BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

4.1.1 Data Hasil Pengujian

(Terlampir)

4.1.2 Contoh Perhitungan Data

Untuk contoh perhitungan data hasil pengujian elektroliser terhadap produktivitas brown's gas dan efisiensi elektroliser, diambil dari data pengujian hari ke tiga dari sistem *direct photovoltaic* pada rata – rata pukul 14.00 wib. Parameter-parameter yang diketahui dari hasil pengujian terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran produktifitas *Brown's gas* hari ke tiga dengan sistem *direct photovoltaic*.

waktu (s)	sistem langsung					
	V (Volt)	I (Arus)	pyranometer (w/m2)	Volume (l/s)	T (^oC)	Daya (Watt)
9:00:00	13.31	3.65	432.37	0.00140	30	49
9:30:00	14.04	4.40	636.55	0.00173	35	62
10:00:00	12.40	4.04	544.62	0.00151	40	50
10:30:00	11.84	3.87	545.08	0.00157	41	47
11:00:00	11.76	3.58	484.11	0.00152	43	43
11:30:00	10.84	4.14	413.90	0.00130	43	45
12:05:00	12.02	4.57	562.08	0.00169	45	55
12:30:00	11.60	4.47	538.16	0.00151	46	53
13:00:00	9.87	3.51	392.65	0.00125	46	36
13:30:00	11.60	4.47	538.16	0.00151	46	53
14:00:00	9.64	3.18	335.37	0.00110	42	32
14:30:00	8.93	2.67	288.71	0.00094	41	24

Dari hasil pengujian pada tabel 4.1 maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan penggunaan daya, volume alir dan efisiensi elektroliser.

1. Perhitungan daya yang digunakan elektroliser

   Besarnya energi listrik yang digunakan elektroliser untuk proses elektrolisis dapat dihitung menggunakan persamaan (2-5), sebagai berikut:

   $P = V.I$

   Dari tabel 4.1 didapat nilai rata-rata V dan I sekitar pukul 14.30 wib adalah:

   V = 9.66 Volt

   I = 4.57 Ampere

   Maka konsumsi daya yang digunakan untuk proses elektroliser adalah:

   $P = 9.66\ Volt \times 4.57\ Ampere$

   $P = 44\ Watt$

2. Perhitungan Produktivitas Brown's Gas (volume alir)

   Pada pengujian ini pengambilan data volume Brown's gas masih menggunakan satuan menit, maka volume alir harus dikonversi terlebih dahulu menjadi milliliter per second.

   Volume alir dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

   $$Q = \frac{v}{t}\left[\frac{ml}{s}\right]$$

   Keterangan:

   Q = Produktivitas Brown's gas (ml/s)

   V = Volume brown's gas

   t = waktu yang digunakan untuk mengumpulkan brown's gas sebanyak V(volum)

   Maka didapatkan volume alir Brown's gas

   $$Q = \frac{101.25ml}{60\ s}$$

   $Q = 1.69\ ml/s$ = 0.00169 l/s

3. Perhitungan Efisiensi

   Efisiensi elektroliser (η) dapat dihitung menggunakan persamaan (2-5).

   $$\eta = \frac{\text{Energi yang dimiliki oleh HHO hasil elektrolisis}}{\text{Energi yang dibutuhkan untuk memproduksi gas HHO}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{\text{MHHO x LHV HHO}}{\text{P}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{\text{VHHO x } \rho\text{HHO x LHV HHO}}{\text{P}} \text{ x } 100\%$$

Keterangan:

ρ_{HHO} = Massa jenis Brown's gas (0.491167 gr/l)

LHV_{HHO} = Low Heating Value Brown's gas (13250 J/gr)

Data yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya adalah:

P = 44 Watt = 44 J/s

Q = 1.69 ml/s = 0.00169 l/s

Sehingga:

$$\eta = \frac{0.00169\left(\frac{l}{s}\right) \text{ x } 0.491167\left(\frac{gr}{l}\right) \text{ x } 13250\left(\frac{J}{gr}\right)}{44\left(\frac{J}{s}\right)} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{10.998\ \left(\frac{\text{J}}{\text{s}}\right)}{44\ \left(\frac{\text{J}}{\text{s}}\right)} \times 100\%$$

