



KOORDINASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) BERBASIS ALGORITMA *MULTIPLE SEQUENCE ALIGNMENT* (MSA)

Denny Irawan¹⁾, Eka Putra Prastya²⁾, Alief Hidayah³⁾

^{1), 2), 3)} Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Gresik

Jl Sumatera No.101, Gn. Malang, Randuagung, Kec. Kebomas, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61121

Email : den2mas@umg.ac.idm

Received: April 13, 2023. Accepted: July 18, 2023

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat tersusun dari banyak panel surya dan terhubung dengan banyak beban pada outputnya. Keandalan suatu sistem tenaga listrik adalah terjaminnya suplai tenaga listrik yang selalu dapat memenuhi beban (kontinuitas) dan kualitas tenaga listrik yang dihasilkan (tegangan dan frekuensi). Jurnal ini berisi tentang koordinasi Sistem Tenaga Listrik dengan PLTS sebagai sumber energinya yang terpantau arus (I) dan tegangan (V) sehingga dapat ditentukan daya keluaran dari panel surya dan melakukan pengaturan beban pada outputnya (adaptif), sehingga ketika daya input maksimum, maka semua beban yang sudah ditentukan berdasarkan prioritasnya dapat masuk kedalam sistem, dan ketika daya turun misalkan karena alam ketika cuaca mendung, maka *controller* akan melakukan *load shedding* atau pemutusan beban, dimana beban yang harus lepas terlebih dahulu adalah yang mempunyai prioritas rendah. Kebaruan dari penelitian ini adalah bahwa sistem yang dibangun berbasis algoritma *Multiple Sequence Alignment* (MSA) yang digunakan jika ada beban yang lepas tetapi tidak sesuai dengan urutan prioritasnya, sehingga algoritma tersebut dapat menentukan keputusan urutan prioritas yang sesuai dan bekerja secara otomatis untuk menjamin kontinuitas dan kualitas tenaga listrik yang dihasilkan.

Kata kunci: Koordinasi, *Multiple Sequence Alignment*, Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

Abstract

Solar Power Plants (PLTS) can be composed of many solar panels and connected with many loads at the output. The reliability of an electric power system is the guarantee of an electric power supply that can always meet the load (continuity) and the quality of the electricity produced (voltage and frequency). This journal contains the coordination of the Electric Power System with PLTS as an energy source which is monitored for current (I) and voltage (V) so that the output power of the solar panels can be determined and the load settings at the output (adaptive), so that when the input power is maximum, then all loads that have been determined based on priority can enter the system, and when the power drops for example due to nature when the weather is cloudy, the controller will carry out load shedding or disconnection of the load, where the load that must be released first is the one with low priority. The novelty of this study is that the system built is based on the Multiple Sequence Alignment (MSA) algorithm which is used if there is a loose load but it is not in accordance with the priority order, so that the algorithm can determine the appropriate priority sequence decision and work automatically to ensure continuity and quality generated electric power.

Keyword: Coordination, Multiple Sequence Alignment, Solar Power Plants.

PENDAHULUAN

Energi didefinisikan sebagai kapabilitas untuk melakukan suatu kerja atau usaha, sehingga tanpa adanya energi, manusia tidak akan mengalami perkembangan peradaban, demikian juga dengan ilmu pengetahuan serta teknologi yang niscaya mustahil untuk bisa dikembangkan. Kebutuhan energi yang semakin berkembang saat ini, beriringan dengan banyaknya eksplorasi energi terbarukan, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan manusia. Energi terbarukan yang saat ini sedang dikembangkan oleh banyak peneliti dan perusahaan, salah satunya dengan pemanfaatan energi intensitas matahari yang dapat dikonversikan atau ditransformasikan menjadi sumber listrik. Energi itulah yang saat ini sering disebut sebagai *photovoltaic* atau *solar cell* atau panel surya^[1]. Berdasarkan peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral guna mengantisipasi semakin tingginya kebutuhan energi yang harus dipenuhi No. 17/2013 Pasal 2 Ayat 1 yang intinya adalah PT Perusahaan Listrik Negara atau PLN (Persero) ditugaskan untuk menyerap / membeli energi listrik dari pemanfaatan energi ramah lingkungan dalam rangka pemenuhan kebutuhan energi listrik nasional yang sangat cocok dikembangkan di iklim tropis seperti di Indonesia^[1]. Hanya sebesar 0,05% pemanfaatan panel surya menggunakan energi matahari di Indonesia saat ini dari potensi yang ada. Pada kenyataannya, potensi energi matahari yang ada di termasuk stabil sepanjang tahun. Ditjen EBTKE mencanangkan pada tahun 2025^[2], energi surya yang digunakan bisa mencapai 1.047 MWp dan memfasilitasi serta mendorong peningkatan pemanfaatan energi tersebut dengan terbentuknya gerakan nasional sejuta surya atap.

