

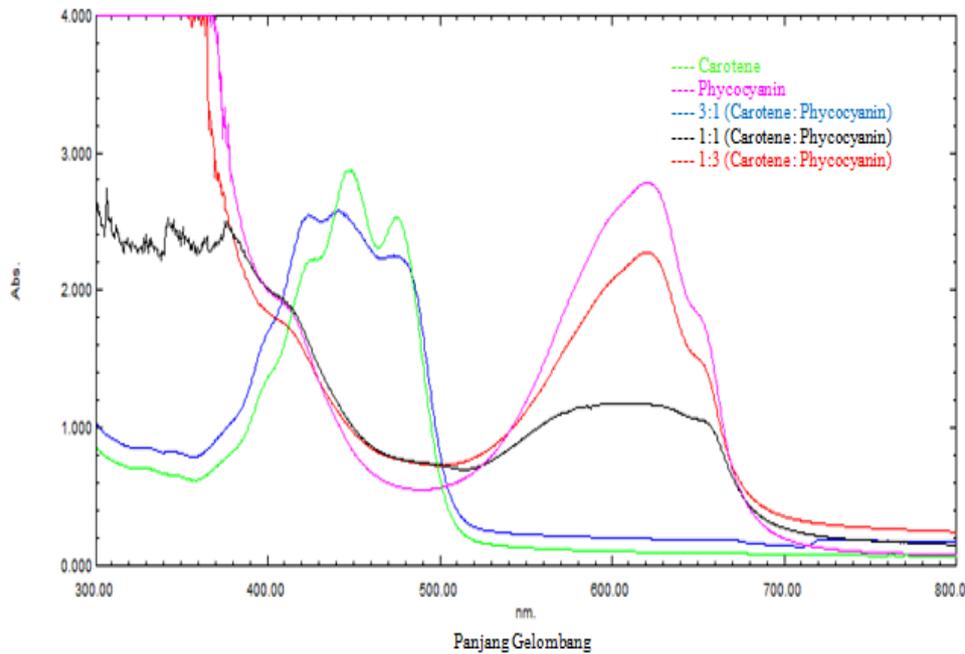
## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui apakah sistem telah bekerja sesuai dengan perancangan. Pada penelitian ini pengujian yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Absorbansi
2. Pengujian Ketebalan dan Morfologi TiO<sub>2</sub>
3. Pengujian Tegangan dan Arus
4. Pengujian Respon Waktu Berdasarkan Tegangan
5. Analisis Perhitungan Linieritas Sensor
6. Analisis Perhitungan Sensitivitas Sensor
7. Pengujian Repeatability

### **4.1 Pengujian Absorbansi *Dye***

Pengujian absorbansi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kemampuan *dye* yang telah dikombinasikan dalam menyerap cahaya pada spektrum panjang gelombang antara 300nm sampai 800nm. Dalam pengujian ini, digunakan alat Spectrophotometer UV-VIS Visible dengan tipe UV-1800 dari Shimadzu dan dilakukan di Laboratorium Farmasi Jurusan Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya. Masing masing sample diuji pada panjang gelombang 300 nm sampai 800 nm yang dinyatakan dalam satuan a.u (arbitrary unit).. Hasil pengujian absorbansi sample ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Hasil pengujian absorbansi *dye*

Pada Gambar 4.1 bahwa pada panjang gelombang 400 nm sampai kurang lebih 494 nm *dye carotene* memiliki penyerapan cahaya terbesar yaitu 1 a.u sampai 2,882 a.u dengan puncak tertinggi pada 449 nm sebesar 2,882 a.u dan 474 nm sebesar 2,531 a.u. *Dye phycocyanin* pada panjang memiliki puncak pada 620,50 nm sebesar 2,787 a.u dengan peningkatan terjadi pada 500-620,50 nm dan penurunan pada 620,50-700 nm serta 300-500 nm. Untuk kombinasi antara *dye* P1C3 memiliki bentuk gelombang seperti *dye carotene* akan tetapi puncak gelombang pada 440,50 nm sebesar 2,587 a.u, sedangkan untuk P3C1 memiliki bentuk gelombang seperti *phycocyanin* dengan puncak 2,279 a.u pada 620,50 nm. Akan tetapi, pada variasi dua *dye* P1 C1 mengalami penurunan tingkat absorbansi cahaya dengan puncak 1,183 a.u pada panjang gelombang 614 nm. Hal ini terjadi karena kedua sifat larutan *dye* berbeda.

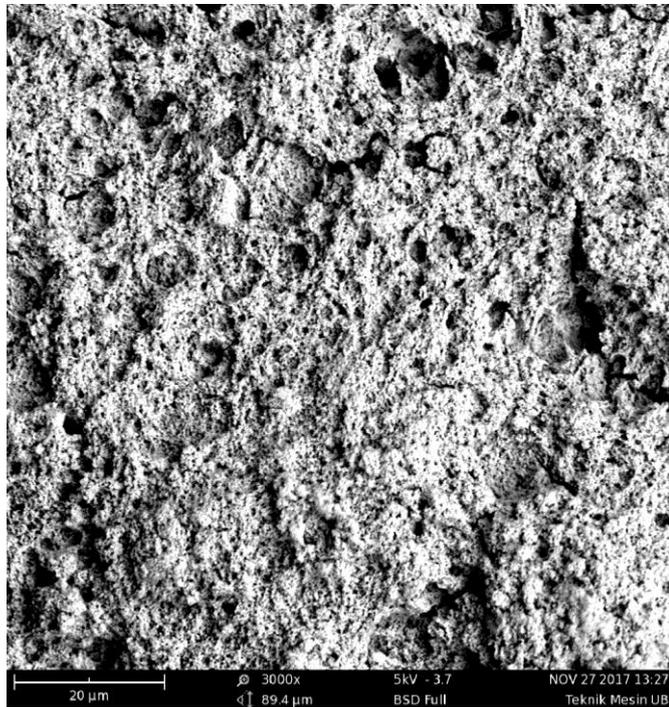
#### 4.2. Pengujian Ketebalan Dan Morfologi Lapisan TiO<sub>2</sub>