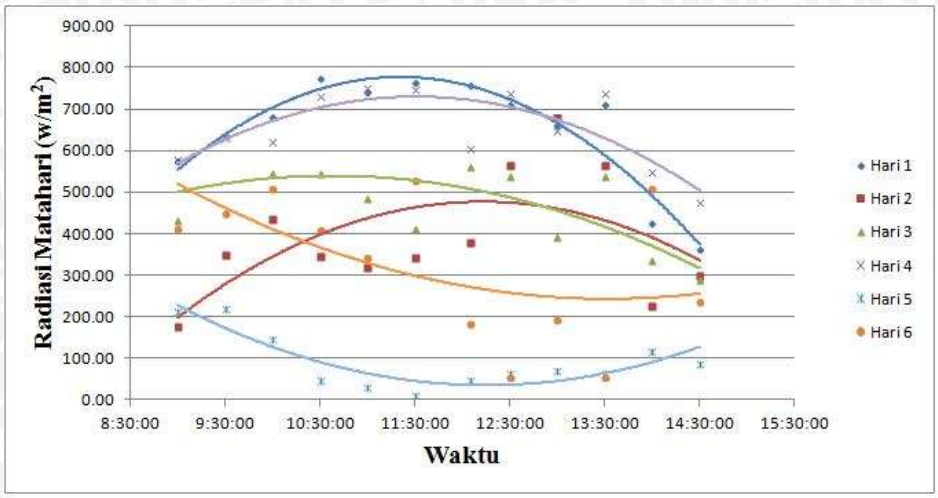
$$\eta = 24.87\%$$

4.2 Pembahasan Grafik

Dalam Penelitian ini semua data yang diperoleh dari penelitian dan data yang di peroleh dari perhitungan di tampilkan dalam bentuk grafik agar mempermudah dalam melakukan analisa dan pembahasan. Data berupa produktifitas Brown's gas, arus listrik, temperatur, daya listrik, dan efisiensi generator HHO yang didapat.

4.2.1 Grafik Hubungan Antara Ketersediaan Radiasi Matahari Terhadap Waktu

Pyranometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur intensitas daya radiasi cahaya matahari (*total radiation*). Satuan keluaran mV dengan nilai konversi ke radiasi matahari sebesar 9.02×10^{-6} V/(W/m^2). Jadi dengan menggunakan pyranometer dapat diketauhi daya yang masuk pada panel surya untuk dikonversikan menjadi energi listrik yang selanjutnya digunakan sebagai daya pada proses elektrolisis air.

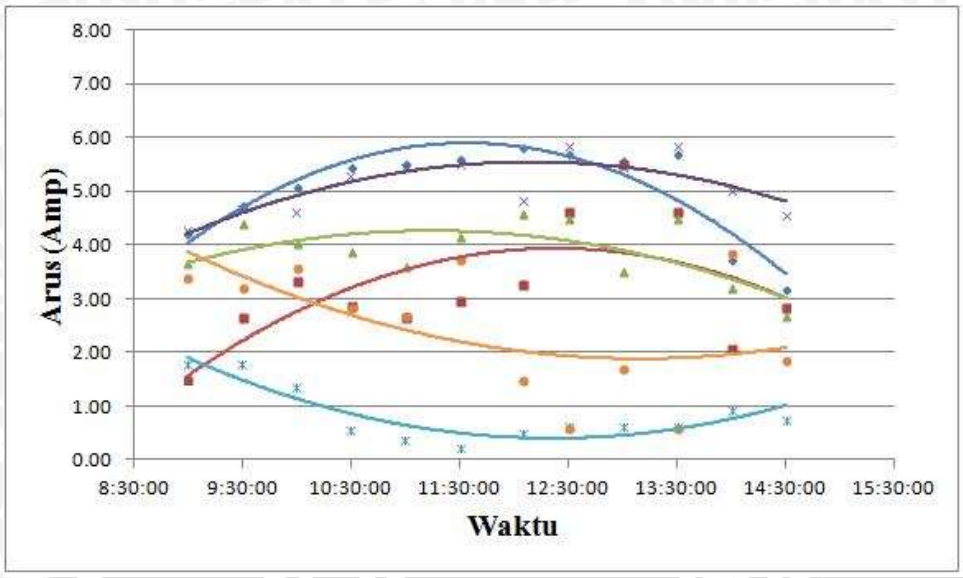


Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Ketersediaan Radiasi Matahari Terhadap Waktu