Panel Surya

Panel surya atau biasa disebut sel surya atau *Photovoltaic* (PV), adalah merupakan sebuah hamparan semikonduktor yang mengubah sinar matahari menjadi listrik dengan menyerap photon. Potongan silikon pada sel surya tersebut sangat kecil, yang biasanya mempunyai ketebalan minimum 0,3 mm dengan lapisan bahan kimia khusus yang dibentuk di dasarnya. Sambungan

atau *junction* pada sel surya terletak diantara lapisan semikonduktor dengan bahan jenis 'P' Positif dan semikonduktor jenis 'N' Negatif. Agar cahaya matahari mampu menembus *junction*, maka silikon jenis 'P' dibuat dengan lapisan permukaan yang sangat tipis dan diberi cincin dari lapisan nikel yang berfungsi sebagai terminal keluaran positif. Sedangkan untuk terminal keluaran negatif terletak dibawah bagian P^[3]. Efek *photovoltaic* yang muncul dengan terciptanya beda potensial antara terminal keluaran positif dan terminal keluaran negatif ini dikarenakan sifat dari electron yang berada didalam material terpisah pada pita energy tertentu yaitu 'pita valensi' dan 'pita konduksi', sedangkan pada celah pita yang besarnya tidak lebih dari persyaratan yaitu : 3 atau 4 eV ($1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$) adalah keadaan tanpa electron, dimana untuk tiap material semi konduktor besarnya berbeda. Panel surya secara fisik seperti ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk Fisik Panel Surya

Usia pemakaian panel surya diperkirakan kurang lebih 20 tahun, dimana selama rentang waktu tersebut, efisiensi panel surya secara teoritis tidak mengalami degradasi efisiensi yang berarti.^[4] Peneliti sebelumnya telah merancang instalasi PLTS untuk diaplikasikan pada rumah tinggal yang mempunyai kapasitas daya terpasang sebesar 450 VA^[5], dan berikutnya dipasang pada peternakan ayam boiler^[6]. Peneliti selanjutnya menggunakan cermin yang dipasang pada permukaan panel surya dengan tujuan agar intensitas sinar matahari dapat diserap secara optimal^[7]. Sistem hibrid memungkinkan sebuah beban dapat dicatu daya oleh lebih dari satu sumber, sehingga PLTS juga

dapat dioperasikan dengan sumber daya yang lain^{[8][9][10]}.

Solar Charger Controller (SCC)

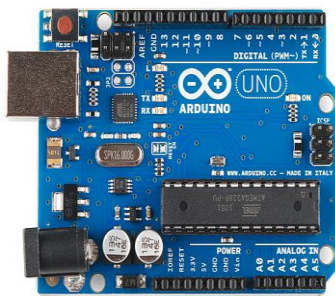
Solar Charge Controller (SCC) adalah pengendali pengisian daya yang menjadi satu paket pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). SCC ini berfungsi sebagai penyetabil tegangan yang menyuplai baterai karena intensitas matahari yang selalu berubah. Ada 2 jenis SCC : Tipe PWM dan tipe MPPT.

Baterai

Baterai adalah penyimpan energi listrik dari proses kimia yang terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia Tipe baterai *lead acid* adalah yang banyak digunakan untuk panel surya.

