

## PENGEMBANGAN MEDIA *CHLORO VOLT* SEBAGAI INOVASI PEMBELAJARAN KONVERSI ENERGI SURYA MENJADI ENERGI LISTRIK DALAM BIDANG MATEMATIKA DAN IPA

*Development of Chloro Volt Media as a Learning Innovation for Solar Energy Conversion into Electrical Energy in the Fields of Mathematics and Science*

**Muhammad Rahman Prihadi**

S1 Pendidikan Matematika Universitas Negeri Surabaya  
Email: mrahman.21053@mhs.unesa.ac.id

**Betita Nadia Fernanda**

S1 Pendidikan Matematika Universitas Negeri Surabaya  
Email: betitanadia.21016@mhs.unesa.ac.id

### **Abstract**

*This research aims to develop Chloro Volt learning media as an innovation in understanding the principle of converting solar energy into electrical energy using chlorophyll from water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). The development was carried out through a series of stages ranging from chlorophyll extraction, anode and cathode manufacturing, system assembly, to performance testing. The research method includes three phases of testing: initial trial, improvement trial, and final trial, with parameter variations including chlorophyll layer thickness, graphite thickness, and conductivity area position. The results showed a significant improvement from the unstable voltage in the initial test (1-160 mV) to a more stable range of 0.005-0.007 mV in the final result. Factors affecting the performance of the system include the thickness of the chlorophyll layer, lighting conditions, and the position of the conductivity area, with the optimal configuration found in the combination of thick chlorophyll layer and direct sunlight exposure. This research proves the potential of water hyacinth as a natural dye source in solar energy conversion systems, while offering a practical and economical learning solution to understand the working principle of dye-sensitized solar cells. The developed Chloro Volt can be a learning media for the conversion of solar energy into environmentally friendly electrical energy in schools. It can also be used in learning math and science.*

*Keywords: Chloro Volt, energy conversion, water hyacinth, chlorophyll, dye-sensitized solar cells*

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran *Chloro Volt* sebagai inovasi dalam memahami prinsip konversi energi surya menjadi energi listrik menggunakan klorofil dari eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Pengembangan dilakukan melalui serangkaian tahapan mulai dari ekstraksi klorofil, pembuatan anoda dan katoda, perakitan sistem, hingga pengujian kinerja. Metode penelitian meliputi tiga fase pengujian: uji coba awal, uji coba perbaikan, dan uji coba akhir, dengan variasi parameter meliputi ketebalan lapisan klorofil, ketebalan grafit, dan posisi area konduktivitas. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan dari voltase yang tidak stabil pada pengujian awal (1-160 mV) menjadi lebih stabil dengan rentang 0.005-0.007 mV pada hasil akhir. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja sistem meliputi ketebalan lapisan klorofil, kondisi pencahayaan, dan posisi area konduktivitas, dengan konfigurasi optimal ditemukan pada kombinasi lapisan klorofil tebal dan paparan sinar matahari langsung. Penelitian ini membuktikan potensi eceng gondok sebagai sumber *dye* alami dalam sistem konversi energi surya, sekaligus menawarkan solusi pembelajaran yang praktis dan ekonomis untuk memahami prinsip kerja sel surya tersensitasi *dye*. *Chloro Volt* yang dikembangkan dapat menjadi media pembelajaran konversi energi surya menjadi energi listrik yang ramah lingkungan di sekolah. Juga dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran matematika dan IPA.

**Kata Kunci:** *Chloro Volt*, konversi energi, eceng gondok, klorofil, sel surya tersensitasi *dye*

### **PENDAHULUAN**

Ketahanan energi menjadi salah satu isu strategis yang dihadapi Indonesia di tengah meningkatnya kebutuhan energi dan keterbatasan cadangan energi fosil. Berdasarkan data Kementerian ESDM (2023), konsumsi energi Indonesia diproyeksikan meningkat dari 1.321 juta SBM pada tahun 2022 menjadi 2.219 juta SBM pada tahun 2050, dengan pertumbuhan rata-rata 1,9% per tahun. Ketahanan energi di Indonesia berisiko terancam jika semua pemangku kepentingan terus mengandalkan sumber energi yang tidak terbarukan. Jumlah energi yang dibutuhkan berbanding lurus dengan pertumbuhan ekonomi dan peningkatan