Pengujian ketebalan dan morfologi lapisan TiO<sub>2</sub> dilakukan di laboratorium Sentral Mesin Universitas Brawijaya menggunakan Mikroskop digital dengan tipe DINO-LITE AM 4115 Series dan SEM dengan tipe G2 Pro dari Phenom. Ketebalan lapisan kaca TiO<sub>2</sub> diukur menggunakan mikroskop digital dengan pembesaran 400x. Ketebalan yang diperoleh adalah 0.021 mm – 0.44 mm hal ini ditunjukkan dalam Gambar 4.2. Morfologi lapisan TiO<sub>2</sub> diamati dengan

menggunakan Scanning Electron Microscope dengan pembesaran 3000x. lapisan TiO<sub>2</sub> yang diperoleh dari *spin coating* dengan kecepatan 975 rpm selama 10 detik yang terdiri dari 12 lapis memiliki permukaan yang tidak rata hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2. Pengukuran ketebalan lapisan TiO<sub>2</sub> dengan pembesaran 400x



Gambar 4.3. Morfologi lapisan TiO<sub>2</sub> dengan pembesaran 3000x

Pada Gambar 4.2. dan 4.3. dapat diketahui bahwa pelapisan TiO<sub>2</sub> menggunakan metode *spin coating* dengan kecepatan 975 rpm selama 10 detik sebanyak 12 lapis memiliki ketebalan 0,021mm-0,044mm. Bentuk lapisan TiO<sub>2</sub> tidak rata dikarenakan lama waktu *spin coating* sebentar dan kekentalan pasta TiO<sub>2</sub> yang kurang.

### 4.3. Pengujian Tegangan dan Arus

Pengujian tegangan dan arus dilakukan dengan cara menghubungkan sensor dengan rangkaian seperti ilustrasi Gambar 3.10 Multimeter yang digunakan pada pengujian arus merk SANWA CD771 sedangkan pada pengujian tegangan menggunakan multimeter dengan merk HYLEC MS8229.

#### 4.3.1. Pengujian Tegangan Sensor

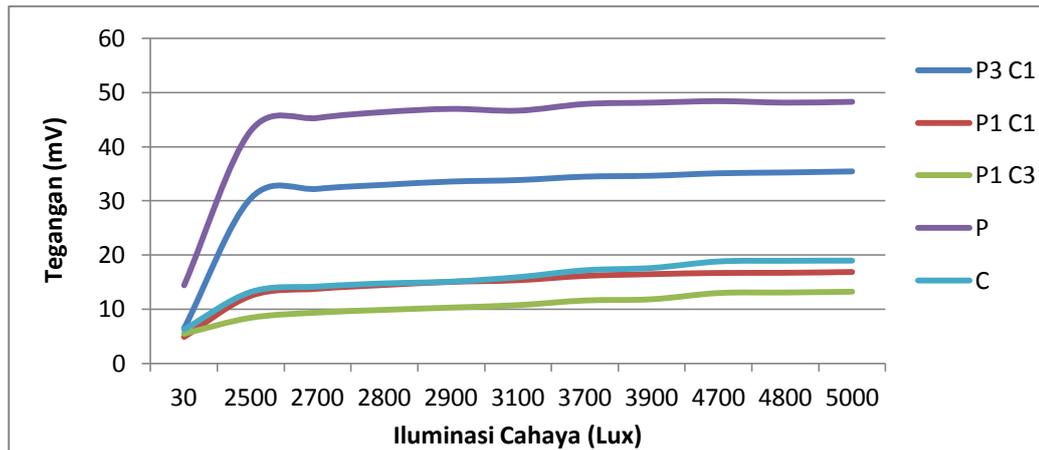
Pengujian tegangan sensor optik menggunakan lampu merkuri 160 Watt sebagai sumber cahaya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara tegangan keluaran dan iluminasi serta tegangan keluaran dan suhu (daerah sekitar sensor optik). Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian tegangan sensor optik dengan variasi *dye carotene* dan *phycocyanin*.