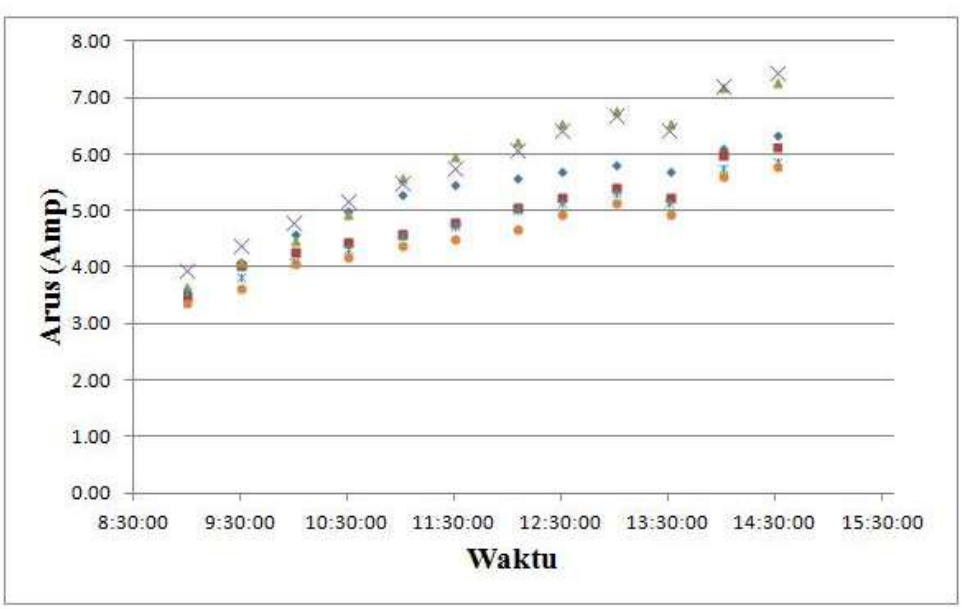
Pada gambar 4.1 menjelaskan tentang lamanya waktu penyinaran yang dimulai pukul 09.00 wib sampai dengan 15.00 wib dengan ketersediaan radiasi matahari yang diambil sebanyak 6 (enam) hari. Terlihat bahwa dengan semakin bertambahnya waktu maka besarnya radiasi matahari cenderung naik sampai titik maksimum (12.00 wib) yang berkisar 574,65 watt untuk hari pertama dan turun kembali yang berkisar 362,16 watt untuk hari pertama. Untuk hari ke lima dan ke enam pada grafik cenderung turun dan naik kembali, yang berkisar antara 212,95 watt pada rata – rata pukul 09.00 – 09.30 wib, pada rata – rata pukul 11.30 – 12.00 wib berkisar 48.97 watt dan pada rata – rata pukul 14.30 – 15.00 wib berkisar antara 87.77 watt, hal ini disebabkan karena cuaca pada saat pengambilan data sedang mendung atau hujan.

4.2.2 Grafik Hubungan antara Arus Listrik Terhadap Waktu

Arus listrik memiliki peranan penting dalam peningkatan produktivitas brown's gas pada proses elektrolisis, hal ini disebabkan karena sesuai dengan pengertian arus listrik bahwa banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan elektron-elektron yang mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Jadi dengan bertambahnya arus listrik electron yang berpindah akan semakin banyak dan proses elektrolisis juga akan semakin cepat.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Arus Listrik (*Direct*) Terhadap Waktu

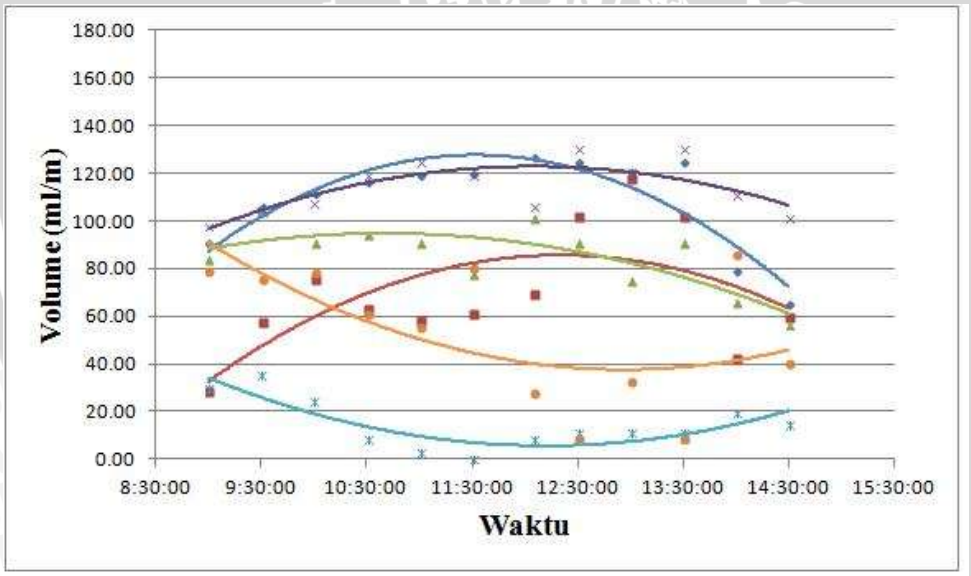


Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Arus Listrik (*Indirect)* Terhadap Waktu