kepadatan penduduk (Alnavis dkk., 2024). Data BPS (2023) menunjukkan pertumbuhan penduduk Indonesia mencapai 1,1% per tahun, yang berimplikasi pada peningkatan kebutuhan energi. Peningkatan kebutuhan energi yang signifikan, disertai dengan dampak lingkungan dari penggunaan energi fosil, mendorong pencarian solusi energi terbarukan yang inovatif dan berkelanjutan. Perkembangan energi terbarukan menjadi salah satu hal yang perlu dilakukan agar menjadi sumber energi di masa depan yang berkelanjutan dan dapat dimanfaatkan oleh semua masyarakat (Sianipar dkk., 2024).

Salah satu solusi yang menjanjikan adalah pengembangan teknologi untuk mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Pemanfaatan energi dari matahari ini dapat dilakukan dengan menggunakan *photovoltaic cell* atau yang lebih dikenal sebagai *solar cell*. Perkembangan teknologi solar cell telah menghasilkan pembangkit tenaga listrik dengan tenaga surya generasi terbaru yang dikenal dengan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) (Fitri, 2022). DSSC bekerja dengan prinsip fotokimia, dimana *dye* berperan sebagai sensitizer yang menyerap foton dan menghasilkan elektron untuk dikonversi menjadi listrik. Menurut penelitian Rahman dkk. (2023), DSSC menunjukkan efisiensi konversi energi mencapai 12-14%, dibandingkan dengan sel surya silikon konvensional yang mencapai 10-12%, dengan biaya produksi 40-50% lebih rendah.

*Dye* yang digunakan sebagai sumber sensitizer dalam penelitian ini berasal dari tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Meskipun sering dianggap sebagai gulma yang mengganggu, eceng gondok tersedia melimpah dan menyimpan potensi besar dalam pengembangan teknologi konversi energi (Maslami dkk., 2024). Hasil analisis fitokimia menunjukkan bahwa eceng gondok mengandung klorofil-a sebesar 1,76 mg/g dan klorofil-b sebesar 0,98 mg/g (Wulanawati dkk., 2024), yang dapat meningkatkan reaksi oksidasi di anoda untuk menghasilkan energi listrik. Dibandingkan dengan sumber *dye* alami lainnya seperti bayam (0,82 mg/g klorofil-a) dan kangkung (0,94 mg/g klorofil-a) (Pratiwi et al., 2023), eceng gondok memiliki kandungan klorofil yang lebih tinggi. Pemanfaatan eceng gondok tidak hanya menawarkan solusi energi berkelanjutan, tetapi juga membantu mengatasi permasalahan lingkungan akibat penyebarannya yang tidak terkendali.

Untuk mengenalkan teknologi DSSC kepada generasi muda, dikembangkan media pembelajaran *Chloro Volt* yang merupakan kit praktikum *portable* berbasis proyek untuk memahami prinsip konversi energi surya menjadi energi listrik. Media *Chloro Volt* dirancang dengan komponen utama berupa elektroda berbasis grafit, lapisan *dye* klorofil, elektrolit, dan sistem pengukuran tegangan terintegrasi. Berdasarkan studi pendahuluan (Hidayat dkk., 2023), penggunaan kit praktikum sejenis menunjukkan peningkatan pemahaman konsep sebesar 45% dibanding metode konvensional. *Chloro Volt* mengintegrasikan komponen-komponen DSSC dalam format yang lebih sederhana namun tetap mempertahankan esensi prinsip kerja sel surya tersensitasi *dye*, dengan keunggulan berupa portabilitas tinggi, biaya produksi rendah, dan kemudahan dalam penggantian komponen (Nugroho, 2022).