Tabel 4.1

Hasil pengujian tegangan sensor

Suhu (°C)	Iluminasi Cahaya (Lux)	Tegangan (mV)				
		P3 C1	P1 C1	P1 C3	P	C
27,3	30	6,475	4,825	5,475	<b>14,45</b>	6,225
30	2500	30,525	12,45	8,425	<b>42,95</b>	13,15
31	2700	32,25	13,75	9,375	<b>45,275</b>	14,15
31,8	2800	33	14,45	9,875	<b>46,375</b>	14,725
32	2900	33,6	15,025	10,3	<b>46,95</b>	15,05
33,5	3100	33,875	15,325	10,75	<b>46,625</b>	15,875
34,7	3700	34,5	16,125	11,6	<b>47,85</b>	17,15
35,1	3900	34,675	16,45	11,825	<b>48,1</b>	17,575
36,9	4700	35,125	16,675	12,975	<b>48,375</b>	18,775
37	4800	35,275	16,7	13,075	<b>48,1</b>	18,9
37,1	5000	35,475	16,85	13,225	<b>48,25</b>	18,925

Nilai tegangan pada Tabel 4.1 merupakan nilai rata-rata tegangan dalam 4 (empat) kali pengukuran. Nilai tegangan sensor P adalah 48,25 mV, sedangkan sensor C 18,925 mV, sedangkan untuk sensor yang terdapat kombinasi *dye*, sensor P3C1 memiliki tegangan yang lebih besar yakni 35,475 mV dibandingkan dengan P1C1 dengan tegangan sebesar 16,85 mV dan P1C3 dengan tegangan sebesar 18,925 mV pada iluminasi 5000 lux. Hubungan tegangan keluaran sensor terhadap luminasi ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik hubungan tegangan sensor terhadap iluminasi cahaya

#### 4.3.2. Pengujian Arus Sensor

Pengujian arus sensor optik menggunakan lampu merkuri 160 Watt sebagai sumber cahaya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara tegangan keluaran dan iluminasi serta arus keluaran dan suhu (daerah sekitar sensor optik) yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

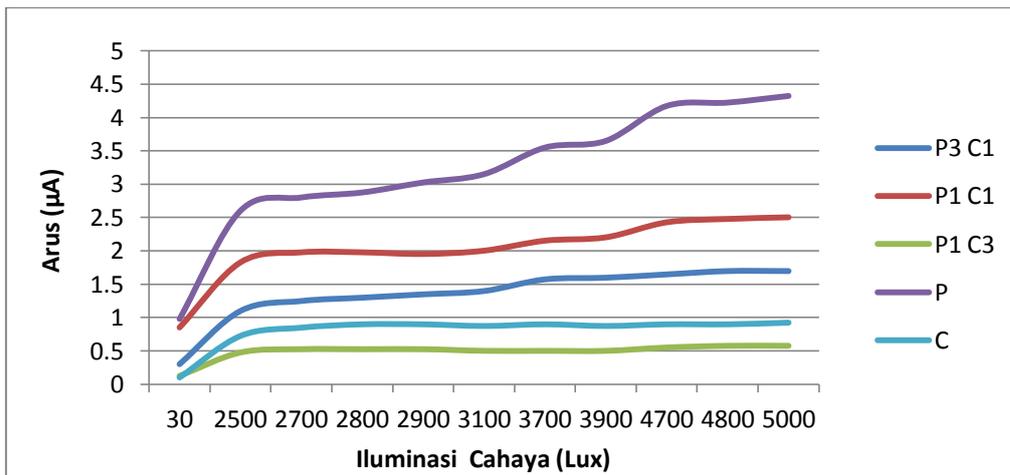
Tabel 4.2

Hasil pengujian arus sensor

SUHU (°C)	Iluminasi Cahaya (Lux)	Arus ( $\mu\text{A}$ )				
		P3 C1	P1 C1	P1 C3	P	C
27,3	30	0,3	0,85	0,125	<b>0,975</b>	0,1
30	2500	1,1	1,825	0,475	<b>2,6</b>	0,725
31	2700	1,25	1,975	0,525	<b>2,8</b>	0,85
31,8	2800	1,3	1,975	0,525	<b>2,875</b>	0,9
32	2900	1,35	1,95	0,525	<b>3,025</b>	0,9
33,5	3100	1,4	2	0,5	<b>3,15</b>	0,875
34,7	3700	1,575	2,15	0,5	<b>3,55</b>	0,9
35,1	3900	1,6	2,2	0,5	<b>3,65</b>	0,875
36,9	4700	1,65	2,425	0,55	<b>4,175</b>	0,9
37	4800	1,7	2,475	0,575	<b>4,225</b>	0,9
37,1	5000	1,7	2,5	0,575	<b>4,325</b>	0,925

Pada Tabel 4.2 merupakan nilai rata-rata arus dalam 4 (empat) kali pengukuran. Nilai arus sensor P adalah  $4,325 \mu\text{A}$ , sedangkan sensor C  $0,925 \mu\text{A}$ , sedangkan untuk sensor yang terdapat kombinasi *dye*, sensor P1C1 memiliki arus yang lebih besar yakni  $2,5 \mu\text{A}$  dibandingkan dengan P3C1 dengan tegangan

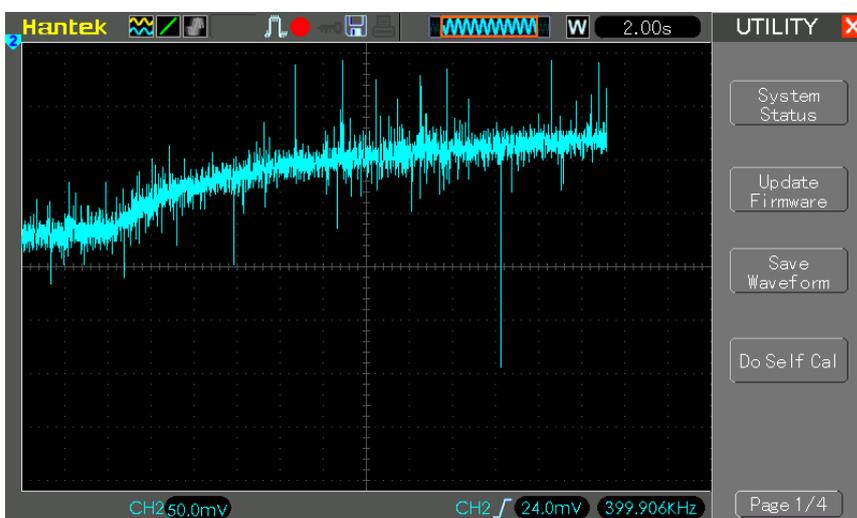
sebesar  $1,7 \mu\text{A}$  dan P1C3 dengan tegangan sebesar  $0,575 \mu\text{A}$  pada iluminasi 5000 lux. Hubungan arus keluaran sensor terhadap lux ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