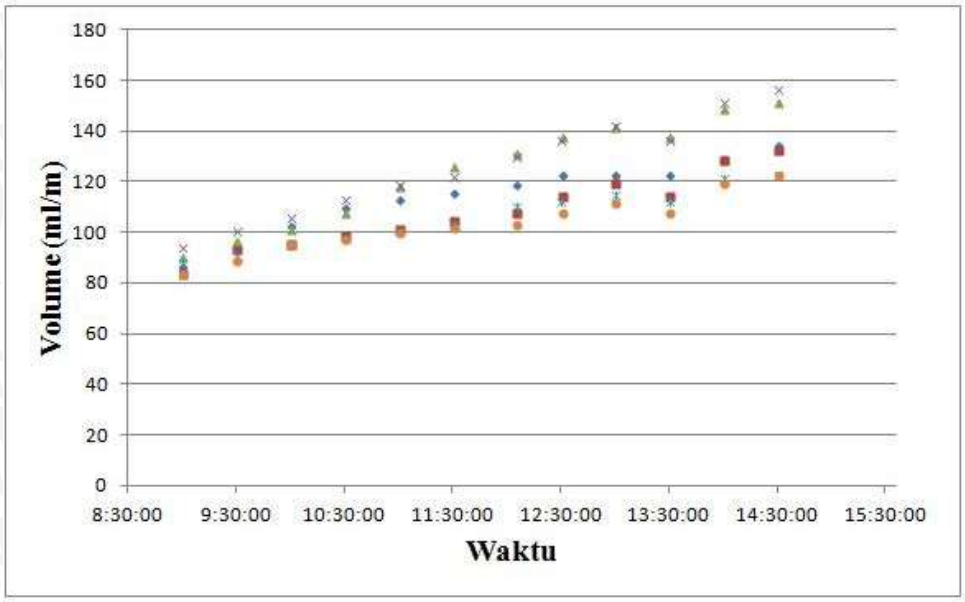
Gambar 4.2 menjelaskan mengenai hubungan antara arus listrik pada sistem *direct Photovoltaic* terhadap waktu, yang terlihat bahwa dengan semakin bertambahnya waktu penyinaran arus listrik yang dihasilkan cenderung naik sampai titik maksimum (12.00 wib) dan turun kembali. Terlihat pada gambar untuk rata – rata pukul 09.00 – 09.30 wib sebesar 4.25 ampere, untuk pukul 11.30 – 12.00 wib sebesar 5.62 ampere dan untuk pukul 14.30 – 15.00 wib arus listriknya sebesar 3.18 ampere, Hal ini disebabkan karena

tegangan yang dikeluarkan phtovoltaic tergantung dari itensitas matahari yang semakin meningkat dari pagi hingga siang dan akan turun kembali setelahnya yang berpengaruh juga terhadap arus yang di keluarkan dengan tahanan yang sama. Tetapi pada hari ke lima dan ke enam terlihat grafik cenderung turun dan naik kembali, hal ini disebabkan cuaca pada saat tersebut sedang mendung ataupun sedang hujan yang dapat dilihat juga dari grafik pyranometer yang juga cenderung turun lalu kembali naik. Sedangkan pada grafik 4.3 pada sistem *indirect photovoltaic*, terlihat bahwa dengan semakin bertambahnya waktu arus cenderung naik terus. Dapat dilihat pada grafik untuk pukul 09.00 – 09.30 wib arus listriknya sebesar 3.59 ampere dan untuk pukul 14.30 – 15.00 wib arus listriknya sebesar 6.34 ampere, Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya waktu ikatan antar molekul air akan semakin mudah terlepas yang disebabkan temperature larutan yang semakin naik dengan tegangan yang konstan .