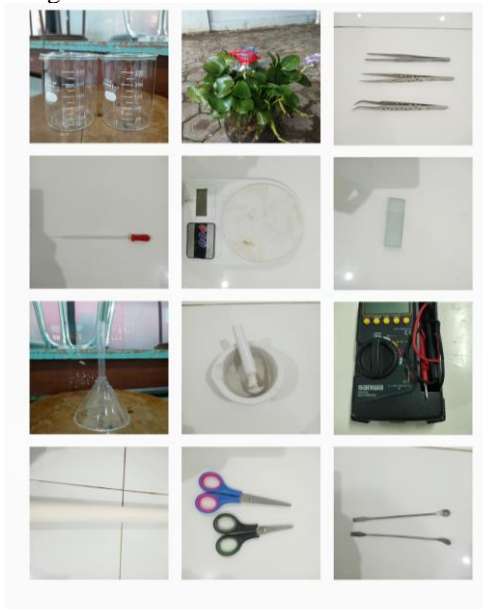
Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengembangkan prototipe *Chloro Volt* sebagai sistem konversi energi surya menjadi energi listrik berbasis klorofil dari eceng gondok, (2) menganalisis kinerja dan stabilitas *Chloro Volt* melalui serangkaian pengujian, meliputi uji coba awal, uji coba perbaikan, dan uji coba akhir, serta (3)

mengoptimasi parameter sistem seperti ketebalan lapisan klorofil, ketebalan grafit, dan posisi area konduktivitas untuk meningkatkan efisiensi konversi energi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi konversi energi terbarukan yang sederhana, ekonomis, dan ramah lingkungan.

**METODE**

**Mempersiapkan Alat dan Bahan**

Penelitian ini membutuhkan beberapa alat dan bahan yaitu Kaca ITO berukuran 2cm x 2cm, *chopper* atau mortar untuk menghaluskan bahan, gelas kimia 250 ml untuk proses pencampuran larutan, corong kaca untuk membantu proses penyaringan, spatula atau sendok untuk mengambil bahan, pipet tetes untuk mengambil larutan dengan presisi, pinset untuk penanganan bahan yang memerlukan ketelitian, multimeter digital untuk pengukuran voltase, klip kertas sebagai penjepit, dan aluminium foil serta botol gelap untuk penyimpanan. Untuk bahan-bahan yang diperlukan terdiri dari daun eceng gondok sebanyak 75 gram sebagai sumber klorofil, alkohol 70% sebanyak 150 ml sebagai pelarut, kalium iodida sebagai elektrolit, bubuk grafit pensil 2B sebagai konduktor, dan kertas saring untuk proses penyaringan.



Gambar 1. Alat dan Bahan

**Variabel**

Eksperimen ini terdiri dari 3 jenis variabel, yaitu variabel bebas, terikat, dan variabel kontrol

Variabel - variabel tersebut dirinci dalam tabel 1

Tabel 1 Parameter Eksperimen

Jenis Variabel	Variabel	Keterangan
Variabel Bebas	Jumlah klorofil dari daun eceng gondok, Konsentrasi larutan elektrolit (kalium	Variabel yang dapat dimanipulasi untuk melihat

	iodida), dan Intensitas cahaya	pengaruhnya terhadap hasil
Variabel Terikat	Voltase yang dihasilkan dan Kuat arus listrik	Variabel yang diukur sebagai hasil dari perubahan variabel bebas
Variabel Kontrol	Ukuran kaca ITO (2cm x 2cm), Jenis pelarut (alkohol 70%), Suhu ruangan, Jenis grafit (pensil 2B), dan Waktu pengukuran	Variabel yang dijaga tetap konstan selama eksperimen

**Prosedur Pembuatan**

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan, mulai dari 1 September hingga 14 Desember di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Negeri Surabaya. Tahapan pembuatan *Chloro Volt* dibedakan menjadi 4 tahapan yaitu 1) tahap Ekstraksi, 2) tahap pembuatan anoda dan katoda, 3) tahap perakitan kaca ITO, dan 4) tahap pengujian arus listrik.

**Tahap Ekstraksi**

Proses dimulai dengan menimbang daun eceng gondok sebanyak 75 gram atau sesuai kebutuhan untuk memastikan jumlah bahan yang digunakan tepat. Daun yang telah ditimbang kemudian dihaluskan menggunakan mortar atau *chopper* hingga teksturnya menjadi lembut. Selanjutnya, ditambahkan 50 ml alkohol 70% ke dalam campuran daun yang telah dihaluskan untuk memulai proses pelarutan klorofil. Setelah itu, campuran dihaluskan kembali agar pelarutan lebih maksimal. Penambahan alkohol dilakukan sekali lagi dengan volume yang sama, yaitu 50 ml, diikuti dengan penghalusan lanjutan untuk memastikan klorofil benar-benar terlarut.



