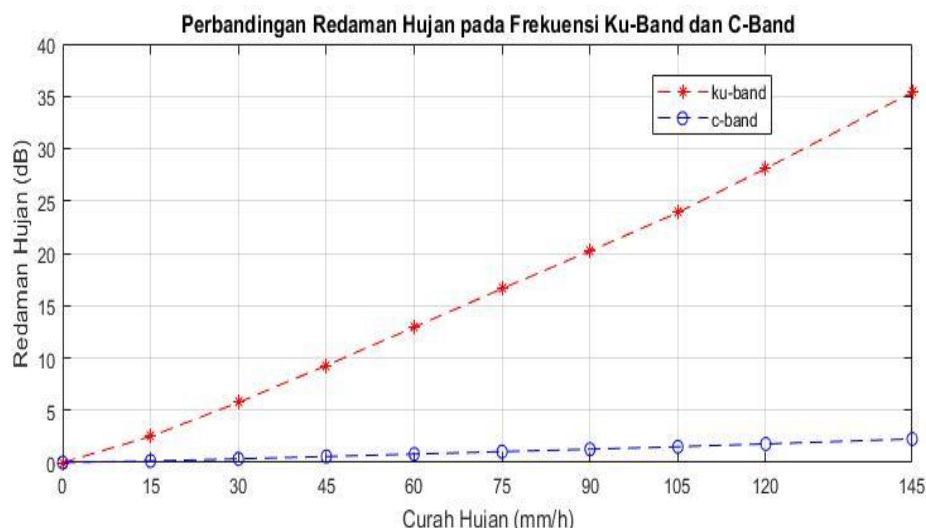
Berikut ini hasil redaman hujan pada masing-masing curah hujan pada penggunaan frekuensi *C-band* sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik nilai redaman hujan pada frekuensi *c-band*

Berdasarkan grafik diatas pada kanal *c-band* tidak terlalu berpengaruh terhadap redaman hujan walaupun dengan curah hujan yang tinggi. Hal ini karena curah hujan dengan nilai 15 mm/h sampai 145 mm/h dihasilkan nilai redaman hujan yang tidak terlalu besar. Nilai redaman hujan tertinggi sebesar 2,25 DB pada curah hujan 145 mm/h.

Berikut perbandingan nilai redaman hujan pada frekuensi *ku-band* dan *c-band* dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 4. Grafik perbandingan hasil redaman hujan pada frekuensi *ku-band* dan *c-band*

Berdasarkan grafik di atas perbandingan nilai redaman hujan memiliki perbedaan yang cukup jauh antara frekuensi *ku-band* dan *c-band*. Pada grafik untuk curah hujan 15 mm/h menghasilkan redaman sebesar 2,5 DB untuk kanal *ku-band* sedangkan untuk kanal *c-band* dengan curah hujan yang sama didapatkan nilai 0,15 DB. Bahkan untuk kanal *c-band* nilai curah hujan tertinggi yaitu 145 mm/h hanya menghasilkan redaman sebesar 2,25 DB. Besarnya nilai redaman hujan pada kanal *ku-band* akan menjadi kelemahan suatu jaringan VSAT dengan frekuensi kerja *ku-band*, berbeda dengan jaringan VSAT dengan frekuensi kerja *c-band* yang tidak berpengaruh terhadap proses transmisi data. Selain itu, pengaruh redaman hujan pada frekuensi *ku-band* yang tinggi berkaitan dengan penggunaan ukuran diameter antenna VSAT. Penggunaan ukuran diameter VSAT yang lebih besar tentunya dapat memberikan ketahanan yang kuat dari pengaruh redaman hujan.