4.2.3 Grafik Hubungan antara Volume Gas HHO terhadap Waktu



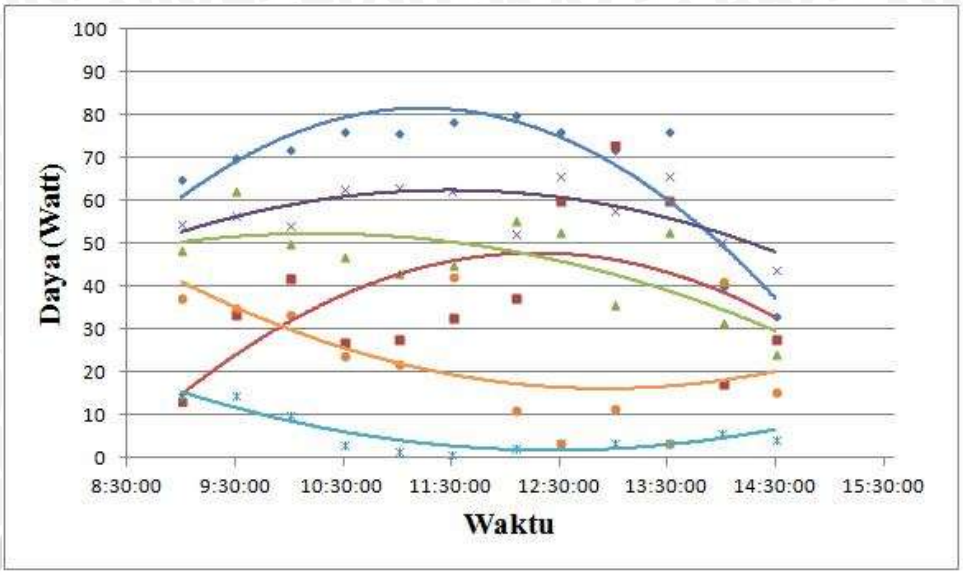
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Volume Gas HHO (*Direct*) Terhadap Waktu



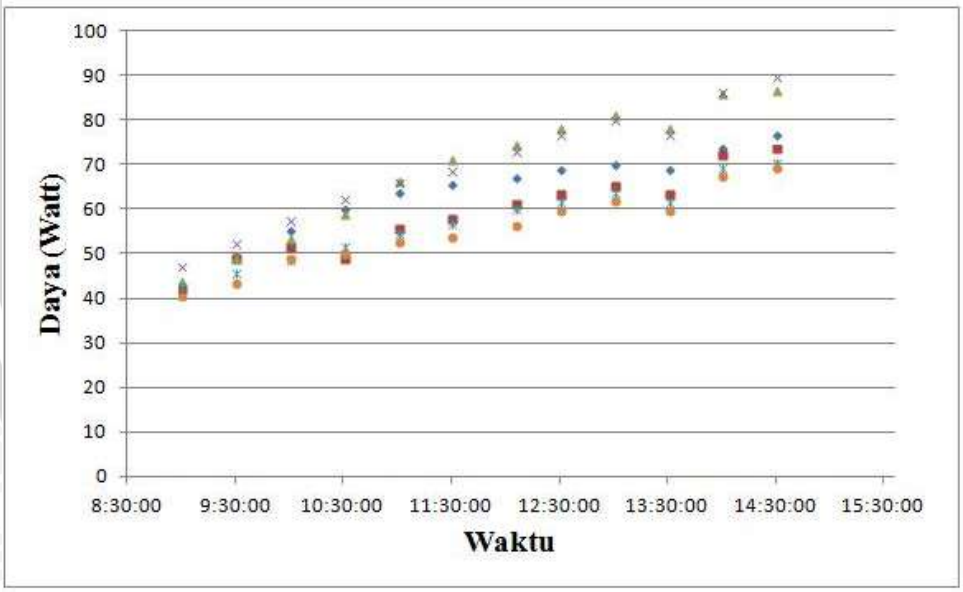
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Volume Gas HHO (*Indirect*) Terhadap Waktu

Pada gambar 4.4 grafik menjelaskan hubungan antara volume gas HHO (*direct*) terhadap waktu, terihat bahwa dengan semakin bertambahnya waktu volume cenderung naik sampai titik maksimum dan turun kembali. Hal ini dapat terjadi karena produktifitas HHO sangat dipengaruhi oleh banyaknya electron yang berpindah tiap waktunya (arus) yang telah dijelaskan pada grafik 4.2 perbandingan produktivitasnya untuk hari pertama dapat dilihat antara rata – rata pukul 9.00 – 9.30 wib dan pukul 11.30 – 12.00 wib yang memiliki selisih sebesar 0.00048 l/s. sedangkan untuk hari kelima dan keenam grafik cenderung turun dan naik hal ini dikarenakan cuaca yang mendung ataupun hujan yang terlihat pada rata – rata pukul 11.30 – 12.00 wib volumenya sebesar 0.00014 l/s sedangkan pada rata – rata pukul 14.30 – 15.00 wib volumenya menjadi 0.00024 l/s . Untuk grafik 4.5 yang menjelaskan mengenai hubungan antara volume gas HHO dengan sisitem *indirect photovoltaic* terhadap waktu cenderung mengalami kenaikan hal ini disebabkan karena arus listrik yang mengalir juga terus meningkat. Yang dapat dilihat pada pukul 09.00 – 09.30 wib volume sebesar 0.00144 l/s dan pada sekitar pukul 14.30 – 15.00 wib volumenya sebesar 0.00224 l/s.