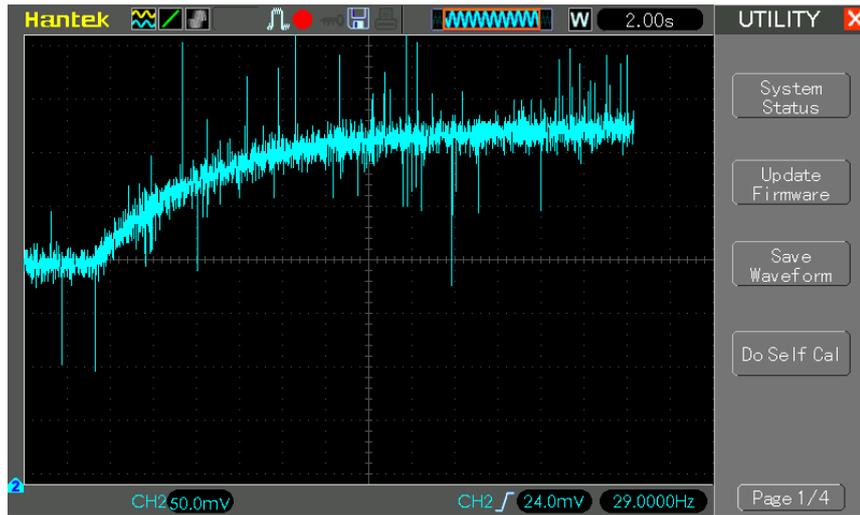
Gambar 4.4 Grafik arus sensor terhadap iluminasi cahaya

#### 4.4. Pengujian Respon Waktu

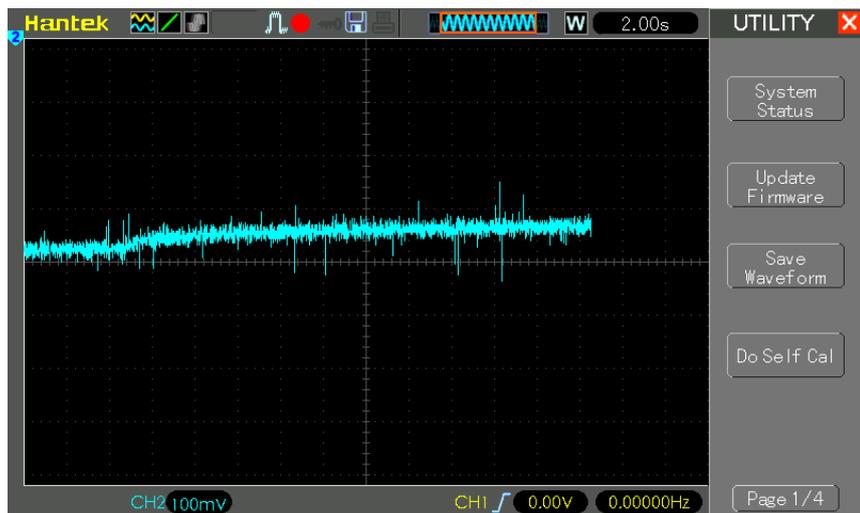
Pengujian tanggapan waktu dilakukan dengan sensor yang pada awalnya tidak dikenai cahaya diberikan iluminasi cahaya sebesar 1700 lux seketika. Hasil pengujian tanggapan waktu sensor optik ditunjukkan dalam Gambar 4.5 untuk (sensor P3 C1), Gambar 4.6 (sensor P1 C1), Gambar 4.5 (sensor P1 C1), Gambar 4.6 (sensor P1 C3), Gambar 4.7 (sensor P), Gambar 4.8 (sensor C). Berdasarkan gambar tersebut akan dicari waktu respon sensor saat diberi cahaya hingga respon sensor *steady* yang ditunjukkan pada tabel 4.3.



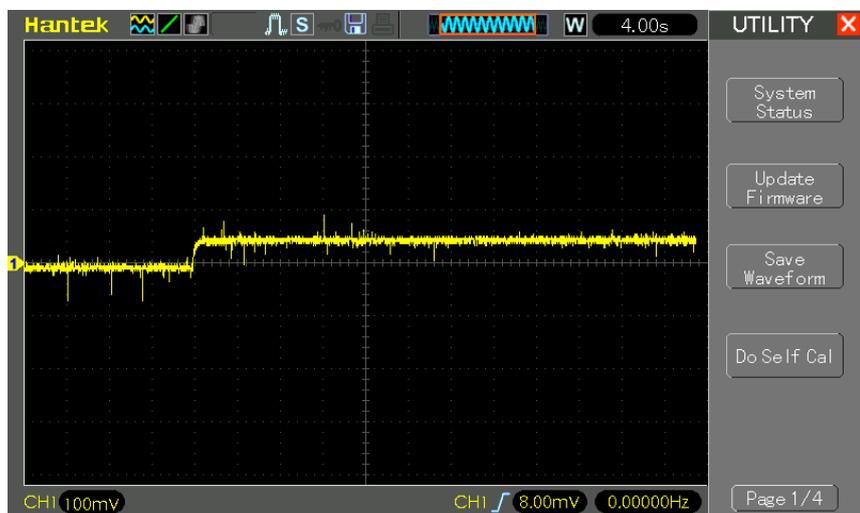
Gambar 4.5 Respon waktu sensor P3 C1, time/div : 2s/div, vol/div : 50 mV/div