4. KESIMPULAN

Jaringan komunikasi VSAT dengan *data rate* 5 Mbps, modulasi 8 PSK dan FEC $\frac{3}{4}$ didapatkan hasil ukuran antenna 1 meter yang paling efektif dengan frekuensi Ku-Band sebesar Eb/No 10,67 dB dan frekuensi C-Band nilai Eb/No 12,61dB. Kemudian nilai redaman hujan sangat berpengaruh terhadap jaringan komunikasi dengan frekuensi kerja *Ku-band* dengan curah hujan tertinggi 145 mm/h menghasilkan redaman sebesar 35,37 dB. Sedangkan pada frekuensi kerja *c-band* tidak terlalu terdampak oleh redaman hujan yang mana dengan curah hujan yang sama didapatkan nilai redaman sebesar 2,25 dB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Nurdiansyah and A. Mauludiyanto, "Analisis Redaman Hujan pada Frekuensi C-Band dan Ku-Band untuk Komunikasi VSAT-TV pada Daerah Tropis," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 1, pp. A-1 - A-6, 2017.
- [2] Sutoyo, Sabrani and F. Hidayati, "Pemodelan Data Pengukuran Sinyal Satelit Kanal C-Band Wilayah Pekanbaru," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 17, no. 1, pp. 11-18, 2019.
- [3] M. Pinem and I. Ifandi, "Analisa Perbandingan Diameter Antena Penerima Terhadap Kinerja Sinyal Pada Frekuensi Ku Band," *Singuda Ensikom*, vol. 6, no. 3, pp. 145-150, 2014.
- [4] M. Mu'is, "Analisis Pengaruh Slant Range dan Lebar Diameter Antena Terhadap Performasi Very Small Aperture Terminal pada Link Cibinong-Jayapura dan Cibinong-Kota Baru," Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Purwokerto, 2020.
- [5] "Data Parameter link Bogor-Tiakur PT. Telkom Satelit," 2020.
- [6] I. M. P.B and W. Pamungkas, *Sistem Komunikasi Satelit (Teori dan Praktik)*, Yogyakarta: ANDI, 2014.
- [7] T. Pratt and C. W. Bostian, *Satellite Communication*, Singapore: John Wiley & Son, 1989.

PETUNJUK PENULISAN

1. KETENTUAN UMUM

Artikel yang diterima yaitu artikel yang belum pernah dipublikasikan dalam jurnal apapun berupa atau tidak dalam status telah diterima (accepted) untuk dipublikasikan

2. PENULISAN ARTIKEL

- a. Diketik dengan spasi 1 dalam kertas ukuran A4 dengan jenis huruf Time New Roman 10. Tulisan yang akan dimuat menggunakan bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris yang baik.
- b. Susunan artikel terdiri dari : Judul (Bahasa dan English), Nama Penulis, Abstrak (Bahasa dan English), Kata Kunci (maksimal 5), Pendahuluan, Metode Penelitian, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terima kasih (optional) dan Daftar Pustaka.
- c. Ketentuan Penulisan Artikel :
 1. **Judul** : Judul dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris (Kapital setiap kata)
 2. **Nama Penulis** : ditulis lengkap tidak disingkat tanpa gelar, disertai nama dan alamat institusi, beserta email korespondensi
 3. **Abstrak** ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris, terdiri dari 100-250 kata dan memuat tentang : Latar belakang singkat jika ada, Tujuan dan atau ruang lingkup penelitian, Metode (singkat) yang digunakan, Ringkasan hasil /finding, Simpulan. Abstrak ditulis dengan font time new roman 9
 4. **Kata kunci** ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris, maksimal 5 kata
 5. **Pendahuluan** : berisi kondisi atau masalah yang melatar belakangi atau menginspirasi pelaksanaan kegiatan penelitian. Berisi kajian review literatur atau penelitian sebelumnya secara singkat. Data – data yang mendukung penelitian dari paper-paper yang lain dan paragraph terakhir berisi tujuan penelitian (tidak memuat tinjauan teori). Pernyataan kesenjangan (orisinalitas) atau kontribusi kebaruan (novelty statement) atau beda unik penelitian ini dibanding penelitian penelitian sebelumnya , juga dari sisi penting tidaknya penelitian tersebut dilakukan .
 6. **Metode Penelitian** : menguraikan cara yang digunakan untuk menyelesaikan masalah. Meliputi alat, bahan dan metode yang digunakan dalam pemecahan masalah
 7. **Hasil dan Pembahasan** : Menjelaskan tentang hasil atau luaran peneliti yang membahas tentang perbedaan antara hasil dengan teoritis ataupun dengan penelitian lain yang relevan. Penjelasan dapat menggunakan tabel, gambar dan *chart* yang memudahkan pembaca dalam memahami isi artikel.
 8. **Kesimpulan** : ditulis secara ringkas tetapi menggambarkan substansi kesimpulan hasil penelitian dan rekomendasi dari hasil penelitian. Kesimpulan menjawab permasalahan atau tujuan penelitian atau menghasilkan sebuah teori baru
 9. **Ucapan Terima Kasih** : ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak yang pantas , terutama kepada lembaga atau orang yang benar benar membantu penelitian , misalnya : kepada pemberi dana penelitian , fasilitas , bahan , atau saran
 10. **Daftar Pustaka** : Daftar pustaka dan citation ditulis dengan font time new roman 9. Daftar Pustaka disusun berdasarkan urutan sitasi dalam artikel dan diberi nomor, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*