4.2.4 Grafik Hubungan antara Daya Untuk Proses Elektrolisis Terhadap Waktu



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Daya (*Direct*) Terhadap Waktu



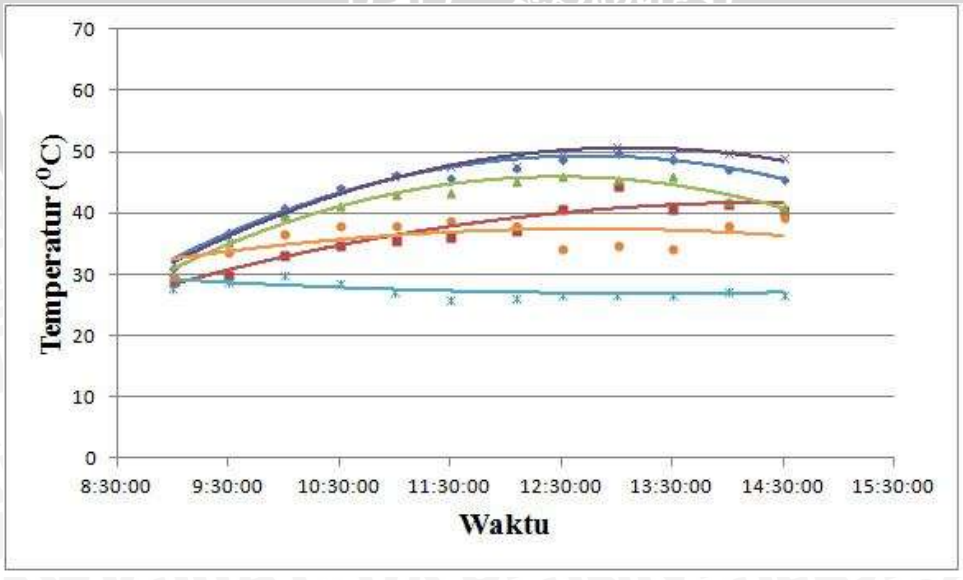
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Daya (*Indirect*) Terhadap Waktu

Pada gambar 4.6 grafik menjelaskan hubungan antara daya dengan sistem *direct photovoltaic* terhadap waktu, terlihat bahwa dengan semakin bertambahnya waktu maka daya yang dihasilkan akan semakin meningkat sampai titik maksimum dan turun kembali. Terlihat pada grafik sekitar pukul 09.00 – 09.30 wib untuk pengambilan data hari pertama nilai daya yang didapatkan sebesar 65 watt dan meningkat menjadi 78 watt untuk rata – rata pukul 11.30 – 12.00 wib sedangkan pada rata – rata pukul 14.30 – 15.00 wib daya nya

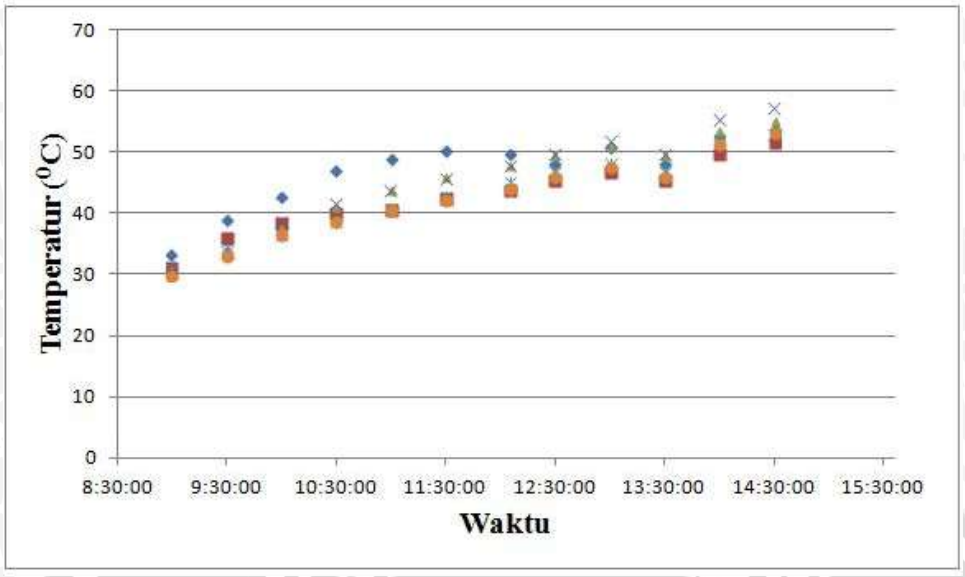
turun kembali menjadi 33 watt. Hal ini terjadi karena dari waktu kewaktu itensitas matahari yang diterima photovoltaic semakin meningkat yang membuat pengkonversian cahaya matahari menjadi listrik juga akan meningkat yang berdampak pada daya keluaran listriknya. Tetapi untuk hari kelima dan keenam daya cenderung turun dan naik sedikit yang terlihat pada grafik untuk hari ke lima sebesar 14.48 watt pada rata – rata pukul 09.00 – 09.30 wib dan turun menjadi 1.14 watt pada rata – rata pukul 11.30 – 12.00 wib selanjutnya meningkat kembali menjadi 4.36 watt pada rata – rata pukul 14.30 – 15.00 wib dikarenakan intensitas matahari yang semakin menurun yang bisa disebabkan oleh awan mendung dan hujan.