Gambar 4.6 Respon waktu sensor P1 C1, time/div : 2s/div, vol/div : 50 mV/div



Gambar 4.7 Respon waktu sensor P1 C3, time/div : 2s/div, vol/div : 100 mV/div



Gambar 4.8 Respon waktu sensor P, time/div : 4s/div, vol/div : 100 mV/div



Gambar 4.9 Respon waktu sensor C , time/div : 2s/div, vol/div : 50 mV/div

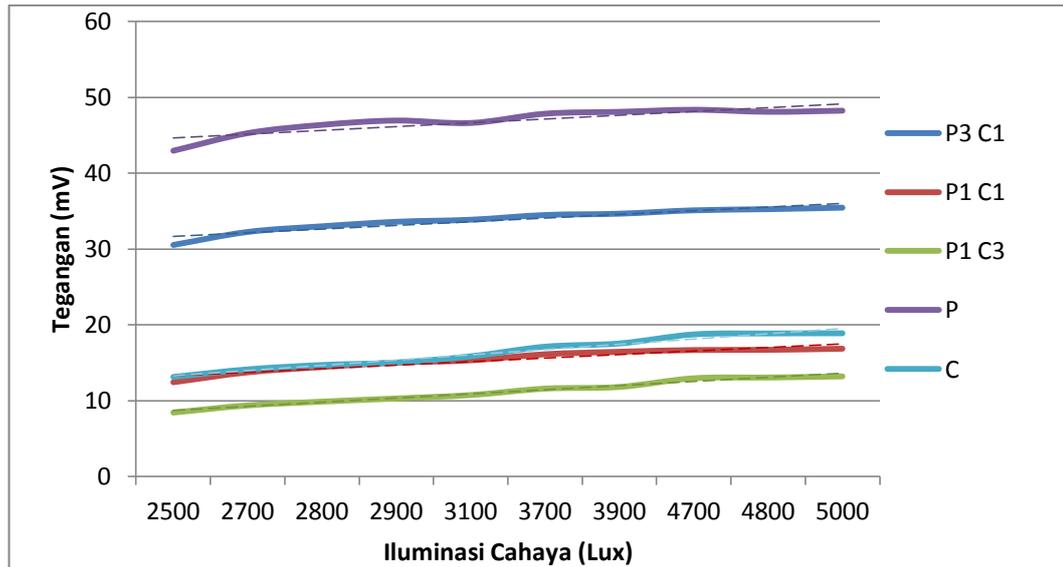
Tabel 4.3  
Hasil Pengukuran sensor waktu

Sensor	Rising Time (s)
P3 C1	13,68
P1 C1	12,24
P1 C3	1,32
P	1,08
C	0,88

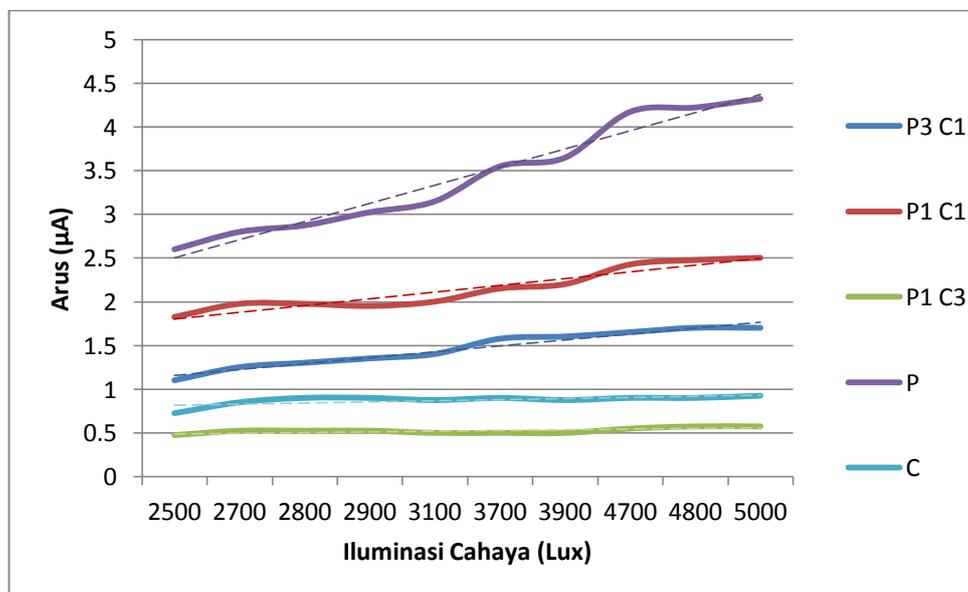
Berdasarkan Gambar 4.5 , 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 dan Tabel 4.3, sensor memiliki yang telah dirancang mempunyai tanggapan waktu yang berbeda . Sensor P3C1 memiliki waktu yang paling lama untuk mencapai steady state yaitu 13,68 sekon, sedangkan sensor C memiliki respon waktu yang paling cepat yaitu 0,88 sekon. Semakin banyak nilai konsentrasi *dye carotene* maka cepat respon waktu sensor untuk mencapai steady state.

