

Bab IV

HASIL DAN ANALISIS

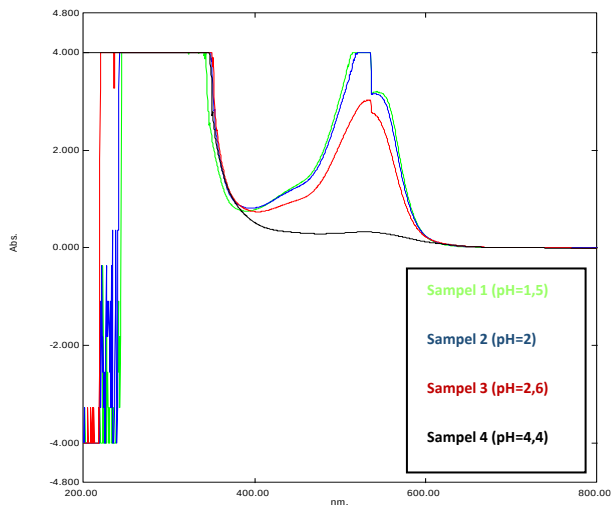
Bab ini berisi hasil dan analisa hasil juga perhitungan untuk membandingkan teori awal dengan hasil yang telah didapatkan. Berikut beberapa poin yang akan dianalisa berdasarkan percobaan yang telah dilakukan:

1. Pengujian Absorbansi *Dye*
2. Pengujian Ketebalan dan Struktur TiO_2
3. Pengujian Tegangan dan Arus Keluaran terhadap Cahaya Tertentu
4. Perhitungan dan Analisis Output DSSC

4.1 Pengujian Absorbansi *Dye*

Pengujian absorbansi atau banyak cahaya tampak yang dapat diserap oleh *Dye* yang berasal dari ekstrak *Blueberry* dilakukan dengan menggunakan alat *Spectofotometer* UV-1800 produksi Shimadzu di Laboratorium Farmasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya. Pengujian yang dilakukan difokuskan pada rentang panjang gelombang 400nm – 600nm karena antosianin memiliki rentang absorbansi tersebut. Pengenceran *Dye* terlebih dahulu dilakukan agar absorbansi dari *Dye* tidak melebihi $4\text{\AA}$ dikarenakan nilai tersebut merupakan pembacaan maksimal *Spectofotometer*. Pengenceran menggunakan rasio *Dye* : pelarut sebesar 1 : 5.

Pada gambar 4.1 dapat dilihat perbandingan absorbansi tiap sampel. Dari gambar dapat dilihat Sampel 1 berwarna hijau, sampel 2 berwarna biru, sampel 3 berwarna merah dan sampel 4 berwarna hitam.



Gambar 4. 1 Grafik Absorbansi Sampel Dye

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa semua sampel memiliki absorbansi pada panjang gelombang yang sama yakni mulai dari 400nm – 600nm meski demikian kekuatan yang diserap berbeda tiap sampel. Pembacaan yang digunakan hanya yang berada pada rentang 400nm – 600nm karena bila diperhatikan di Gambar 4.1 dari panjang gelombang 200nm – 400nm ada fluktuasi namun pembacaan tersebut hanyalah eror yang berasal dari pelarut.

Pada sampel 1 didapatkan nilai absorbansi maksimal mulai dari panjang gelombang 516nm – 535nm. Pada sampel 2 juga mencapai absorbansi maksimal yang dapat dibaca alat *Spectofotometer* yakni $4\text{\AA}$, meskipun begitu absorbansi maksimal hanya berada pada range 521nm – 535nm yang menunjukkan sampel 1 menyerap lebih baik dari sampel 2 bila dapat membaca lebih dari $4\text{\AA}$. Pada sampel 3 absorbansi berada pada nilai maksimum $3\text{\AA}$ yaitu pada panjang gelombang 528nm – 535nm. Dan sampel 4 menunjukkan absorbansi maksimum berada pada $0,32\text{\AA}$ pada panjang gelombang 517nm – 539nm.

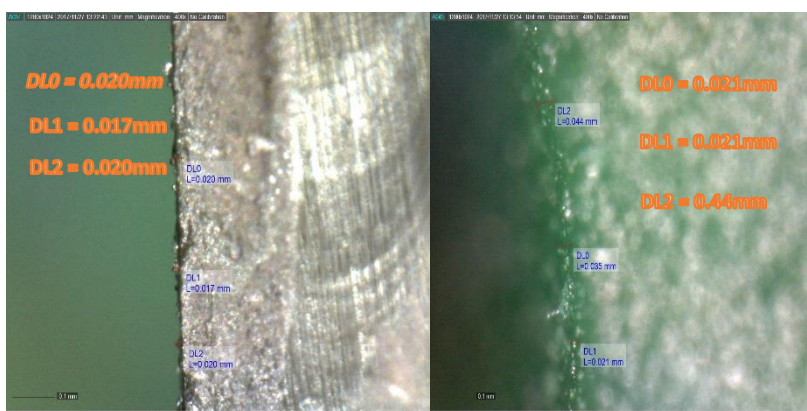
Dari hasil yang didapatkan bila dibandingkan maka dapat disimpulkan bahwa pH pada Dye yang digunakan berpengaruh pada absorbansi Dye tersebut. Sampel 1 yang memiliki pH paling kecil yakni 1,5 menyerap cahaya lebih baik dari sampel lainnya sedangkan sampel 4 yang memiliki pH paling besar yakni 4,4 menyerap cahaya dengan tidak maksimal.

4.2 Pengujian Ketebalan dan Struktur TiO_2

Pengujian ketebalan dan juga struktur dari TiO_2 yang akan menjadi media transport elektron dilakukan untuk mengetahui ketebalan dan kekuatan struktur TiO_2 yang didapatkan dengan

menggunakan metode *Spin Coating* dengan kecepatan putar 975 rpm dan dengan metode pelapisan 8x10 detik. Alat yang digunakan adalah *digital microscope* dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

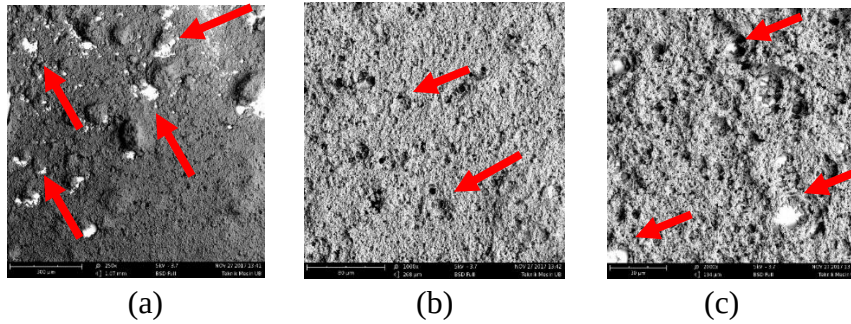
Digital Microscope yang digunakan adalah Dino-lite AM4115 Series dengan pembacaan maksimal hingga orde mikro dan *Scanning Elektron Microscope* (SEM) menggunakan tipe Phenom G2 Pro dengan perbesaran hingga maksimum 5000x perbesaran. Pengujian dilakukan di Laboratorium Sentral Mesin, Teknik mesin, Universitas Brawijaya. Berikut hasil pengujian ketebalan dapat dilihat di gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Pengujian Ketebalan TiO₂

Dari hasil pengamatan dapat dilihat masih terdapat perbedaan ketebalan yang cukup kontras antara satu bagian dengan bagian lainnya. Perbesaran yang digunakan untuk melihat ketebalan adalah 400x. Perbedaan yang cukup besar bias diakibatkan oleh alat yang digunakan dalam metode *Spin Coating* tidak menahan kaca TCO dengan erat sehingga tidak stabil sebaran TiO₂ pada kaca tersebut. Selain itu bisa jadi karena suhu pembakaran kurang tinggi sehingga TiO₂ rapuh sehingga mudah berpindah.

Pengamatan Menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) menggunakan perbesaran 250 kali, 1000 kali dan 5000 kali. Hasil pengujian dapat dilihat di gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Pengujian Struktur dengan menggunakan SEM perbesaran (a) 250 kali (b) 1000x (c) 5000 kali

Dari hasil pengujian struktur TiO_2 pada TCO dengan perbesaran 250 kali, 1000 kali dan 5000 kali, dapat dilihat bahwa masih terdapat bagian yang tidak merata bahkan ada bagian yang lapisan TiO_2 mengelupas. Hal ini dapat disebabkan oleh waktu pelapisan saat proses *Spin Coating* yang masih kurang juga dapat disebabkan oleh TiO_2 yang dibuat masih kurang kental sehingga gaya adhesi antara larutan dengan kaca TCO kurang baik. Selain itu seperti masalah sebelumnya yakni suhu pembakaran TiO_2 kurang tinggi sehingga TiO_2 kurang rekat.