Mikrokontroler Arduino Uno Versi R-3

Mikrokontroler Arduino merupakan *platform* dari sebuah *physical computing* yang bersifat *open source*, dengan IDE yang menjadi sebuah *software software* yang menjadi editor dan berfungsi untuk *programming* (menulis baris program), *compiling* (menjadikannya kode biner) dan *burning* atau *uploading* kedalam memori. Arduino sejatinya berbasis Atmega 328 yang secara fisik seperti ditunjukkan pada Gambar 2, memiliki : ‘14 pin input/output’ (6 pin dapat digunakan PWM), ‘6 analog input’, ‘crystal osilator 16 MHz’, ‘koneksi USB’, ‘jack power’, ‘kepala ICSP’, dan ‘tombol reset’.



Gambar 2. Arduino Uno R3

Arduino dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech.^[11]

PZEM-004T

PZEM-004T adalah perangkat sensor yang mampu mendeteksi parameter tegangan rms, arus rms, daya aktif, dan konsumsi daya (wh) dan dikoneksikan ke Mikrokontroler Arduino ataupun platform *opensource* lainnya. PZEM-004T memiliki dimensi $3,1 \times 7,4$ cm dan dirakit dengan trafo arus berdiameter 3 mm yang dapat digunakan untuk mengukur arus sebesar 100A. Modul PZEM-004T mempunyai 2 bagian untuk 2 fungsi :

- (1) Untuk *wiring* atau pengkabelan terminal input tegangan dan arus.
- (2) Untuk *wiring* atau pengkabelan komunikasi serial.

Sensor PZEM-004T secara fisik seperti ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sensor PZEM-004T

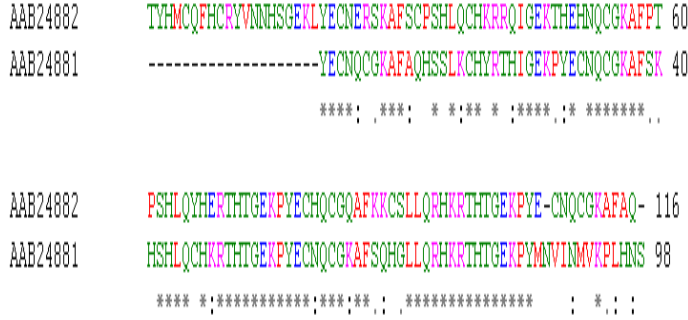
Penelitian yang terkait dengan penggunaan sensor PZEM-004T dilakukan peneliti sebelumnya untuk pengukuran energi listrik^[12].

Multiple Sequence Alignment (MSA)

Awal tahun 1980-an, MSA digunakan dalam bidang bioinformatika untuk menyelesaikan permasalahan struktur protein, evolusi molekuler atau perhitungan yang melibatkan urutan DNA, RNA atau protein. Urutan DNA dinyatakan dengan karakter {A, C, G, T}, urutan RNA dinyatakan dengan {A, C, G, U}, dan urutan protein dinyatakan dengan {A, R, N, D, C, Q, E, G, H, I, L, K, M, F, P, S, T, W, Y, F}. MSA adalah metoda untuk menyusun tiga atau lebih urutan DNA, RNA atau protein untuk diidentifikasi kesamaan hubungan yang mungkin secara fungsional, struktural atau *evolutionary* dari keturunan atau

nenek moyangnya. *Sequence Alignment* nukleotida atau asam amino dipresentasikan dalam sebuah matrik. Analisis urutan DNA adalah tahap yang umum dilakukan dalam bioinformatika, dimana urutan DNA yang terdiri dari kombinasi basa ATCG: 'A - Adenine', 'T - Thymine', 'G - Guanine', 'C - Cytosine' dapat dikomparasi dengan

urutan lain. Proses pengkomparasian tersebut dikenal dengan istilah *sequence alignment*, yang juga dapat dilakukan untuk protein sesuai ditunjukkan pada Gambar 4. Apabila panjang antara urutan yang dibandingkan tidak sama maka dapat diisikan *gaps* untuk mengisi kekosongan tersebut.