#### 4.5. Analisis Perhitungan Linieritas Sensor

Pengujian linearitas sensor diketahui dengan membandingkan perubahan keluaran dengan masukan yang ditunjukkan Gambar 4.10 untuk pengujian tegangan dan Gambar 4.11 untuk pengujian arus, gambar grafik tersebut diperoleh dari hasil pengujian pada Table 4.1 dan 4.2. Pada analisis perhitungan linieritas sensor ini range kerja sensor adalah 2500 – 5000 lux.



Gambar 4.10 Trend line pada grafik hubungan tegangan keluaran sensor terhadap iluminasi cahaya



Gambar 4.11 Trend line pada grafik hubungan tegangan keluaran sensor terhadap iluminasi cahaya

Berdasarkan Gambar 4.10 dan 4.11, akan dicari setiap persamaan garis dan koefisien determinasi yang terbentuk dari masing-masing perulangan pengujian tegangan menggunakan bantuan Ms. Excel yang ditunjukkan dalam Tabel 4.4

Tabel 4.4

Persamaan garis dan koefisien determinasi pada pengujian tegangan dan arus

Pengujian	Sensor	Persamaan Garis	Koefisien Determensi
Tegangan	P3 C1	$y = 0,4861x + 31,157$	0,8942

	P1 C1	$y = 0,4633x + 12,832$	0,9075
	<b>P1 C3</b>	<b><math>y = 0,5456x + 8,1417</math></b>	<b>0,9791</b>
	P	$y = 0,4979x + 44,147$	0,7754
	C	$y = 0,6929x + 12,617$	0,9724
Arus	P3 C1	$y = 0,068x + 1,0883$	0,9568
	P1 C1	$y = 0,0771x + 1,7233$	0,9162
	P1 C3	$y = 0,0079x + 0,4817$	0,5121
	<b>P</b>	<b><math>y = 0,2077x + 2,295</math></b>	<b>0,9656</b>
	C	$y = 0,0127x + 0,805$	0,4648

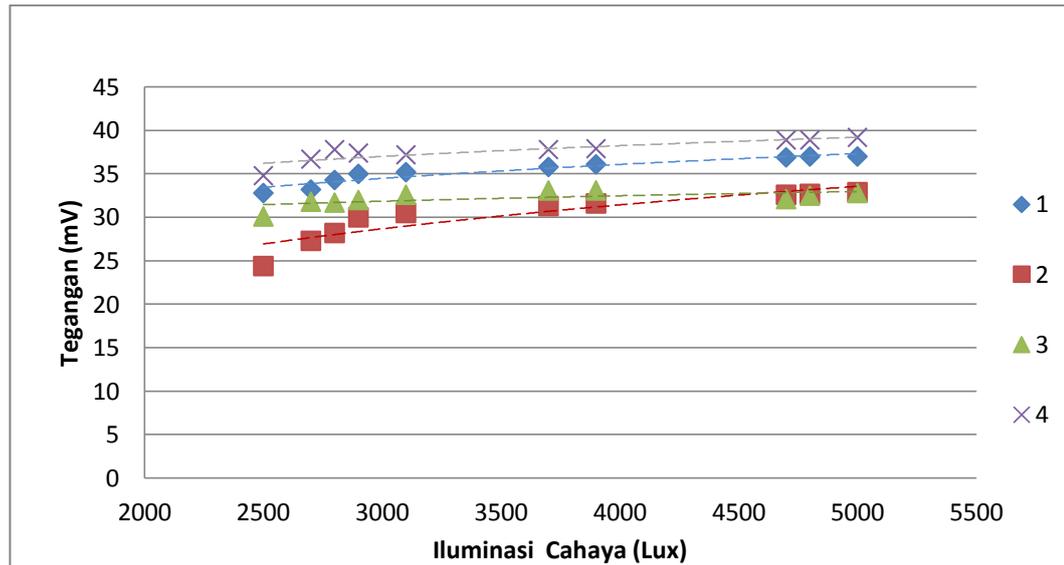
Berdasarkan Tabel 4.4, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang mendekati nilai 1 menunjukkan bahwa iluminasi sangat berpengaruh terhadap tegangan dan arus keluaran sensor optik. Pada pengujian tegangan, sensor P1C3 memiliki tingkat kelinieritas yang paling tinggi  $R^2 = 0,9791$ , artinya 97,91% variasi hasil tegangan dapat dijelaskan oleh variasi luminasi. Pada pengujian arus, tingkat kelinieritas arus paling tinggi adalah sensor P dengan  $R^2 = 0,9656$ , artinya 96,56% variasi hasil arus dapat dijelaskan oleh variasi luminasi (3,44% lainnya dijelaskan oleh variabel lain).

#### 4.6. Perhitungan Sensitivitas Sensor

Pengujian sensitivitas sensor optik memanfaatkan perulangan dalam pengujian tegangan dan arus. Dalam setiap pengujian tegangan maupun arus dilakukan 4 (lima) kali pengukuran pada masing-masing sensor optik pada range kerja 2500-5000 lux. Hasil pengukuran kemudian ditampilkan dalam grafik sehingga terlihat hubungan iluminasi dan tegangan maupun arus keluaran sensor. Data pengukuran tersebut menghasilkan persamaan garis linier atau persamaan garis logaritmik dengan persamaan umum seperti Persamaan (2-1) dan (2-2).