Sedangkan untuk grafik 4.7 grafik menjelaskan hubungan antara daya dengan sistem *indirect photovoltaic* terhadap waktu yang cenderung naik terus yang dapat dilihat pada grafik untuk hari ke dua untuk rata 09.00 – 09.30 wib dayanya sebesar 42 watt dan terus meningkat menjadi 74 watt pada rata – rata pukul 14.30 – 15.00 wib, hal ini disebabkan karena arus yang semakin meningkat tiap waktunya dengan tegangan yang konstan yang menyebabkan dayanya juga meningkat. Karena daya adalah perkalian antara tegangan dan arus listrik.

4.2.5 Grafik Hubungan antara Temperatur larutan Terhadap Waktu



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Antara Temperatur (*Direct*) Terhadap Waktu

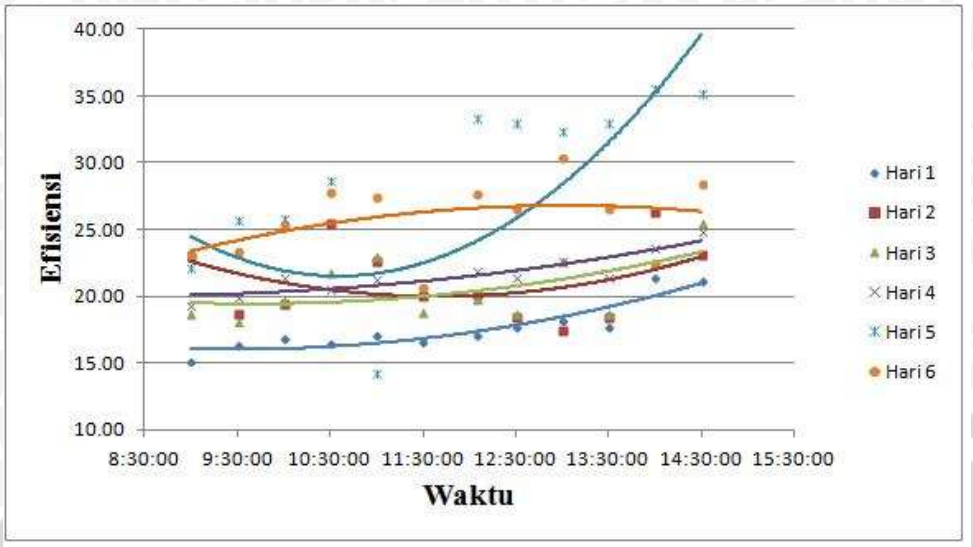


Gambar 4.9 Grafik Hubungan Antara Temperatur (*Indirect*) Terhadap Waktu

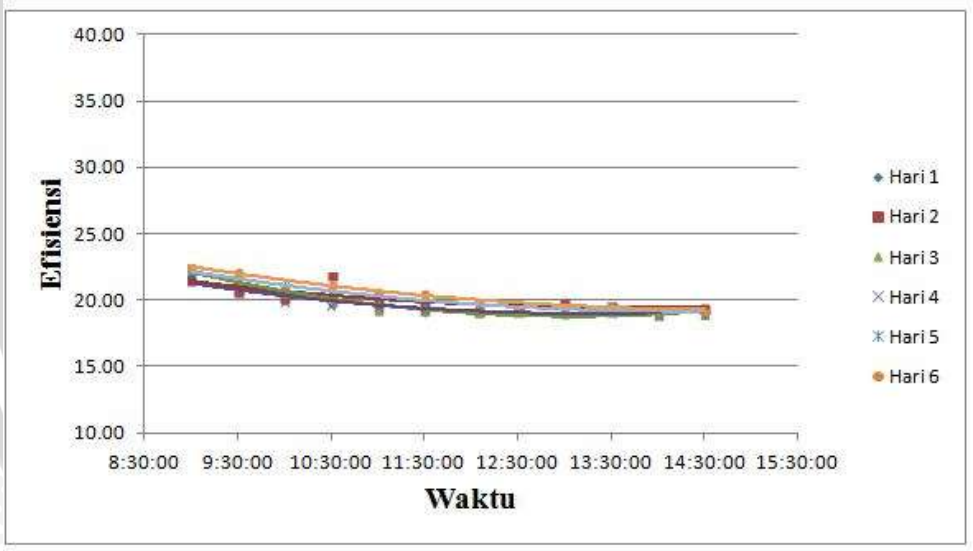
Dari Gambar 4.8 dengan sistem *direct photovoltaic* temperature pada larutan semakin meningkat tiap waktunya sampai titik maksimum dan turun kembali yang terlihat pada grafik sekitar pukul 09.00 – 09.30 wib temperaturnya sekitar 31 ^{O}C dan terus meningkat menjadi 48 ^{O}C pada rata – rata pukul 11.30 – 12.00 wib dan turun kembali yang berkisar 49 ^{O}C untuk pukul 14.30 – 15.00 wib . Hal ini juga berhubungan dengan tegangan masukan yang semakin meningkat dan turun kembali. tegangan yang dihasilkan tidak semuanya dikonversi untuk proses elektrolisis tapi juga ada sebagian yang berubah menjadi panas. Tetapi untuk hari ke lima temperature cenderung turun dari 28^{O}C pada rata – rata pukul 09.00 – 09.30 wib menjadi 27^{O}C pada akhir proses elektrolisis atau pada rata - rata pukul 14.30 – 15.00 wib dikarenakan oleh perbedaan antara temeparatur lingkungan yang semakin turun pada waktu hujan.

Untuk grafik 4.9 dengan sistem *indirect photovoltaic* dengan semakin bertambahnya waktu temperaturnya semakin meningkat dengan temperatur tertinggi yang dapat dicapai untuk sistem *indirect photovoltaic* sebesar 57 ^{O}C yang terjadi pada rata – rata pukul 14.30 – 15.00 wib. Hal ini disebabkan oleh tegangan masukan pada proses elektrolisis sebagian ada yang diubah menjadi panas. tetapi dengan penambahan temperatur memiliki sisi positif dengan produksi Brown;gas yang semakin meningkat pula.