4.3. Pengujian Tegangan dan Arus Keluaran terhadap Cahaya Tertentu

Pengujian akan dilakukan dengan 2 jenis pencahayaan yakni cahaya matahari AM 1,5 dan menggunakan lampu LED 10 Watt *Coolday light* sehingga suhu tidak berubah. Cahaya yang digunakan akan diamatin dengan Luxmeter Krisbow KW06-288. Pengujian arus dan tegangan akan menggunakan multimeter digital Sanwa CD771 dan multimeter digital Hylec MS8229.

4.3.1 Pengujian dengan Cahaya Matahari AM 1,5

Berikut merupakan cara penentuan waktu yang tepat untuk pengujian dengan cahaya matahari AM 1,5 yakni dengan membandingkan panjang benda dengan panjang bayangannya. Berikut perhitungan untuk mendapat waktu yang tepat dilihat dari tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Pengujian bayangan benda

Waktu	Benda (cm)	Bayangan (cm)	AM
7:30	8,5	16,915	1,99
7:45	8,5	15,555	1,83
8:00	8,5	14,365	1,69

8:15	8,5	13,005	1,53
8:30	8,5	12,325	1,45
8:45	8,5	11,22	1,32
9:00	8,5	10,37	1,22
9:15	8,5	10,115	1,19

Dari pengujian diketahui bahwa waktu terbaik untuk pengujian AM 1,5 adalah pada jam 8.15 dalam keadaan cuaca cerah karena menurut perhitungan yang paling mendekati nilai 1,5. Sedangkan untuk hasil pengujian DSSC dengan menggunakan cahaya matahari AM 1,5 dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil pengujian dengan cahaya matahari AM 1,5

Sample	V _{oc} (mV)	I _{sc} (μA)
1 (pH=1,5)	506	4
2 (pH=2)	468	3,7
3 (pH= 2,6)	433	3,7
4 (pH= 4,4)	378	3,3

Berdasarkan data yang diperoleh dapat dilihat bahwa output tertinggi dihasilkan sampel 1 dengan tegangan sebesar 506 mV dan arus 4 μA. Sedangkan sample dengan pH tertinggi yakni sampel 4 memberikan output paling kecil dibandingkan sampel lain yaitu tegangan sebesar 378 mV dan arus sebesar 3,3 μA.

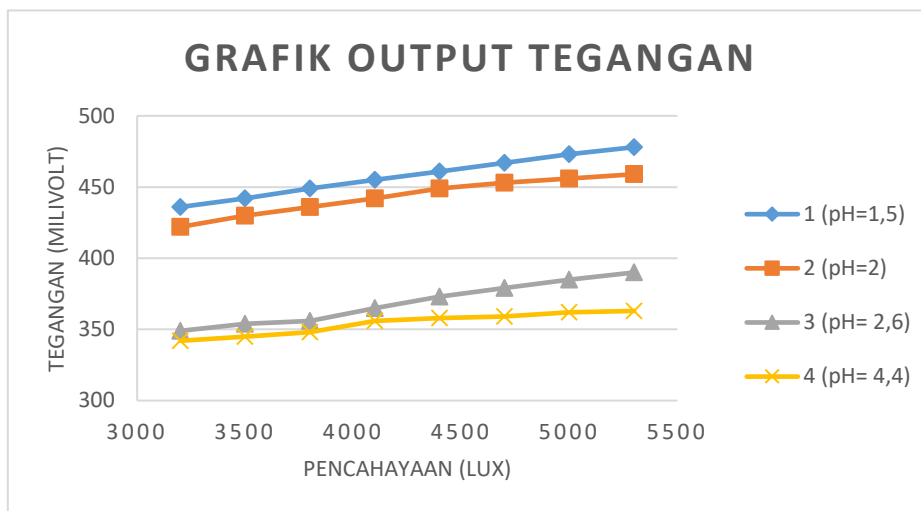
4.3.2 Pengujian dengan LED 10 Watt

Pengujian menggunakan lampu LED 10 Watt *Coolday Light* sehingga suhu konstan antara 25,6° - 26,3° C agar suhu tidak mempengaruhi output yang dibaca nantinya dari DSSC. Pengujian dilakukan dengan variasi cahaya mulai dari 3200 Lux – 5300 Lux. Semua sampel akan diuji dengan setiap varian cahaya dengan selisih 300 Lux untuk setiap percobaan.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Tegangan dengan LED 10 Watt

Pencahaya	V _{oc} (mV)			
Lux	1 (pH=1,5)	2 (pH=2)	3 (pH= 2,6)	4 (pH= 4,4)
3200	436	422	349	342
3500	442	430	354	345
3800	449	436	356	348

4100	455	442	365	356
4400	461	449	373	358
4700	467	453	379	359
5000	473	456	385	362
5300	478	459	390	363
Rata-rata	457,625	443,375	368,875	354,125



Gambar 4. 4 Grafik Output Tegangan Pengujian dengan Led 10 Watt

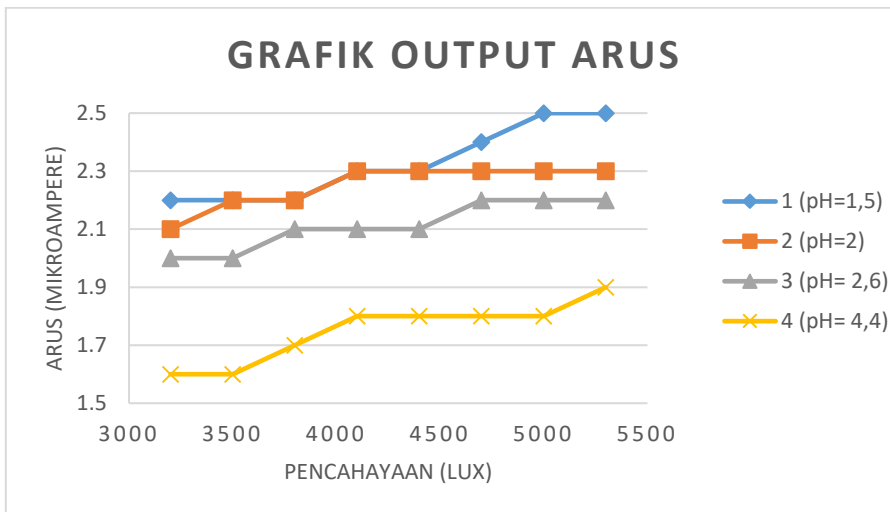
Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.4 di atas terlihat bahwa terdapat perbedaan yang tidak terlalu signifikan antara sampel 1 (pH=1,5) dengan sampel 2 (pH=2) dan antara sampel 3 (pH=2,6) dengan sampel 4 (pH=4,4). Namun terdapat perbedaan yang cukup jauh antara sampel 2 dan sampel 3. Terlihat pula perubahan tidak sama kelinieritasannya antara satu sampel dengan sampel lainnya. Dari grafik dapat dilihat bahwa sampel 1 memiliki output tegangan yang paling besar dengan rata-rata 457,6 mV.

Dengan menggunakan metode yang sama yakni selisih antar percobaan 300 Lux, pengukuran arus dilakukan terhadap 4 sampel dengan lampu LED 10 Watt. Hasil percobaan terlihat di tabel 4.4

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Arus dengan LED 10 Watt

Pencahayaan	Arus (μ A)			
Lux	1 (pH=1,5)	2 (pH=2)	3 (pH= 2,6)	4 (pH= 4,4)
3200	2,2	2,1	2	1,6
3500	2,2	2,2	2	1,6
3800	2,2	2,2	2,1	1,7
4100	2,3	2,3	2,1	1,8

4400	2,3	2,3	2,1	1,8
4700	2,4	2,3	2,2	1,8
5000	2,5	2,3	2,2	1,8
5300	2,5	2,3	2,2	1,9
Rata-rata	2,325	2,25	2,1125	1,75



Gambar 4. 5 Grafik Output Arus Pengujian dengan Led 10 Watt

Dari Tabel 4.4 dan Gambar 4.5 di atas dapat dilihat seperti halnya tegangan, sampel 1 memiliki rata-rata output paling besar yakni 2.3 μA . Dari grafik juga terlihat perubahan dari tiap sampel tidak terlalu signifikan untuk setiap varian cahaya yang dikondisikan. Namun berbeda dengan tegangan, perbedaan output cukup signifikan antara sampel 3 (pH=2,6) dengan sampel 4 (pH=4,4) sedangkan untuk sampel 1, sampel 2 dan sampel 3 tidak terlalu signifikan perbedaan output arusnya.