Gambar 4. *Sequence Alignment* Pada Protein

Beberapa metode yang digunakan dalam analisa *sequence*:

1. *Scoring Function*

MSA dicocokkan berdasarkan *scoring function* khusus. *Scoring function* untuk MSA berdasarkan konsep *sum of pairs* (SP). SP adalah penjumlahan semua kemungkinan pasangan urutan dalam *multiple sequence alignment* berdasarkan penilaian matrik khusus. Dalam perhitungan skor SP, setiap kolom dinilai dengan menjumlahkan nilai dari semua kemungkinan yang ada. Skor SP untuk setiap kolomnya didefinisikan sebagai $S(m_i)$

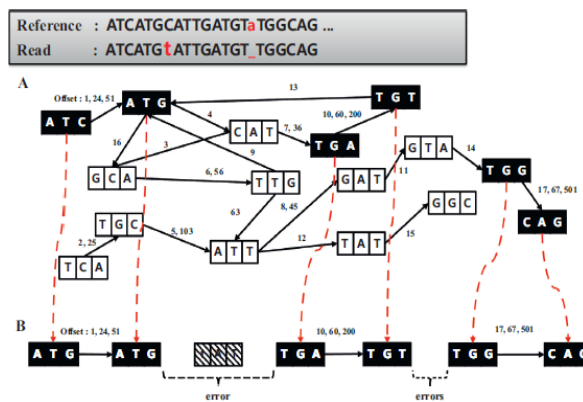
dengan k dan l adalah baris urutan / *sequence* dan i menunjukkan urutan kolom.

$$S(m_i) = \sum_{k < l} s(m_i^k, m_i^l) \dots \dots \dots (1)$$

Pada Gambar 5, terdapat contoh *alignment* antara dua urutan, yang menandakan *gap* (_), *match* (|) dan *misMatch* (*).

2. *Exhaust Algorithm*

Selain *scoring function*, metode MSA juga menggunakan pendekatan *exhaustic* dan heuristik, *alignment* melibatkan pemeriksaan semua posisi yang sejajar mungkin secara bersamaan.



Gambar 5. Analisis Dua Urutan Data

Mirip dengan pemrograman dinamis dalam mensejajarkan dua pasangan urutan, yang melibatkan penggunaan dua dimensi matrik untuk mencari penyesuaian yang optimal. Selama menggunakan pemrograman dinamis untuk *multiple sequence alignment*, dimensi ekstra dibutuhkan untuk mengambil semua kemungkinan cara dalam mencocokkan urutan yang menjadi pertimbangan. Hal ini berarti mendirikan sebuah pencarian matrik multidimensi. Sebagai contoh, untuk tiga *sequence*, tiga dimensi matrik diperlukan untuk menghitung semua nilai keselarasan yang mungkin. *Back tracking* dilakukan melalui matrik tiga dimensi untuk menemukan jalan mencetak nilai tertinggi yang merupakan *alignment* / penyesuaian yang optimal. Untuk *alignment* urutan N, N-dimensi matrik diperlukan untuk diisi dengan nilai *alignment*. Pada penelitian sebelumnya, algoritma *Multiple Sequence Alignment* (MSA) digunakan untuk menentukan koordinasi *Over Current Relay* (OCR) yang tepat ketika terjadi gangguan hubung singkat pada sistem tenaga listrik, dimana informasi yang dikirimkan oleh OCR tersebut tidak lengkap.^[15]

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, akan dirancang suatu modul kontrol dalam pengoperasian PLTS selama 24 jam dan dalam kondisi cuaca apapun. Perhitungan untuk peralatan yang dibutuhkan sebagai berikut :^[15]

1. Total_Pemakaian_Beban
 $Total_Pemakaian_Beban = Daya \times Lama\ Pemakaian$
 $= 35\ Watt \times 12h$
 $= 420\ Wh.....(2)$