4.2.6 Grafik Hubungan antara Efisiensi Elektroliser Terhadap Waktu



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Antara Efisiensi (*Direct*) Terhadap Waktu



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Antara Efisiensi (*Indirect*) Terhadap Waktu

Gambar 4.10 menjelaskan tentang hubungan efisiensi dengan waktu penyinaran pada sistem *direct Photovoltaic* yang dapat dilihat pada grafik bahwa pada hari pertama,ketiga, dan keempat dengan bertambahnya waktu penyinaran efisiensi cenderung naik sedikit demi sedikit yang dapat dilihat untuk hari kedua efisiensi pada rata – rata pukul 09.00 – 09.30 wib sebesar 18.71 % dan untuk rata – rata pukul 14.30 – 15.00 wib menjadi 25.40 % hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya waktu penyinaran tegangan yang dihasilkan cenderung turun dan arusnya cenderung naik jadi daya yang didapatkan tidak

naik terlalu besar sedangkan volumenya meningkat terus menerus. Untuk hari kedua efisiensi cenderung turun dan naik kembali hal ini terjadi karena pada hari tersebut tegangan yang didapatkan cenderung naik dengan kecenderungan arus listrik yang naik jadi daya yang dihasilkan juga cenderung naik yang berimbas pada efisiensinya. Untuk hari kelima efisiensi juga cenderung turun dan naik secara drastis, hal ini disebabkan karena daya dengan volume yang dihasilkan cenderung turun dan naik kembali. Untuk hari keenam efisiensi cenderung naik sedikit hal ini disebabkan oleh tegangan dan arusnya yang lebih fluktuatif meskipun kecenderungan tegangan dan arusnya cenderung turun jika dibandingkan dengan data hari kelima.

Untuk grafik 4.11 dapat dilihat dengan sistem *indirect photovoltaic* efisiensi semakin menurun dengan bertambahnya waktu yang dapat dilihat pada grafik untuk rata – rata pukul 09.00 – 09.30 wib pada hari kedua efisiensinya sebesar 21.53 % dan pada rata – rata pukul 14.30 – 15.00 wib turun menjadi 19.48 % hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya waktu daya yang masuk banyak yang diubah menjadi kalor atau panas dibandingkan untuk proses elektrolisisnya.