4.4. Perhitungan dan Analisis Output DSSC

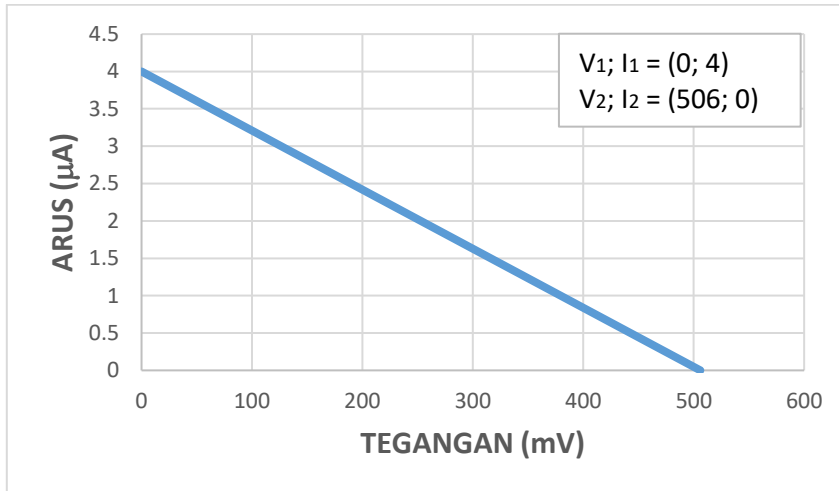
Perhitungan dan analisis dari DSSC dilakukan dengan menghitung *fill factor* (FF), daya maksimum (P_{max}), dan juga efisiensi (η) yang dihasilkan tiap sampel berdasarkan data yang didapatkan dari percobaan. Output berupa tegangan dan arus dari tiap sampel dari sumber pencahayaan berupa matahari AM 1,5 dan lampu LED 10 Watt.

4.4.1 Perhitungan Karakteristik DSSC dengan Pencahayaan Matahari AM 1,5

Perhitungan efisiensi membutuhkan nilai *incident radiation flux* (I_g) yang dihasilkan matahari saat keadaan cahaya pada AM 1,5 pada umumnya sebesar $930,6 \text{ W}/\text{M}^2$

4.4.1.1 Hasil Perhitungan dan Analisa Sampel 1

Pengujian dilakukan menggunakan sampel 1 dengan pH 1,5. Pada pengukuran V_{oc} sebesar 506 mV dan I_{sc} sebesar 4 μA . Berdasarkan data tersebut berikut grafik karakteristik hubungan V-I ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Grafik Hubungan Voc-Isc dari Sampel 1 dengan Cahaya Matahari AM 1,5

Dari grafik di atas dapat gradien (m) dan persamaan sumbu y (Arus).

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{0 - 4}{506 - 0} = -0,00791$$

$$I = -0,00791V + 4$$

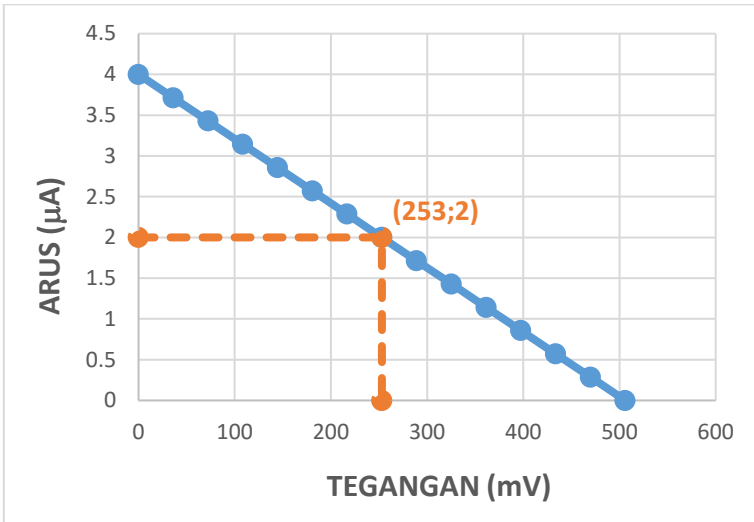
Perhitungan sumbu y digunakan untuk menghitung luasan maksimum dari grafik hubungan V-I yang didapatkan dengan memasukan variasi nilai x dan kemudian membuat grafik dari tabel tersebut. Tegangan maksimum (V_{mpp}) dan Arus Maksimum (I_{mpp}) dapat dilihat dari tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Tabel hubungan V_{mpp} dengan I_{mpp} Sampel 1 Cahaya Matahari AM 1,5

No.	x (mV)	y (μA)	x.y
1	0	4	0
2	36,14286	3,71428571	134,2449
3	72,28571	3,42857143	247,8367
4	108,4286	3,14285714	340,7755
5	144,5714	2,85714286	413,0612
6	180,7143	2,57142857	464,6939
7	216,8572	2,28571429	495,6735

8	253	2	506
---	-----	---	-----

9	289,1429	1,71428571	495,6735
10	325,2857	1,42857143	464,6939
11	361,4286	1,14285714	413,0613
12	397,5715	0,85714286	340,7755
13	433,7143	0,57142857	247,8368
14	469,8572	0,28571429	134,2449
15	506	0	0



Gambar 4. 7 Grafik Hubungan V-I dari Sampel 1 dengan Cahaya Matahari AM 1,5

Berdasarkan Gambar 4.7 didapatkan nilai V_{mpp} sebesar 254 mV dan I_{mpp} sebesar 2 μ A. Data tersebut digunakan untuk menghitung *fill factor* (FF), daya maksimum dan efisiensi dengan perhitungan sebagai berikut:

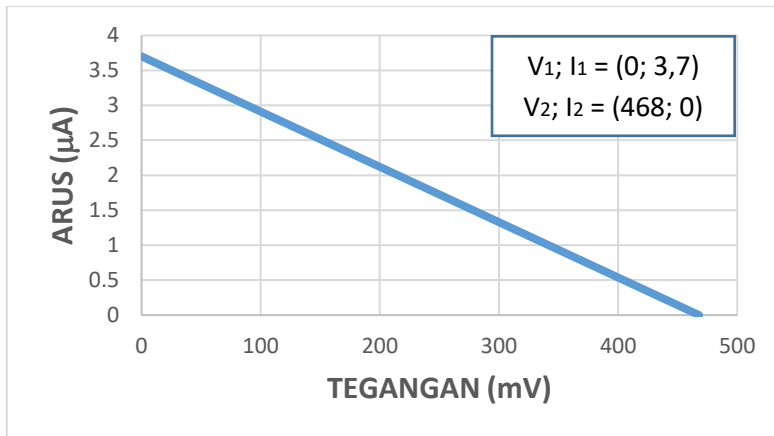
$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{253 \times 2}{506 \times 4} = 0,25$$

$$P_{max} = FF \times V_{oc} \times I_{sc} = 0.25 \times 506 \times 4 \times 10^{-6} = 5.06 \times 10^{-7} \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{I_g \times A} = \frac{5,06 \times 10^{-7}}{930,6 \times 4 \times 10^{-4}} \times 100\% = 1,36 \times 10^{-4}\%$$

4.4.1.2 Hasil Perhitungan dan Analisa Sampel 2

Pengujian dilakukan menggunakan sampel 2 dengan pH 2. Pada pengukuran V_{oc} sebesar 468 mV dan I_{sc} sebesar 3.7 μ A. Berdasarkan data tersebut berikut grafik karakteristik hubungan V-I ditunjukkan pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Voc-Isc dari Sampel 2 dengan Cahaya Matahari AM 1,5

Dari grafik di atas dapat gradien (m) dan persamaan sumbu y (Arus).