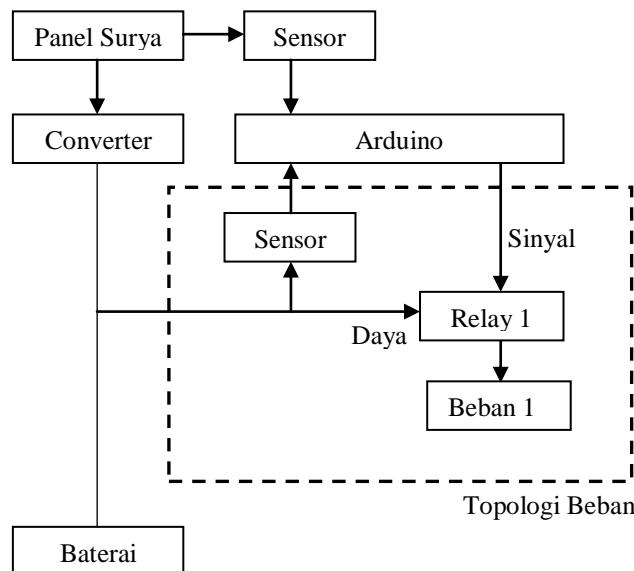
2. Kapasitas_Panel_Surya
 $Kapasitas_Panel_Surya = ET/Insolasi_Matahari \times 1,3$
 $= 420\ Wh/4,848 \times 1,3$
 $= 112,62\ Wp.....(3)$

(Menggunakan Panel Surya 120 WP)
 3. Kapasitas_Baterai
 $Ah = ET/Vs$
 $= 420\ Wh/12\ V$
 $= 35\ Ah.....(4)$

$Kapasitas_Baterai = Ah \times Autonomy\ Days/80\ %$
 $= 45\ Ah \times 1\ days/80\ %$
 $= 36\ Ah.....(5)$

4. Arus_SCC
 $Arus_SCC_Maks = Pmaks/Vs$
 $= 112,62\ Wp/12\ V$
 $= 9,38\ Ah.....(6)$

Kemudian cara kerja sistem dapat digambarkan dalam blok diagram Gambar 6.



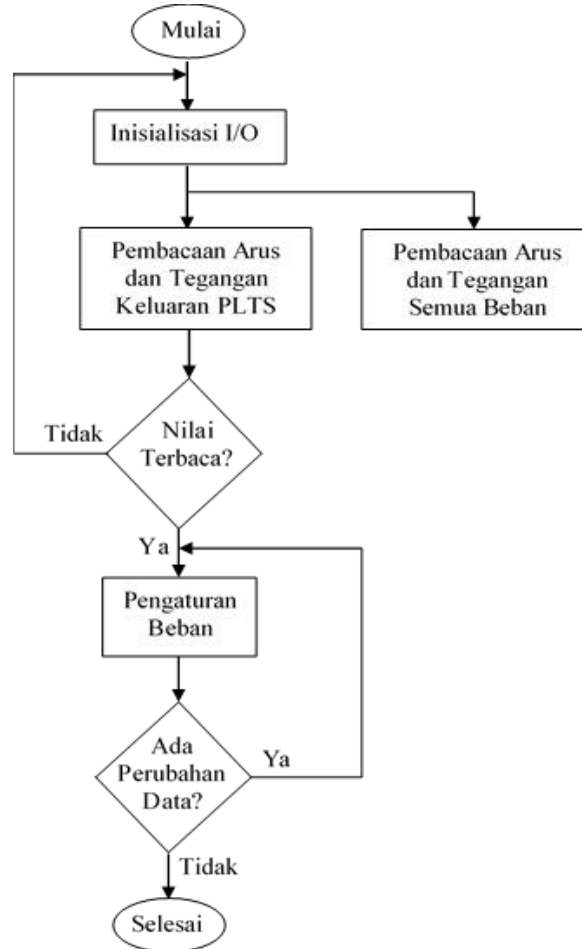
Gambar 6. Blok Diagram Sistem

Sistem pada gambar diatas beroperasi 24 jam (siang dan malam) sehingga dirancang dengan menggunakan baterai. Kestabilan dan kontinyuitas

dicapai dengan *setting* arus yang masuk > arus yang keluar pada siang hari, dan menerapkan *Load Shedding* (pemutusan beban) berdasarkan prioritas

beban yang disesuaikan dengan level atau kapasitas baterai. Garis putus-putus pada Gambar 6 mewakili topologi beban 1, dan ada 4 beban lainnya dengan topologi atau rangkaian yang sama. Algoritma *Multiple Sequence Alignment* digunakan untuk menentukan urutan data ketika terjadi beban yang 'OFF' secara tiba-tiba, sehingga dapat ditentukan urutan data prioritasnya pada *Load Shedding*. Pada diagram alir seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 7, Sensor PZEM-004T akan membaca data

arus dan tegangan keluaran dari PLTS, demikian juga arus dan tegangan yang mengalir ke semua beban. Arduino UNO sebagai kontroler akan mengatur beban yang terhubung sesuai dengan kondisi keluaran arus dan tegangan dari PLTS beserta kondisi level baterai. *Load Shedding* akan bekerja secara otomatis dengan memutuskan beban berdasarkan prioritasnya, jika kondisi level baterai menurun.