##### 4.6.1. Pengujian Sensitivitas Sensor P3C1

Hasil pengujian tegangan keluaran dengan 4 (empat) kali perulangan ditunjukkan dalam Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik pengujian tegangan sensor P3C1

Berdasarkan Gambar 4.12, dicari setiap persamaan garis dan koefisien determinasi yang terbentuk dari masing-masing perulangan pengujian tegangan menggunakan bantuan Ms. Excel. Hasil pengujian tegangan pada sensor optik dengan P3C1 ditunjukkan dalam Tabel 4.5.

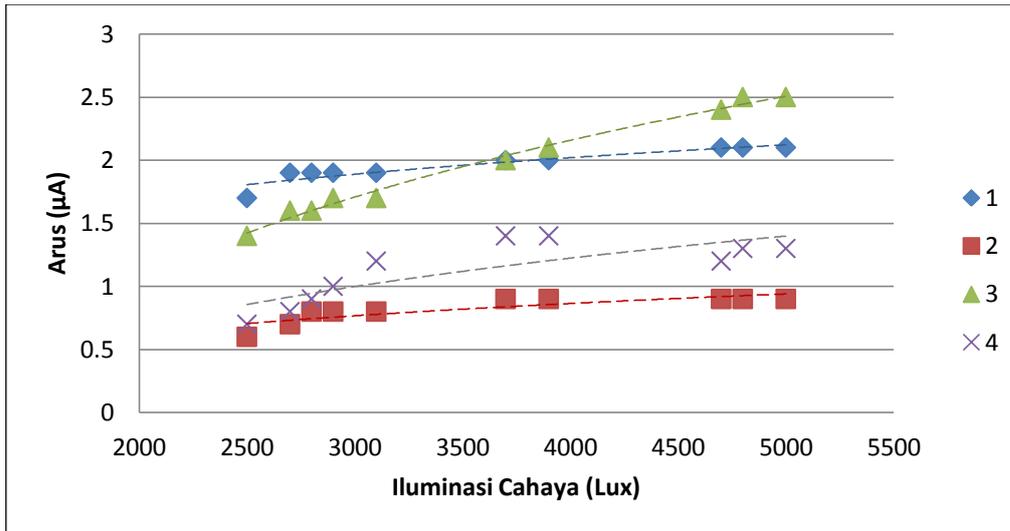
Tabel 4.5

Persamaan garis dan koefisien determinasi tegangan sensor P3C1

Pengujian Tegangan Ke	Persamaan Garis	Koefisien Determinasi
1	$y = 5,5934\ln(x) - 10,317$	$R^2 = 0,9083$
2	$y = 9,5621\ln(x) - 47,884$	$R^2 = 0,8116$
3	$y = 2,1962\ln(x) + 14,257$	$R^2 = 0,414$
4	$y = 4,3097\ln(x) + 2,4896$	$R^2 = 0,7581$

Pada Tabel 4.5 ditunjukkan nilai persamaan garis dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ). Pengujian tegangan ke 1 memiliki nilai koefisien determinasi yang paling mendekati nilai 1, bisa dikatakan bahwa pengujian tersebut memiliki kecocokan yang sempurna. Oleh karena itu, persamaan garis pada pengujian ke 1 yang dijadikan acuan dalam dijadikan fungsi alih, agar tercipta hubungan keluaran dan masukan atau bisa disebut dengan nilai sensitivitas. Berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai sensitivitas sensor sebesar 5,5934mV/lux, artinya pada sensor P3C1 terjadi perubahan tegangan sebesar 5,5934mV untuk setiap 1 lux.

Nilai sensitivitas juga didapatkan dalam pengujian arus. Hasil pengujian arus pada sensor P3C1 ditunjukkan dalam Gambar 4.13 Nilai persamaan garis dan koefisien determinasi ditunjukkan dalam Tabel 4.6.



Gambar 4.13 Grafik pengujian tegangan sensor P3C1

Tabel 4.6

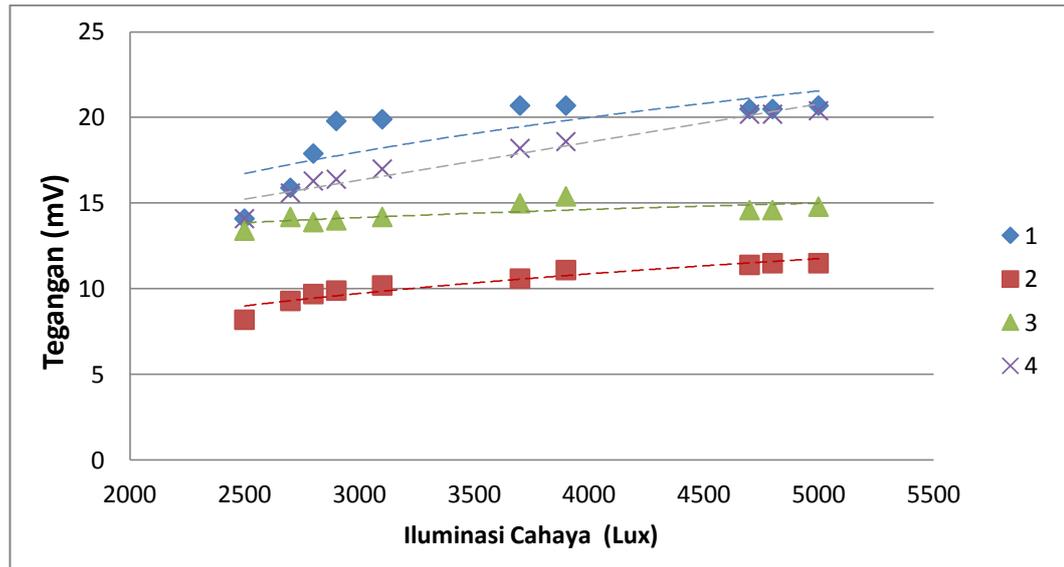
Persamaan garis dan koefisien determinasi arus sensor P3C1