**Gambar 2.** Proses menimbang, menghaluskan, dan penambahan alkohol

Setelah proses penghalusan selesai, campuran dimasukkan ke dalam wadah yang ditutup rapat menggunakan aluminium foil untuk melindunginya dari paparan cahaya. Wadah tersebut kemudian dibiarkan selama 15 menit, memberikan waktu bagi klorofil untuk larut sepenuhnya dalam alkohol. Setelah pendiaman, campuran diperas dan disaring menggunakan kertas saring dua lapis untuk memisahkan ekstrak klorofil dari ampas daun. Hasil penyaringan berupa cairan hijau yang mengandung klorofil murni.



**Gambar 3.** Proses memeras, menyaring, dan menyimpan ekstrak klorofil

Ekstrak klorofil yang telah diperoleh kemudian disimpan dalam botol gelap untuk melindunginya dari kerusakan akibat cahaya. Sebagai langkah akhir, botol berisi ekstrak dimasukkan ke dalam kulkas selama 15 menit untuk menstabilkan kandungan klorofil. Proses ini memastikan kualitas ekstrak tetap terjaga dan siap digunakan untuk berbagai keperluan



**Gambar 4.** Proses menyimpan di dalam botol gelap dan kulkas

**Tahap Pembuatan Anoda dan Katoda**

Tahap awal dimulai dengan sterilisasi kaca ITO menggunakan alkohol. Kemudian dilakukan pengecekan konduktivitas pada kedua sisi kaca ITO dengan multimeter untuk menentukan sisi konduktif dan non-konduktif. Pembuatan anoda dilakukan dengan meneteskan ekstrak klorofil secara merata ke permukaan non-konduktif kaca ITO pertama. Setelah itu, anoda dikeringkan dengan kipas sampai kering. Untuk pembuatan katoda, isi pensil 2B diparut untuk mendapatkan bubuk grafit. Bubuk grafit ini kemudian dituangkan ke permukaan non-konduktif kaca ITO kedua sebagai katoda.



**Gambar 5.** Proses pembuatan anoda dan katoda

**Tahap Perakitan Kaca ITO**

Proses perakitan dimulai dengan menempelkan kaca ITO pertama yang telah dilapisi ekstrak klorofil dengan kaca ITO kedua yang dilapisi grafit. Pada saat penempelan, kedua kaca harus digeser sejauh 0,5 cm untuk memastikan lapisan ekstrak klorofil dan grafit saling menempel dengan erat sehingga terjadi kontak yang baik antara kedua material tersebut. Setelah posisinya tepat, kedua sisi kaca - yaitu sisi kanan dan kiri - dijepit menggunakan klip kertas untuk menjaga agar posisi kaca tidak bergeser dan tetap stabil. Tahap akhir perakitan adalah meneteskan larutan kalium iodida (KI) ke bagian dalam susunan kaca. Larutan KI harus diteteskan secara menyeluruh dan merata untuk memastikan seluruh area aktif terlapisi elektrolit yang akan membantu proses transfer elektron dalam sel surya.



**Gambar 6.** Proses perakitan kaca ITO dan pemberian elektrolit KI

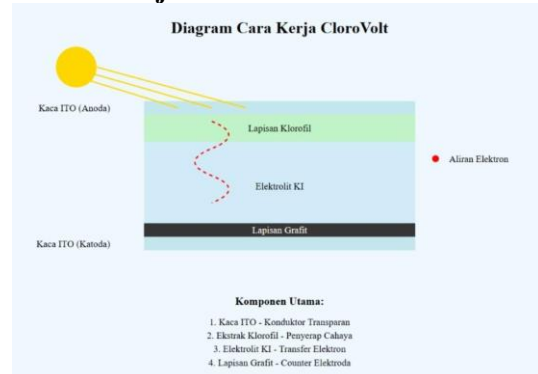
**Tahap Pengujian Arus Listrik**

Pengujian diawali dengan meletakkan kaca ITO di bawah sinar matahari selama 2-5 menit. Setelah itu, multimeter dihubungkan dengan menempelkan kubu positif pada salah satu celah kaca ITO dan kubu negatif pada celah lainnya. Pengukuran tegangan listrik kemudian dilakukan menggunakan multimeter. Dalam proses pengujian, perlu diperhatikan beberapa hal, jika tegangan menunjukkan angka negatif, ini berarti posisi kubu positif dan negatif terbalik. Sedangkan jika nilai tegangan terus berubah-ubah, hal ini menandakan tidak ada tegangan listrik yang dihasilkan di dalam kaca ITO. Bila hal ini terjadi, pengujian harus diulang dengan meneteskan kembali larutan tersebut ke dalam kaca ITO, dengan memastikan larutan tersebar secara menyeluruh di dalam kaca. Ketika angka tegangan listrik yang terukur menunjukkan nilai yang konstan, ini mengindikasikan bahwa terdapat tegangan listrik yang stabil di dalam kaca ITO.