Gambar 7. Diagram Alir Sistem

Kemampuan fungsi kontrol ditingkatkan dengan menambahkan algoritma *Multiple Sequence Alignment*, yang bekerja jika ada pemutusan beban tiba-tiba dan tidak sesuai dengan prioritasnya, sehingga dapat ditentukan *similarity* urutan data

yang sesuai dengan prioritas yang ada dalam *database*. Tabel 1 adalah tabel prioritas beban, dengan prioritas tertinggi adalah beban yang akan 'OFF' paling akhir.

Tabel 1. Prioritas Beban

No	Jenis Beban	Daya (W)	Fungsi	Prioritas	Total Daya (W)
1	Wifi Router	4	Koneksi internet lokasi sekitar Lab	1	4
2	Lampu LED	8	Penerangan utama didepan Lab	2	8
3	Lampu LED	4 x 8	4 lampu untuk penerangan didalam lab	3	32
4	Charging Laptop	25	1 titik stop kontak untuk charging laptop dosen	4	25
5	Charging Gadget	8 x 4	8 titik stop kontak untuk charging gadget mahasiswa	5	32
					101

Database atau urutan data prioritas, jika disusun dalam bentuk matriks adalah seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Urutan Data Prioritas

5	4	3	2	1
-	4	3	2	1
-	-	3	2	1
-	-	-	2	1
-	-	-	-	1

Sedangkan jika disusun dalam bentuk urutan data arus beban adalah seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Urutan Data Arus Beban

2.6	2.1	2.6	0.6	0.3
-	2.1	2.6	0.6	0.3
-	-	2.6	0.6	0.3
-	-	-	0.6	0.3
-	-	-	-	0.3

Untuk berikutnya, urutan data tersebut akan dinamakan dengan *database*. Baterai dikondisikan dalam kondisi penuh awal dioperasikan, dan dijaga levelnya tidak sampai dibawah 30% dengan mengendalikan beban. Pada siang hari dan kondisi cerah atau intensitas cahaya matahari penuh, PLTS menghasilkan Tegangan antara 12,6 – 14,2 Volt dan arus 8,4 – 9,5 A sehingga cukup untuk

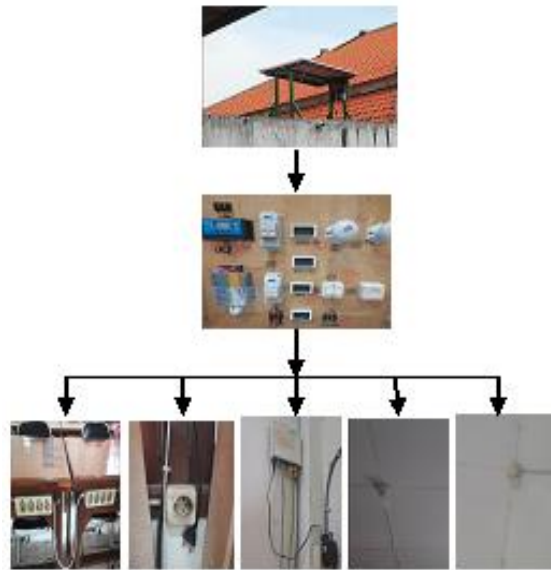
menyuplai beban penuh. Pada saat cuaca mendung atau pada malam hari dimana PLTS tidak mengeluarkan daya untuk *charging* baterai, maka *controller* akan bekerja mengatur beban dan melakukan *Load Shedding* untuk menjaga level baterai tidak sampai dibawah 30%. Hal yang diluar perhitungan adalah ketika ada beban yang 'OFF' diluar perencanaan (prioritas) dan belum diketahui beban mana yang 'OFF' tersebut, maka dengan menggunakan algoritma *Multiple Sequence Alignment*, dapat disusun lagi urutan prioritasnya berdasarkan *similarity* / kemiripan dengan data yang ada dalam *database*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi peralatan yang digunakan sebagai berikut:

1. Panel surya 120 WP.
2. Sensor PZEM-004T.
3. Arduino Uno R3.
4. LCD 16x2.
5. Baterai 12V 12 Ah.

Hasil dari perencanaan alat, seperti ditunjukkan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Realisasi Sistem

Pengujian prioritas beban dilaksanakan pada malam hari, dengan kondisi baterai penuh (level 100%) dan tentunya *No Charging*, dengan tanpa ada

pemutusan beban yang diluar urutan prioritas, disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Prioritas Beban (*Out*)

Level Baterai (%)	Tegangan (V)	Arus Output (A)	Aksi
70	12,2	6,4	Beban Prioritas 5 Lepas
60	12,2	3,5	Beban Prioritas 4 Lepas
50	12	0,9	Beban Prioritas 3 Lepas
40	12	0,3	Beban Prioritas 2 Lepas
30	11,8	0,3	Beban Prioritas 1 Tetap On

Level baterai 30% diatur pada pagi hari jam 06.00, dengan asumsi panel surya sudah mendapatkan intensitas sinar matahari yang cukup untuk *Charging* baterai, sehingga urutan beban masuk

adalah kebalikan dari tabel 4, disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Prioritas Beban (*In*)

Level Baterai (%)	Tegangan (V)	Arus Output (A)	Aksi
30	12,2	0,4	Beban Prioritas 1 Tetap On
60	12,4	1,1	Beban Prioritas 2 Masuk
70	13,4	3,7	Beban Prioritas 3 Masuk
80	13,8	6,5	Beban Prioritas 4 Masuk
90	12,6	9,2	Beban Prioritas 5 Masuk

Pada tabel 5, tegangan yang diukur melebihi 12 V menandakan bahwa panel surya me-charge baterai dan menyuplai beban. Pengujian berikutnya adalah ketika beban lepas, baik secara sengaja maupun tidak sengaja, tetapi tidak sesuai dengan kondisi

prioritas yang sudah diatur oleh *controller* (Kasus 1), maka penentuan prioritasnya menggunakan algoritma *Multiple Sequence Alignment (MSA)* seperti pada pengujian berikut, sistem *full load* atau semua beban disuplai oleh sistem dengan level

baterai awal 100%, kemudian beban prioritas 2 ditampilkan pada tabel 6. lepas, maka *Alignment* terhadap *database* seperti

Tabel 6. *Alignment* Kasus 1

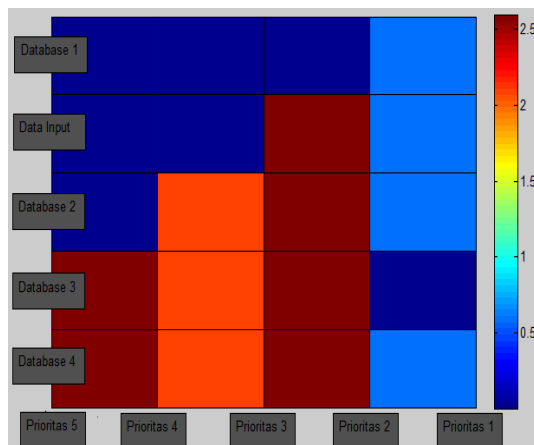
		Data Input					
		5	4	3	2	1	
		2,6	2,1	2,6	-	0,3	
Data Base	5	0	-1	-2	-3	-4	-5
	4	2,6	-1	1	1	1	1
	3	2,1	-2	1	2	2	2
	2	2,6	-3	1	2	3	3
	1	0,6	-4	1	2	3	4
	1	0,3	-5	1	2	3	4

Sehingga hasil *Alignment*-nya dapat ditulis sebagai berikut:

2,6 2,1 2,6 - 0,3 (data input)

| | | | |
2,6 2,1 2,6 0,6 0,3 (*similar* dengan *database* 1)

Pembandingan urutan / *sequence* data antara data input dengan *database* menggunakan *pseudocolor* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9, dimana data input juga *similar* dengan *database* 1.