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{0 - 3,7}{468 - 0} = -0,00791$$

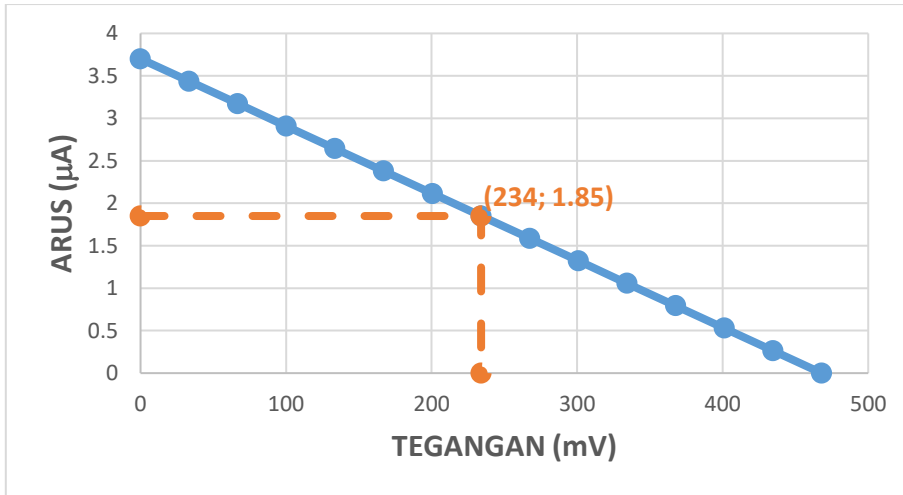
$$I = -0.00791V + 3,7$$

Perhitungan sumbu y digunakan untuk menghitung luasan maksimum dari grafik hubungan V-I yang didapatkan dengan memasukan variasi nilai x dan kemudian membuat grafik dari tabel tersebut. Tegangan maksimum (V_{mpp}) dan Arus Maksimum (I_{mpp}) dapat dilihat dari tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hubungan V_{mpp} dengan I_{mpp} Sampel 2 Cahaya Matahari AM 1,5

No.	x (mV)	y (μA)	x.y
1	0	3,7	0
2	33,42857	3,43571429	114,851
3	66,85714	3,17142857	212,0327
4	100,2857	2,90714286	291,5449
5	133,7143	2,64285714	353,3878
6	167,1429	2,37857143	397,5612
7	200,5714	2,11428571	424,0653
8	234	1.85	432,9

9	267,4286	1,58571429	424,0653
10	300,8571	1,32142857	397,5612
11	334,2857	1,05714286	353,3878
12	367,7143	0,79285714	291,5449
13	401,1429	0,52857143	212,0327
14	434,5714	0,26428571	114,851
15	468	0	0



Gambar 4. 9 Grafik Hubungan V-I dari Sampel 2 dengan Cahaya Matahari AM 1,5

Berdasarkan Gambar 4.9 didapatkan nilai V_{mpp} sebesar 229 mV dan I_{mpp} sebesar 1,15μA. Data tersebut digunakan untuk menghitung *fill factor* (FF), daya maksimum dan efisiensi dengan perhitungan sebagai berikut:

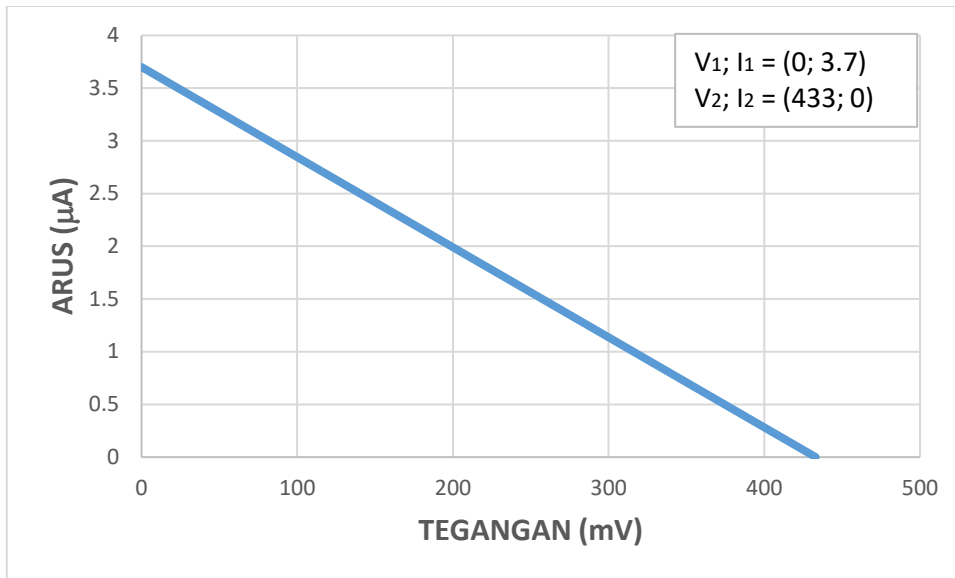
$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{234 \times 1.85}{468 \times 3.7} = 0,25$$

$$P_{max} = FF \times V_{oc} \times I_{sc} = 0,25 \times 468 \times 10^{-3} \times 3,7 \times 10^{-6} = 4,32 \times 10^{-7} Watt$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{I_g \times A} = \frac{4.32 \times 10^{-7}}{930.6 \times 4 \times 10^{-4}} \times 100\% = 1,16 \times 10^{-4}\%$$

4.4.1.3 Hasil Perhitungan dan Analisa Sampel 3

Pengujian dilakukan menggunakan sampel 3 dengan pH 2,6. Pada pengukuran V_{oc} sebesar 433 mV dan I_{sc} sebesar 3,7 μA. Berdasarkan data tersebut berikut grafik karakteristik hubungan V-I ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Voc-Isc dari Sampel 3 dengan Cahaya Matahari AM 1,5

Dari grafik di atas dapat gradien (m) dan persamaan sumbu y (Arus).

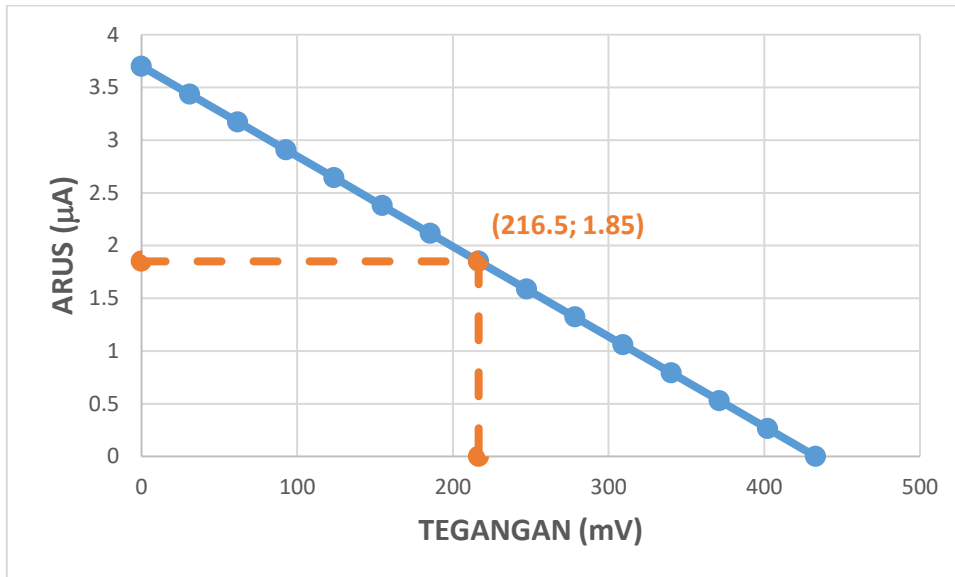
$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{0 - 3,7}{433 - 0} = -0,00855$$

$$I = -0,00855V + 3,7$$

Perhitungan sumbu y digunakan untuk menghitung luasan maksimum dari grafik hubungan V-I yang didapatkan dengan memasukan variasi nilai x dan kemudian membuat grafik dari tabel tersebut. Tegangan maksimum (V_{mpp}) dan Arus Maksimum (I_{mpp}) dapat dilihat dari tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hubungan V_{mpp} dengan I_{mpp} Sampel 3 Cahaya Matahari AM 1,5

No.	x (mV)	y (μA)	x.y				
1	0	3,7	0	9	247,4286	1,58571429	392,351
2	30.92857	3,43571429	106,2617	10	278,3571	1,32142857	367,8291
3	61.85714	3,17142857	196,1755	11	309,2857	1,05714286	326,9592
4	92.78571	2,90714286	269,7413	12	340,2143	0,79285714	269,7413
5	123.7143	2,64285714	326,9592	13	371,1429	0,52857143	196,1755
6	154.6429	2,37857143	367,8291	14	402,0714	0,26428571	106,2617
7	185.5714	2,11428571	392,351	15	433	0	0
8	216.5	1,85	400,525				



Gambar 4. 11 Grafik Hubungan V-I dari Sampel 3 dengan Cahaya Matahari AM 1,5

Berdasarkan Gambar 4.11 didapatkan nilai V_{mpp} sebesar 216,5 mV dan I_{mpp} sebesar 1.85μA. Data tersebut digunakan untuk menghitung *fill factor* (FF), daya maksimum dan efisiensi dengan perhitungan sebagai berikut:

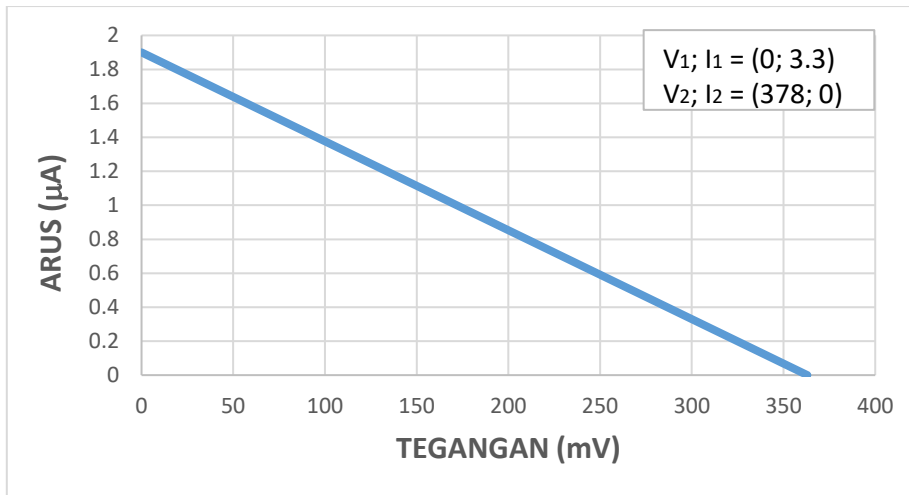
$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{216,5 \times 1,85}{433 \times 3,7} = 0,25$$

$$P_{max} = FF \times V_{oc} \times I_{sc} = 0,25 \times 433 \times 10^{-3} \times 3,7 \times 10^{-6} = 4 \times 10^{-7} \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{I_g \times A} = \frac{4 \times 10^{-7}}{930,6 \times 4 \times 10^{-4}} \times 100\% = 1,08 \times 10^{-4} \%$$

4.4.1.4 Hasil Perhitungan dan Analisa Sampel 4

Pengujian dilakukan menggunakan sampel 4 dengan pH 4,4. Pada pengukuran V_{oc} sebesar 378 mV dan I_{sc} sebesar 3,3 μA. Berdasarkan data tersebut berikut grafik karakteristik hubungan V-I ditunjukkan pada gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Voc-Isc dari Sampel 4 dengan Cahaya Matahari AM 1,5

Dari grafik di atas dapat gradien (m) dan persamaan sumbu y (Arus).

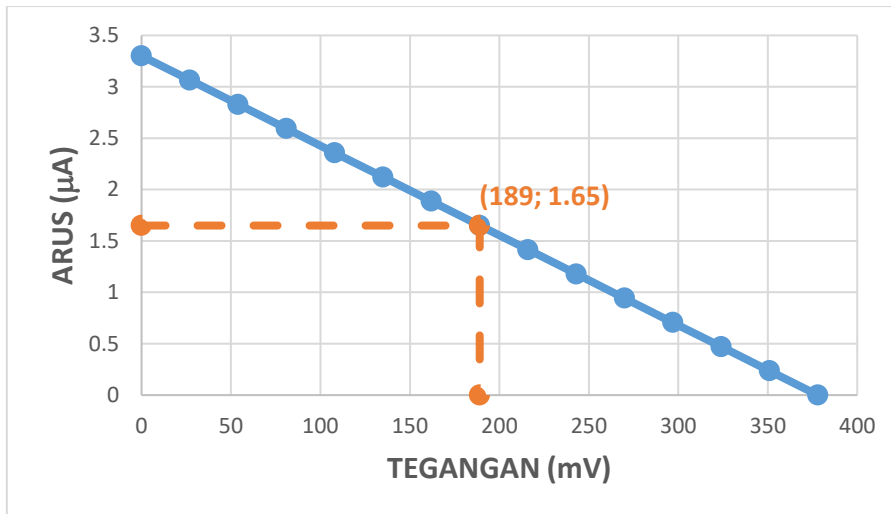
$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{0 - 3,3}{378 - 0} = -0,00873$$

$$I = -0,00873V + 3,3$$

Perhitungan sumbu y digunakan untuk menghitung luasan maksimum dari grafik hubungan V-I yang didapatkan dengan memasukan variasi nilai x dan kemudian membuat grafik dari tabel tersebut. Tegangan maksimum (V_{mpp}) dan Arus Maksimum (I_{mpp}) dapat dilihat dari tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Hubungan V_{mpp} dengan I_{mpp} Sampel 4 Cahaya Matahari AM 1,5

No.	x (mV)	y (μA)	x.y				
1	0	3,3	0	9	216	1,41428571	305,4857143
2	27	3,06428571	82,73571429	10	243	1,17857143	286,3928571
3	54	2,82857143	152,7428571	11	270	0,94285714	254,5714286
4	81	2,59285714	210,0214286	12	297	0,70714286	210,0214286
5	108	2,35714286	254,5714286	13	324	0,47142857	152,7428571
6	135	2,12142857	286,3928571	14	351	0,23571429	82,73571429
7	162	1,88571429	305,4857143	15	378	0	0
8	189	1,65	311,85				



Gambar 4. 13 Grafik Hubungan V-I dari Sampel 3 dengan Cahaya Matahari AM 1,5

Berdasarkan Gambar 4.13 di atas didapatkan nilai V_{mpp} sebesar 189 mV dan I_{mpp} sebesar 1.65μA. Data tersebut digunakan untuk menghitung *fill factor* (FF), daya maksimum dan efisiensi dengan perhitungan sebagai berikut:

$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{189 \times 1,65}{378 \times 3,3} = 0,25$$

$$P_{max} = FF \times V_{oc} \times I_{sc} = 0,25 \times 378 \times 10^{-3} \times 3,3 \times 10^{-6} = 3,11 \times 10^{-7} \text{ Watt}$$

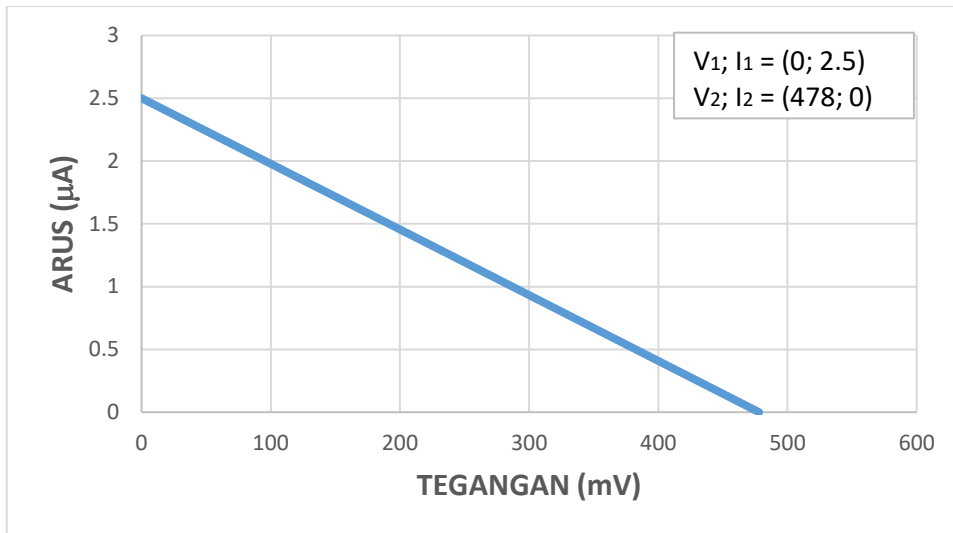
$$\eta = \frac{P_{max}}{I_g \times A} = \frac{3,11 \times 10^{-7}}{930,6 \times 4 \times 10^{-4}} \times 100\% = 0,84 \times 10^{-4}\%$$

4.4.2 Perhitungan Karakteristik DSSC dengan Pencahayaan Lampu LED 10 Watt

Perhitungan efisiensi daya yang digunakan sebagai pembanding daya maksimum hasil perhitungan berasal dari daya yang dimiliki lampu LED yaitu 10 Watt

4.4.2.1 Hasil Perhitungan dan Analisa Sampel 1

Pengujian dilakukan menggunakan sampel 1 dengan pH 1,5. Pada pengukuran V_{oc} sebesar 478 mV dan I_{sc} sebesar 2,5 μA. Berdasarkan data tersebut berikut grafik karakteristik hubungan V-I ditunjukkan pada gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Voc-Isc dari Sampel 1 dengan Lampu LED 10 Watt

Dari grafik di atas dapat gradien (m) dan persamaan sumbu y (Arus).