**Gambar 7.** Pengujian arus listrik menggunakan multimeter digital

**Mekanisme kerja *Chloro Volt***



**Gambar 8.** Mekanisme Kerja *Chloro Volt*

Mekanisme kerja *Chloro Volt* dimulai ketika sinar matahari mengenai kaca ITO yang berfungsi sebagai anoda. Cahaya matahari ini akan diserap oleh lapisan klorofil yang berperan sebagai penyerap cahaya. Ketika klorofil menyerap energi dari cahaya matahari, elektron-elektron pada klorofil akan tereksitasi dan mengalir



melalui elektrolit KI (Kalium Iodida). Elektrolit KI ini berperan penting sebagai medium transfer elektron, membantu elektron-elektron bergerak dari lapisan klorofil menuju ke lapisan grafit. Lapisan grafit yang berada pada kaca ITO katoda berfungsi sebagai counter elektroda yang menerima elektron-elektron tersebut. Aliran elektron yang terjadi secara terus menerus dari anoda ke katoda inilah yang menghasilkan arus listrik. Proses ini akan terus berlangsung selama ada cahaya matahari yang mengenai permukaan sel surya *ChloroVolt*, menghasilkan energi listrik yang dapat dimanfaatkan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Uji Coba Awal**



**Gambar 9.** Uji Coba Pertama

Hasil pengukuran awal menunjukkan nilai voltase yang sangat tidak stabil dengan fluktuasi ekstrim antara angka tinggi (120-160 mV) hingga sangat rendah (1-5 mV). Ketidakstabilan ini mengindikasikan adanya gangguan pada sistem, kemungkinan disebabkan oleh kontak yang buruk antar komponen, persebaran grafit tidak merata, atau reaksi kimia yang belum optimal. Nilai yang tidak masuk akal dan berubah drastis ini menunjukkan bahwa *Chloro Volt* belum berfungsi sebagai sistem konversi energi yang efektif dan memerlukan perbaikan mendasar. Berikut disajikan tabel data pengukuran awal *Chloro Volt* menggunakan multimeter digital.

**Tabel 2.** Data Pengukuran Awal

Percobaan ke-	Hasil Pengukuran (mV)	Keterangan
1	160 → 4 → 89	Tidak stabil
2	120 → 3 → 45	Berfluktuasi ekstrim
3	140 → 2 → 67	Nilai acak
4	155 → 5 → 78	Sangat tidak konstan
5	130 → 1 → 56	Perubahan drastis

**Hasil Setelah Perbaikan Pertama**



**Gambar 10.** Uji Coba Perbaikan

Setelah mendapati hasil pengukuran awal yang tidak stabil dengan nilai voltase yang berfluktuasi ekstrem (antara 160 mV hingga 1 mV), kami melakukan beberapa percobaan pada sistem *Chloro Volt*. Percobaan difokuskan pada pengaturan ketebalan lapisan klorofil dan grafit, serta memperhatikan posisi penempatan komponen pada area konduktivitas. Hal ini dilakukan untuk mengatasi ketidakstabilan voltase yang mungkin disebabkan oleh persebaran komponen yang tidak merata dan kontak yang kurang baik antar komponen.

Pada percobaan ini, kami melakukan serangkaian pengujian dengan berbagai variasi kondisi untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *Chloro Volt*. Pengujian dilakukan dengan memanipulasi empat variabel utama yaitu ketebalan lapisan klorofil, ketebalan grafit, posisi area konduktivitas, dan kondisi pencahayaan. Dari delapan kombinasi yang diuji, ditemukan bahwa ketebalan lapisan klorofil memberikan pengaruh signifikan terhadap voltase yang dihasilkan, dimana lapisan klorofil yang tebal menghasilkan voltase lebih tinggi (0.003 mV) dibandingkan lapisan tipis (0.001 mV).