Gambar 9. *Pseudocolor* data input dengan *database*

Dari proses *alignment* yang menghasilkan *similarity* dengan *database*1, maka ketika beban prioritas 2 lepas seperti pada kasus 1, maka *controller* akan menerapkan *database* 1 (*full load*) dalam pengaturan bebannya, sampai level baterai turun dan *controller* melakukan fungsi *load shedding* sesuai dengan prioritas yang sudah dirancang dari awal.

KESIMPULAN

Dengan menerapkan *monitoring* dan *control* pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dimana pada penelitian ini memantau level baterai dan melakukan pengaturan beban atau *Load Shedding*, maka PLTS dapat beroperasi 24 jam

tanpa henti siang dan malam atau bersifat adaptif, sekaligus juga melindungi baterai dari *drop* tegangan, dimana baterai pada sistem PLTS adalah komponen yang paling sering rusak. Ditambahkannya algoritma *Multiple Sequence Alignment (MSA)*, akan menjamin prioritas beban akan sesuai dengan skenario, meskipun ada pemutusan beban secara tiba-tiba.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didedikasikan kepada mahasiswa Teknik Elektro UMG yang selama ini aktif di Laboratorium Rangkaian Listrik dan Elektronika E3.08, banyak membantu.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Anonim, 2017. Kajian Potensi Energi Surya di Indonesia. Online: icare-indonesia.org.
- [2] ESDM, 2018. Pemanfaatan Sumber Energi Surya di Indonesia Masih Sangat Kecil. Online: KOMPAS.com.
- [3] Anonim, 2016. Chapter II Panel Surya. Online: digilib.its.ac.id.
- [4] <https://solarpanelsurya.net/panel-surya-100-wp-polycrystalline.html>
- [5] Bahar, K. A. al, & Kusumah, C. W. (2021). Perencanaan PLTS Untuk Rumah Tinggal Dengan Kapasitas Daya Terpasang 450 VA. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 9(2), 12–21.
- [6] Sukarma, I. N., Ardana, I. W. R., & Pasek, I. K. P. (2019). Sistem PLTS Untuk Peternak Ayam Broiler Di Desa Selanbawak, Kecamatan Marga, Kabupaten Tabanan, Bali. *Jurnal BHAKTI PERSADA*, 5(1), 184–192.
- [7] Kaban, S. A., Jafri, M., & Gusnawati. (2020). Optimalisasi Penerimaan Intensitas Cahaya Matahari Pada Permukaan Panel Surya (Solar Cell) Menggunakan Cermin. *Jurnal Fisika, Jurnal Elektrikal*, Volume 8 No. 2, Desember 2021, 45-52 53 5(2), 108–117.
- [8] Ishak, L. F., & Kurniawan, B. I. (2021). Rancang Bangun Panel Automatic Transfer Switch (ATS) Untuk Daya Satu Fasa Berbasis Web Server. *JURNAL LITEK: Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, 18(2), 71–77.
- [9] Sardi, J., & Risfendra. (2019). Sistem Tenaga Listrik Berbasis Hybrid Pada Alat Penetas Telur Puyuh. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 5(2), 110–118.
- [10] Wahyudi, I. W. P. D. (2021). Pembangkit Hibrida Panel Surya Dan Lintasan Catu PLN. *E-Proceeding of Engineering*, 8(1), 25–33.
- [11] Wibowo, Fatwa Y. H. (2017). Pembuatan Sistem Kontrol Berbasis Mikrokontroler Arduino. Skripsi Institut Pertanian Bogor (IPB).
- [12] Anwar, S. al. (2019) Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* 3(1).
- [14] Isaev Alexander, “Introduction to Mathematical Methods in Bioinformatics,” Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co.k, 2014.
- [15] Irawan, D. al. (2016) “*Adaptive Overcurrent Relays Coordination Based on Multiple Sequence Alignment Algorithm (MSA)*”. International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)