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{0 - 2,5}{478 - 0} = -0,0052$$

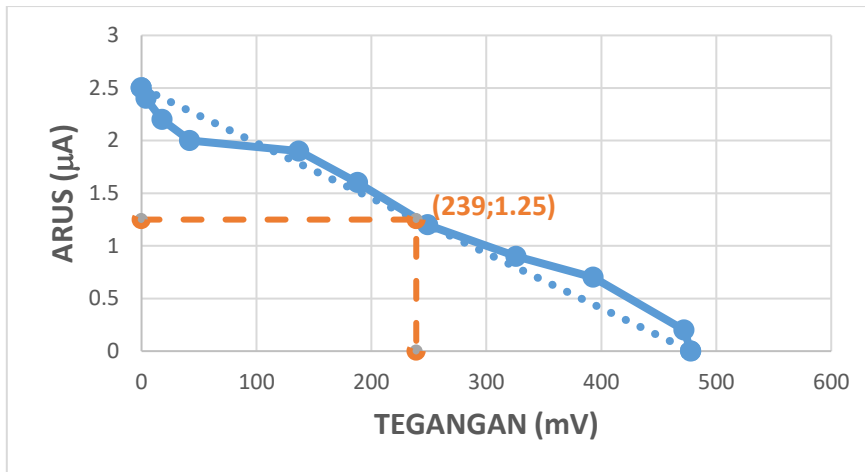
$$I = -0,0052V + 2,5$$

Perhitungan sumbu y digunakan untuk menghitung luasan maksimum dari grafik hubungan V-I yang didapatkan dengan memasukan variasi nilai resistansi dalam pengukuran dan kemudian membuat grafik dari tabel tersebut. Selain itu grafik dilengkapi regresi untuk membantu perhitungan. Tegangan maksimum (V_{mpp}) dan Arus Maksimum (I_{mpp}) dapat dilihat dari tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Hubungan Voc-Isc dari Sampel 1 dengan Lampu LED 10 Watt

No.	x (mV)	y (μA)	x.y
1	0	2.5	0
2	34,14286	2,321428571	79,260204
3	68,28571	2,142857143	146,32653
4	102,4286	1,964285714	201,19898
5	136,5714	1,785714286	243,87755
6	170,7143	1,607142857	274,36224
7	204,8571	1,428571429	292,65306
8	239	1,25	298,75

9	273,1429	1,071428571	292,65306
10	307,2857	0,892857143	274,36224
11	341,4286	0,714285714	243,87755
12	375,5714	0,535714286	201,19898
13	409,7143	0,357142857	146,32653
14	443,8571	0,178571429	79,260204
15	478	0	0



Gambar 4. 15 Grafik Hubungan V-I dari Sampel 1 dengan Lampu LED 10 Watt

Berdasarkan Gambar 4.15 didapatkan nilai V_{mpp} sebesar 239 mV dan I_{mpp} sebesar 1.25μA. Data tersebut digunakan untuk menghitung *fill factor* (FF), daya maksimum dan efisiensi dengan perhitungan sebagai berikut:

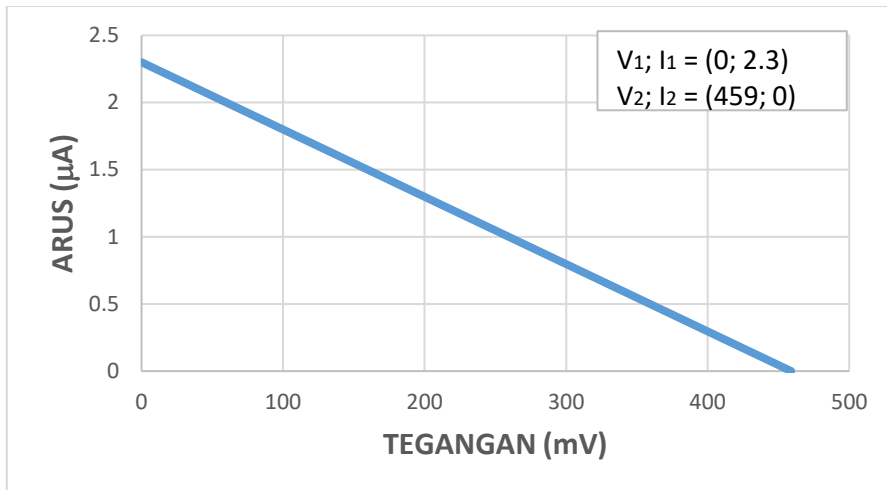
$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{239 \times 1,25}{478 \times 2,5} = 0,25$$

$$P_{max} = FF \times V_{oc} \times I_{sc} = 0,25 \times 478 \times 10^{-3} \times 2,5 \times 10^{-6} = 2,99 \times 10^{-7} \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{2,99 \times 10^{-7}}{10} \times 100\% = 2,99 \times 10^{-6}\%$$

4.4.2.2 Hasil Perhitungan dan Analisa Sampel 2

Pengujian dilakukan menggunakan sampel 2 dengan pH 2. Pada pengukuran V_{oc} sebesar 459 mV dan I_{sc} sebesar 2,3 μA. Berdasarkan data tersebut berikut grafik karakteristik hubungan V-I ditunjukkan pada gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Grafik Hubungan Voc-Isc dari Sampel 2 dengan Lampu LED 10 Watt

Dari grafik di atas dapat gradien (m) dan persamaan sumbu y (Arus).

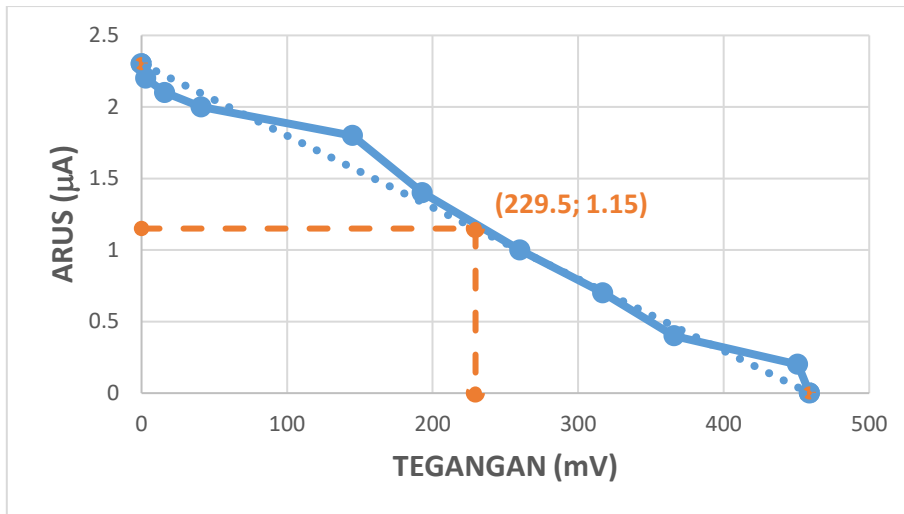
$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{0 - 2,3}{459 - 0} = -0,005$$

$$I = -0,005V + 2,3$$

Perhitungan sumbu y digunakan untuk menghitung luasan maksimum dari grafik hubungan V-I yang didapatkan dengan memasukan variasi nilai resistansi dalam pengukuran dan kemudian membuat grafik dari tabel tersebut. Selain itu grafik dilengkapi regresi untuk membantu perhitungan. Tegangan maksimum (V_{mpp}) dan Arus Maksimum (I_{mpp}) dapat dilihat dari tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Hubungan Voc-Isc dari Sampel 2 dengan Lampu LED 10 Watt

No.	x (mV)	y (μA)	x.y				
1	0	2,3	0	9	262,2857	0,985714286	258,53878
2	32,78571	2,135714286	70,020918	10	295,0714	0,821428571	242,3801
3	65,57143	1,971428571	129,26939	11	327,8571	0,657142857	215,44898
4	98,35714	1,807142857	177,74541	12	360,6429	0,492857143	177,74541
5	131,1429	1,642857143	215,44898	13	393,4286	0,328571429	129,26939
6	163,9286	1,478571429	242,3801	14	426,2143	0,164285714	70,020918
7	196,7143	1,314285714	258,53878	15	459	0	0
8	229,5	1,15	263,925				



Gambar 4. 17 Grafik Hubungan V-I dari Sampel 2 dengan Lampu LED 10 Watt

Berdasarkan Gambar 4.17 didapatkan nilai V_{mpp} sebesar 229,5 mV dan I_{mpp} sebesar 1,15 μ A. Data tersebut digunakan untuk menghitung *fill factor* (FF), daya maksimum dan efisiensi dengan perhitungan sebagai berikut:

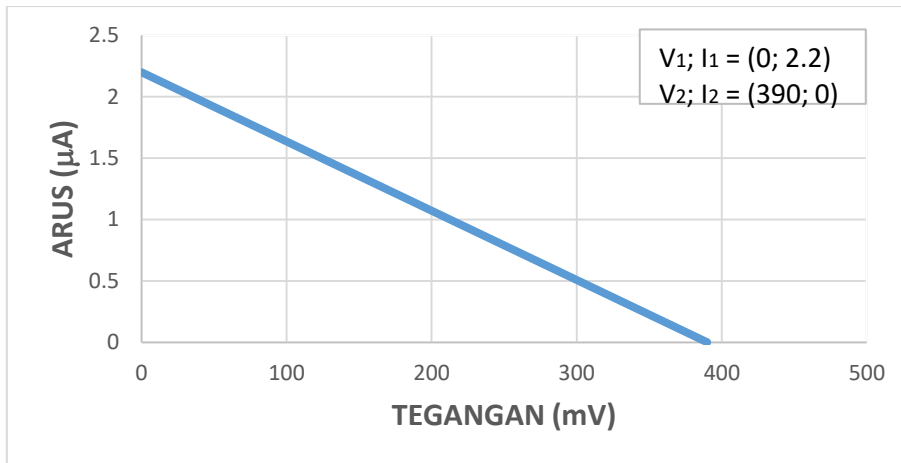
$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{229,5 \times 1,15}{459 \times 2,3} = 0,25$$

$$P_{max} = FF \times V_{oc} \times I_{sc} = 0,25 \times 459 \times 10^{-3} \times 2,3 \times 10^{-6} = 2,64 \times 10^{-7} \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{2,64 \times 10^{-7}}{10} \times 100\% = 2,64 \times 10^{-6}\%$$

4.4.2.3 Hasil Perhitungan dan Analisa Sampel 3

Pengujian dilakukan menggunakan sampel 3 dengan pH 2,6. Pada pengukuran V_{oc} sebesar 390 mV dan I_{sc} sebesar 2,2 μ A. Berdasarkan data tersebut berikut grafik karakteristik hubungan V-I ditunjukkan pada gambar 4.18.



Gambar 4. 18 Grafik Hubungan Voc-Isc dari Sampel 3 dengan Lampu LED 10 Watt

Dari grafik di atas dapat gradien (m) dan persamaan sumbu y (Arus).

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{0 - 2,2}{390 - 0} = -0,005$$

$$I = -0,0056V + 2,2$$

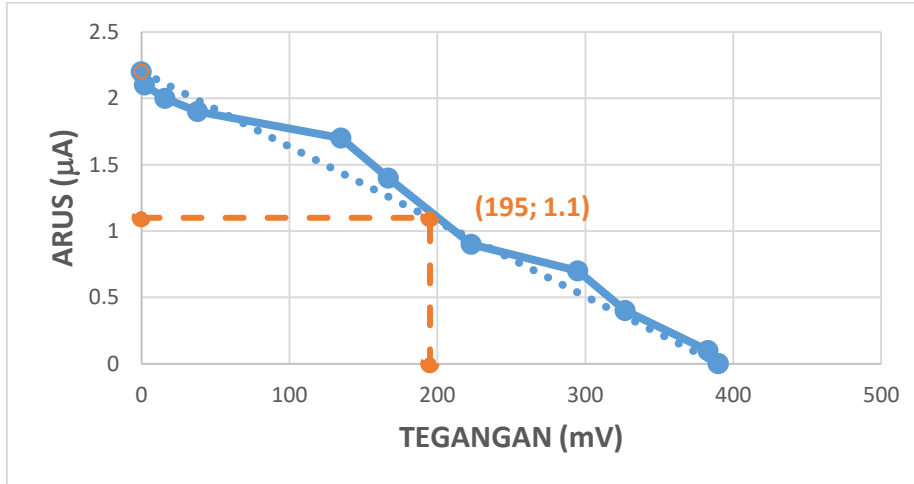
Perhitungan sumbu y digunakan untuk menghitung luasan maksimum dari grafik hubungan V-I yang didapatkan dengan memasukan variasi nilai resistansi dalam pengukuran dan kemudian membuat grafik dari tabel tersebut. Selain itu grafik dilengkapi regresi untuk membantu perhitungan. Tegangan maksimum (V_{mpp}) dan Arus Maksimum (I_{mpp}) dapat dilihat dari tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Hubungan Voc-Isc dari Sampel 3 dengan Lampu LED 10 Watt

No.	x (mV)	y (μA)	x.y
1	0	2,2	0
2	27,85714	2,042857143	56,908163
3	55,71429	1,885714286	105,06122
4	83,57143	1,728571429	144,45918
5	111,4286	1,571428571	175,10204
6	139,2857	1,414285714	196,9898
7	167,1429	1,257142857	210,12245

8	195	1,1	214,5
---	-----	-----	-------

9	222,8571	0,942857143	210,12245
10	250,7143	0,785714286	196,9898
11	278,5714	0,628571429	175,10204
12	306,4286	0,471428571	144,45918
13	334,2857	0,314285714	105,06122
14	362,1429	0,157142857	56,908163
15	390	0	0



Gambar 4. 19 Grafik Hubungan V-I dari Sampel 3 dengan Lampu LED 10 Watt

Berdasarkan Gambar 4.19 didapatkan nilai V_{mpp} sebesar 229,5 mV dan I_{mpp} sebesar 1,15 μA . Data tersebut digunakan untuk menghitung *fill factor* (FF), daya maksimum dan efisiensi dengan perhitungan sebagai berikut:

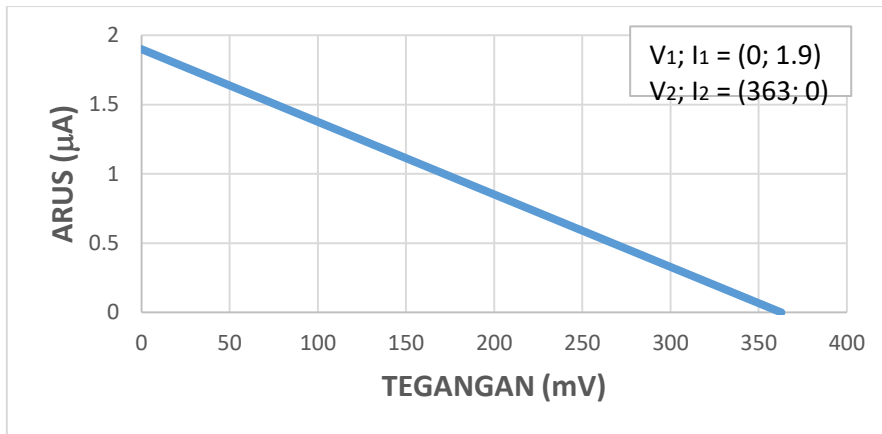
$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{195 \times 1,1}{390 \times 2,2} = 0,25$$

$$P_{max} = FF \times V_{oc} \times I_{sc} = 0,25 \times 390 \times 10^{-3} \times 2,15 \times 10^{-6} = 2,15 \times 10^{-7} Watt$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{2,15 \times 10^{-7}}{10} \times 100\% = 2,15 \times 10^{-6}\%$$

4.4.2.4 Hasil Perhitungan dan Analisa Sampel 4

Pengujian dilakukan menggunakan sampel 4 dengan pH 4,4. Pada pengukuran V_{oc} sebesar 363 mV dan I_{sc} sebesar 1,9 μA . Berdasarkan data tersebut berikut grafik karakteristik hubungan V-I ditunjukkan pada gambar 4.20.



Gambar 4. 20 Grafik Hubungan Voc-Isc dari Sampel 4 dengan Lampu LED 10 Watt

Dari grafik di atas dapat gradien (m) dan persamaan sumbu y (Arus).