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa kondisi pencahayaan menjadi faktor kritis dalam proses konversi energi. Percobaan yang dilakukan di bawah sinar matahari cenderung menghasilkan voltase yang terukur, sedangkan pengujian dalam ruang gelap sebagian besar tidak menghasilkan voltase. Menariknya, posisi area konduktivitas tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap voltase yang dihasilkan, karena baik di area maupun tidak di area konduktivitas dapat menghasilkan nilai voltase yang sama pada kondisi

ketebalan klorofil yang serupa. Berikut diberikan tabel data hasil setelah perbaikan pertama.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Variasi Ketebalan dan Kondisi *Chloro Volt*

Percobaan ke-	Ketebalan Klorofil	Ketebalan Grafit	Area Konduktivitas	Pencahayaan	Hasil (mV)	Status
1	Tipis	Tebal	Di area	Sinar matahari	0,001	✓
2	Tipis	Tebal	Di area	Ruang gelap	-	✗
3	Tebal	Tebal	Di area	Sinar matahari	0,003	✓
4	Tebal	Tebal	Di area	Ruang gelap	-	✗
5	Tipis	Tebal	Tidak di area	Sinar matahari	0,001	✓
6	Tipis	Tebal	Tidak di area	Ruang gelap	-	✗
7	Tebal	Tebal	Tidak di area	Sinar matahari	0,003	✓
8	Tebal	Tebal	Tidak di area	Ruang gelap	-	✗

**Hasil Akhir**



**Gambar 11.** Hasil Akhir Pengujian

Setelah melakukan serangkaian perbaikan pada sistem, hasil pengujian menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam stabilitas dan besaran voltase yang dihasilkan. Pada pengujian lanjutan, voltase yang dihasilkan mencapai nilai yang lebih tinggi dan stabil, dengan beberapa konfigurasi mencapai 0.6V untuk kombinasi klorofil tipis dan grafit tebal di area konduktivitas di bawah sinar matahari, serta 0.5V untuk konfigurasi klorofil tebal. Peningkatan ini menunjukkan kemajuan substansial dibandingkan hasil awal yang hanya mencapai 0.003 mV untuk lapisan klorofil tebal dan 0.001 mV untuk lapisan tipis.

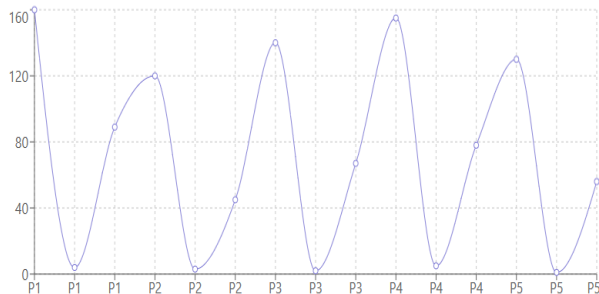
Temuan baru juga mengkonfirmasi pentingnya faktor pencahayaan, dimana eksperimen di bawah sinar matahari secara konsisten menghasilkan voltase yang terukur dan stabil. Namun, berbeda dengan hasil sebelumnya, posisi area konduktivitas kini menunjukkan pengaruh yang lebih signifikan terhadap kinerja sistem, dengan satu pengecualian menarik dimana konfigurasi klorofil tebal dan grafit tebal di luar area konduktivitas dalam ruang gelap berhasil menghasilkan voltase tertinggi sebesar 0.7V. Hasil-hasil ini mengindikasikan bahwa modifikasi yang dilakukan pada sistem telah berhasil meningkatkan efisiensi dan stabilitas *Chloro Volt* secara keseluruhan. Berikut diberikan tabel data hasil akhir pengujian *Chloro Volt*.

Tabel 4. Hasil Akhir Pengujian *Chloro Volt*

Percobaan ke-	Ketebalan Klorofil	Ketebalan Grafit	Area Konduktivitas	Pencahayaannya	Hasil (mV)	Status
1	Tipis	Tebal	Di area	Sinar matahari	0,006	✓
2	Tipis	Tebal	Di area	Ruang gelap	-	✗
3	Tebal	Tebal	Di area	Sinar matahari	0,005	✓
4	Tebal	Tebal	Di area	Ruang gelap	-	✗
5	Tipis	Tebal	Tidak di area	Sinar matahari	0,006	✓
6	Tipis	Tebal	Tidak di area	Ruang gelap	-	✗
7	Tebal	Tebal	Tidak di area	Sinar matahari	0,007	✓
8	Tebal	Tebal	Tidak di area	Ruang gelap	-	✗

**Perbandingan Uji Coba**

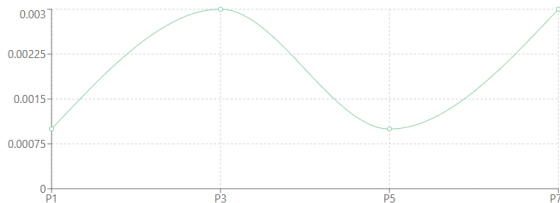
Grafik Pengukuran Awal (mV)



**Gambar 12.** Hasil Pengukuran Awal

Pada pengukuran awal Data menunjukkan fluktuasi ekstrim dengan rentang voltase 160 mV hingga 1 mV. Grafik memperlihatkan ketidakstabilan yang signifikan dengan pola penurunan tajam pada setiap percobaan. Nilai voltase tertinggi mencapai 160 mV pada percobaan pertama, namun mengalami penurunan drastis hingga 4 mV sebelum kembali naik ke 89 mV. Pola serupa terlihat pada percobaan lainnya, mengindikasikan sistem yang sangat tidak stabil dengan perubahan voltase yang tidak terprediksi.

Grafik Uji Coba Perbaikan (mV)

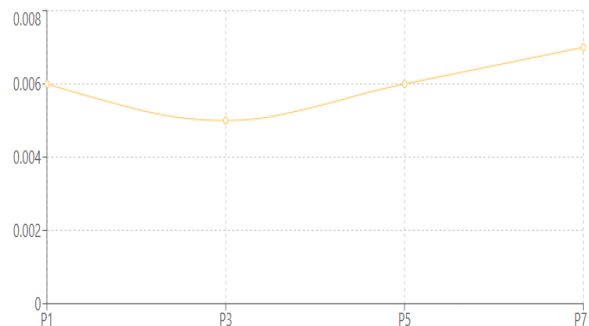


**Gambar 13.** Hasil Uji Coba Perbaikan

Setelah modifikasi sistem, grafik menunjukkan stabilitas yang lebih baik meskipun dengan magnitudo voltase yang lebih rendah (0.001-0.003 mV). Hanya

empat percobaan yang menghasilkan voltase terukur, semuanya dalam kondisi paparan sinar matahari. Data menunjukkan konsistensi yang lebih baik, dengan variasi voltase yang lebih kecil antara percobaan. Konfigurasi dengan klorofil tebal menghasilkan voltase lebih tinggi (0.003 mV) dibanding klorofil tipis (0.001 mV).

Grafik Hasil Akhir (mV)



**Gambar 14.** Hasil Pengukuran Akhir

Grafik hasil akhir mendemonstrasikan peningkatan substansial dalam stabilitas dan magnitudo voltase. Voltase terukur berkisar antara 0.005-0.007 mV, dengan pola yang lebih konsisten. Percobaan ke-7 mencapai voltase tertinggi (0.007 mV) dengan konfigurasi klorofil tebal di luar area konduktivitas. Semua percobaan dengan paparan sinar matahari menghasilkan voltase yang terukur dan stabil.

Perbandingan keseluruhan menunjukkan *trade-off* antara magnitudo voltase dan stabilitas. Meskipun voltase pada pengukuran awal lebih tinggi, ketidakstabilannya membuat sistem tidak reliabel. Tahap perbaikan berhasil meningkatkan stabilitas namun dengan voltase yang lebih rendah. Hasil akhir mencapai keseimbangan optimal antara stabilitas dan efisiensi, dengan peningkatan voltase yang signifikan dibanding tahap perbaikan serta stabilitas yang jauh

lebih baik dibanding pengukuran awal. Pola ini mengindikasikan optimasi sistem yang berhasil dalam mengatasi masalah ketidakstabilan awal sambil mempertahankan efisiensi konversi energi. Aspek-aspek pembelajaran yang dapat diimplementasikan dengan media *Chloro Volt* yang dikembangkan, misalnya dalam bidang matematika dapat melatih pembuatan tabel dan grafik sebagai salah satu cara penyajian data. Potensi menanamkan konsep formula deret angka di dalam matematika

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan media *Chloro Volt* sebagai sistem konversi energi surya menjadi energi listrik, dapat disimpulkan beberapa hal:

1. *Chloro Volt* berhasil dikembangkan sebagai sistem konversi energi surya berbasis klorofil dari eceng gondok dengan komponen utama berupa elektroda berbasis grafit, lapisan *dye* klorofil dari eceng gondok, dan elektrolit kalium iodida (KI).