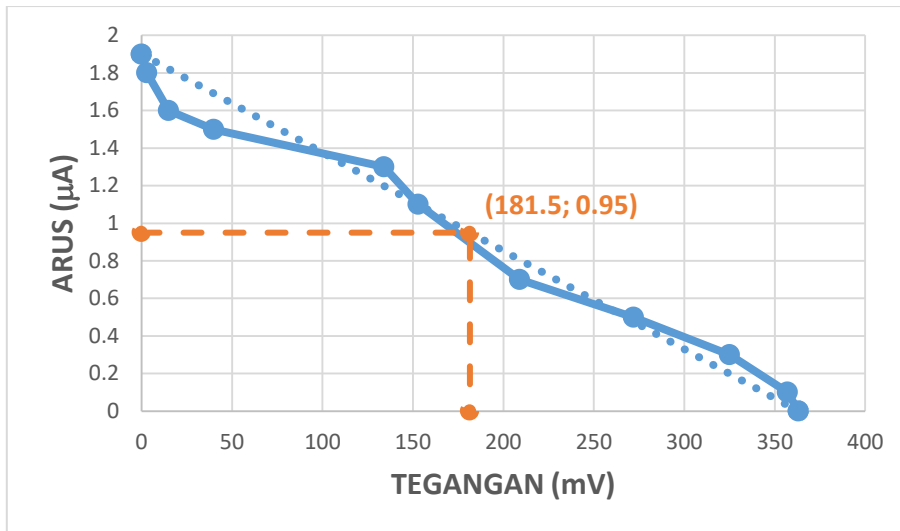
$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{0 - 1,9}{363 - 0} = -0,005$$

$$I = -0.0052V + 1,9$$

Perhitungan sumbu y digunakan untuk menghitung luasan maksimum dari grafik hubungan V-I yang didapatkan dengan memasukan variasi nilai resistansi dalam pengukuran dan kemudian membuat grafik dari tabel tersebut. Selain itu grafik dilengkapi regresi untuk membantu perhitungan. Tegangan maksimum (V_{mpp}) dan Arus Maksimum (I_{mpp}) dapat dilihat dari tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Hubungan Voc-Isc dari Sampel 4 dengan Lampu LED 10 Watt

No.	x (mV)	y (μA)	x.y				
1	0	1,9	0	9	207,4286	0,814285714	168,90612
2	25,92857	1,764285714	45,745408	10	233,3571	0,678571429	158,34949
3	51,85714	1,628571429	84,453061	11	259,2857	0,542857143	140,7551
4	77,78571	1,492857143	116,12296	12	285,2143	0,407142857	116,12296
5	103,7143	1,357142857	140,7551	13	311,1429	0,271428571	84,453061
6	129,6429	1,221428571	158,34949	14	337,0714	0,135714286	45,745408
7	155,5714	1,085714286	168,90612	15	363	0	0
8	181,5	0,95	172,425				



Gambar 4. 21 Grafik Hubungan V-I dari Sampel 4 dengan Lampu LED 10 Watt

Berdasarkan Gambar 4.21 didapatkan nilai V_{mpp} sebesar 229,5 mV dan I_{mpp} sebesar 1,15 μ A. Data tersebut digunakan untuk menghitung *fill factor* (FF), daya maksimum dan efisiensi dengan perhitungan sebagai berikut:

$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{181,5 \times 0,95}{363 \times 1,9} = 0,25$$

$$P_{max} = FF \times V_{oc} \times I_{sc} = 0,25 \times 363 \times 10^{-3} \times 1,9 \times 10^{-6} = 1,72 \times 10^{-7} \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{1,72 \times 10^{-7}}{10} \times 100\% = 1,72 \times 10^{-6}\%$$

Berdasarkan semua perhitungan yang telah dilakukan berikut karakteristik DSSC yang telah diamati dengan pencahayaan cahaya matahari AM 1,5 dan lampu LED 10 Watt pada tabel 4.13 dan tabel 4.14.

Tabel 4. 13 Karakteristik DSSC dengan Pengujian Cahaya Matahari AM 1,5

Pengujian Matahari					
	m	y	FF	Pmax	Efisiensi (%)
Sample 1	-0,007905138	y=-0,00791x+4	0,25	0,000000506	0,000135934
Sample 2	-0,007905983	y=-0,00791+3.7	0,25	4,329E-07	0,000116296
Sample 3	-0,008545035	y=-0,00855+3.7	0,25	4,00525E-07	0,000107599
Sample 4	-0,008730159	y=-0,00873+3.3	0,25	3,1185E-07	8,37766E-05

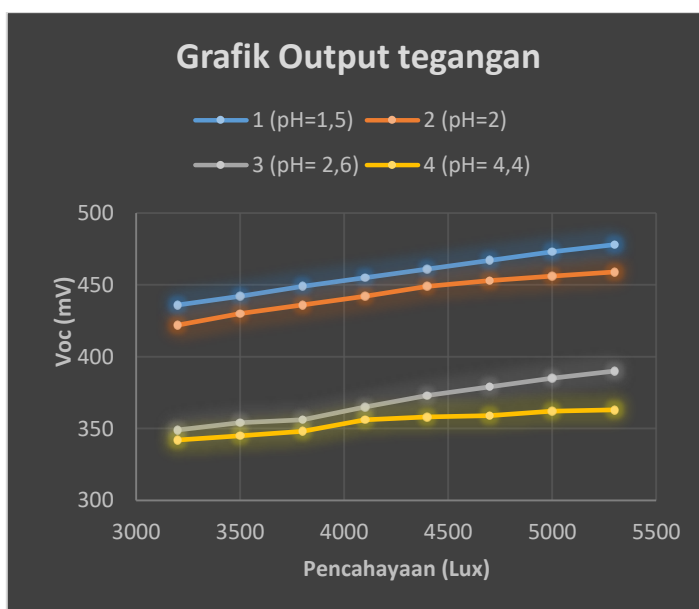
Tabel 4. 14 Karakteristik DSSC dengan Pengujian Lampu LED 10 Watt

Pengujian LED					
	m	y	FF	Pmax (Watt)	Efisiensi (%)
Sample 1	-0,00523	$y = -0,00523x + 2.5$	0,25	2,9875E-07	2,9875E-06
Sample 2	-0,005011	$y = -0,00501x + 2.3$	0,25	2,63925E-07	2,63925E-06
Sample 3	-0,005641	$y = -0,00564x + 2.2$	0,25	2,145E-07	0,000002145
Sample 4	-0,005234	$y = -0,00523x + 1.9$	0,25	1,72425E-07	1,72425E-06

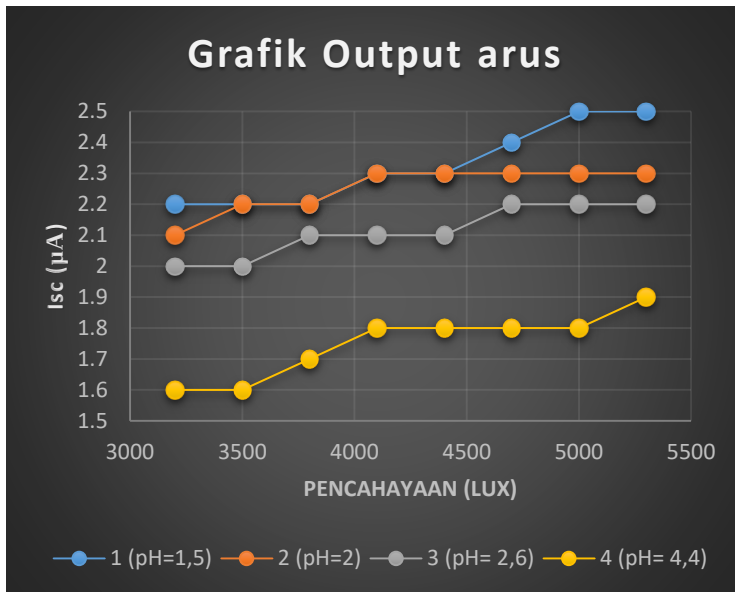
Berdasarkan karakteristik DSSC dari tabel 4.13 dan 4.14, output lebih baik dihasilkan dengan percobaan yang menggunakan pencahayaan yang berasal dari cahaya matahari AM 1,5 dibandingkan menggunakan lampu LED 10 Watt. Selain itu dapat dilihat bahwa pH yang semakin rendah menyebabkan kenaikan output seperti pada tabel 4.13 dan 4.14, kedua tabel memperlihatkan bahwa output sampel 1 dengan pH paling rendah yakni 1,5 memiliki output paling besar baik tegangan maupun arus disbanding sampel lainnya, ini semua membuktikan bahwa pH pada *Dye* antosianin berpengaruh pada output DSSC.

4.5 Analisa pH *Dye* Antosianin Terhadap Keluaran DSSC

Pengaruh pH terlihat seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 maka dapat dibuat grafik pembandingan tegangan dan arus setiap sampel.



(a)



(b)

Gambar 4. 22 Hasil Pengujian (a) Voc dan (b) Isc menggunakan LED 10 Watt

Berdasarkan Gambar 4.22 terlihat baik tegangan maupun arus semakin tinggi saat pH *Dye* yang digunakan semakin rendah (asam). Ini membuktikan bahwa kestabilan *Dye* mempengaruhi output dimana keadaan stabilnya berada di pH rendah. Ini semua disebabkan karena *Dye* yang lebih stabil mengandung lebih banyak ion H^+ dan inilah yang membantu mengalirkan elektron saat proses eksitasi elektron pada *Dye*. Dari data yang diperoleh terlihat bahwa perbedaan pH $\pm 0,5$ pada sampel 1 dan sampel 2 perubahan tegangan tidak signifikan namun pada sampel 3 dan sampel 4 terlihat perbedaan hingga lebih dari 70 mV. Sedangkan pada arus terdapat perubahan namun tidak terlihat signifikan.