2. Kinerja *Chloro Volt* mengalami peningkatan signifikan setelah melalui serangkaian optimasi, dari hasil awal yang tidak stabil (1-160 mV) menjadi lebih stabil dengan voltase 0.005-0.007 mV pada hasil akhir.

3. Parameter sistem yang mempengaruhi kinerja *Chloro Volt* meliputi:

Ketebalan lapisan klorofil, dengan lapisan tebal menghasilkan voltase lebih tinggi; Kondisi pencahayaan, dimana sinar matahari langsung menghasilkan voltase yang lebih stabil; dan Posisi area konduktivitas yang mempengaruhi efisiensi transfer elektron

4. Media yang dikembangkan sangat potensial untuk dimanfaatkan dalam pembelajaran utamanya bidang matematika dan IPA.

### Saran

Berikut ini pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan stabilitas dan efisiensi konversi energi, termasuk eksperimen dengan berbagai konsentrasi elektrolit dan metode deposisi lapisan klorofil.

2. Pengembangan sistem pengukuran yang lebih presisi untuk mengevaluasi kinerja *Chloro Volt* dalam jangka panjang.

3. Eksplorasi potensi penggunaan bahan alternatif selain eceng gondok sebagai sumber *dye* alami untuk meningkatkan efisiensi konversi energi.

4. Penyempurnaan desain untuk meningkatkan portabilitas dan ketahanan sistem, sehingga lebih aplikatif untuk pembelajaran di berbagai kondisi.

5. Implementasi media yang dikembangkan dalam berbagai bidang studi terkait perlu segera dilakukan untuk memanfaatkan semaksimal mungkin hasil pengembangan.

## DAFTAR PUSTAKA

Alnavis, N. B., Wirawan, R. R., Solihah, K. I., & Nugroho, V. H. (2024). Energi listrik berkelanjutan:

Potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia. *Journal of Innovation Materials, Energy, and Sustainable Engineering*, 1(2), 119–139. <https://doi.org/10.61511/jimese.v1i2.2024.544>

Fitri, I. I. (2022). PENGARUH TEMPERATUR KALSINASI GRAFIT-TiO<sub>2</sub> TERHADAP PERFORMA DYE SENSITIZER SOLAR CELL (DSSC) BERBASIS DYE DARI DAUN SUJI .... *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 2(4).

<https://www.bajangjournal.com/index.php/JIRK/article/view/3473>

Maslami, V., Purnamasari, D. K., Wiryawan, K. ., Erwan, Syamsuhaidi, Noersidiq, A., Fahrullah, & Hidayah, H. (2024). Pengaruh Dosis Inokulum dan Lama Fermentasi Eceng Gondok dengan. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 26(3), 138–146. <https://doi.org/10.25077/jpi.26.3.138-146.2024>

Nugroho, A., Pradanawati, S. A., Buys, Y. F., Dahliyanti, A., Floresyona, D., Rahmawan, Y., Mayangsari, T. R., Ratri, P. J., & Adhyaksa, G. W. P. (2022). Pelatihan Pembuatan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Sederhana untuk Siswa SMP 161 Jakarta. *Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7(1), 27–32. <https://doi.org/10.30656/jpmwp.v7i1.5445>

Sianipar, R. J., Januar, R. R., & Silalahi, S. D. C. (2024). Analisis Pemetaan Potensi dan Realisasi Energi Baru Terbarukan (EBT) dengan Pemodelan Determinan Konsumsi dan Metode Grouping Analysis EBT di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(2), 30–49. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.22970>

Wulanawati, A., Hairunnisa, H., Sinaga, F. W., & Islami, Y. A. (2024). Pemanfaatan Eceng Gondok dan Crude Palm Oil sebagai Bioaditif Bahan Bakar Kendaraan Bermotor. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 10(2), 252–265. <https://doi.org/10.29303/jstl.v10i2.598>