Pengujian Arus ke	Persamaan Garis	Koefisien Determinasi
1	$y = 0,4547\ln(x) - 1,7509$	$R^2 = 0,8747$
2	$y = 0,3387\ln(x) - 1,944$	$R^2 = 0,7278$
<b>3</b>	<b><math>y = 1,5644\ln(x) - 10,816</math></b>	<b><math>R^2 = 0,9905</math></b>
4	$y = 0,7828\ln(x) - 5,268$	$R^2 = 0,648$

Pengujian arus ke 3 memiliki nilai  $R^2$  paling mendekati satu (lihat Tabel 4.6) sehingga persamaan garis dijadikan acuan untuk mendapatkan nilai sensitivitas. Fungsi alih dari persamaan garis pengujian arus ke 3 dengan Persamaan (2-1) didapatkan,  $= 1,564\ln(x) - 10,816$ , sehingga sensitivitas sensor sebesar 1,564  $\mu\text{A}/\text{lux}$ .

#### 4.6.2. Pengujian Sensitivitas Sensor P1C1

Pengujian sensor P1C1 dilakukan dengan 4 (empat) kali pengukuran, hasil pengujian tegangan ditunjukkan dalam Gambar 4.14 dan persamaan garis serta nilai koefisien determinasi ditunjukkan dalam Tabel 4.7.



Gambar 4.14 Grafik pengujian tegangan sensor PIC1

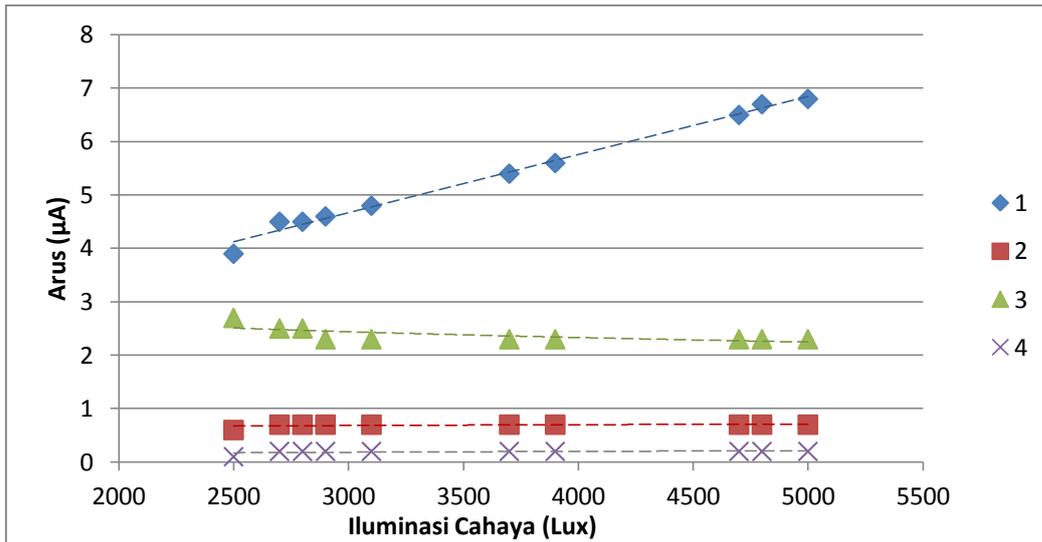
Tabel 4.7

Persamaan garis dan koefisien determinasi tegangan sensor PIC1

Pengujian Tegangan Ke	Persamaan Garis	Koefisien Determinasi
1	$y = 6,96\ln(x) - 37,729$	$R^2 = 0,5973$
2	$y = 3,9758\ln(x) - 22,106$	$R^2 = 0,8962$
3	$y = 1,6512\ln(x) + 0,9353$	$R^2 = 0,5376$
<b>4</b>	<b><math>y = 0,0022x + 9,6511</math></b>	<b><math>R^2 = 0,9516</math></b>

Pengujian tegangan ke 4 memiliki nilai  $R^2$  paling mendekati satu (lihat Tabel 4.7) sehingga persamaan garis dijadikan acuan untuk mendapatkan nilai sensitivitas. Fungsi alih dari persamaan garis pengujian tegangan ke 4 dengan Persamaan (2-2) didapatkan,  $= 0.002s + 9,6511$  sehingga sensitivitas sensor sebesar  $0,002\text{mV/lux}$ .

Hasil pengujian arus ditunjukkan dalam Gambar 4.15 dan persamaan garis serta nilai koefisien determinasi ditunjukkan dalam Tabel 4.8.



Gambar 4.15 Grafik pengujian arus sensor P1C1

Tabel 4.8

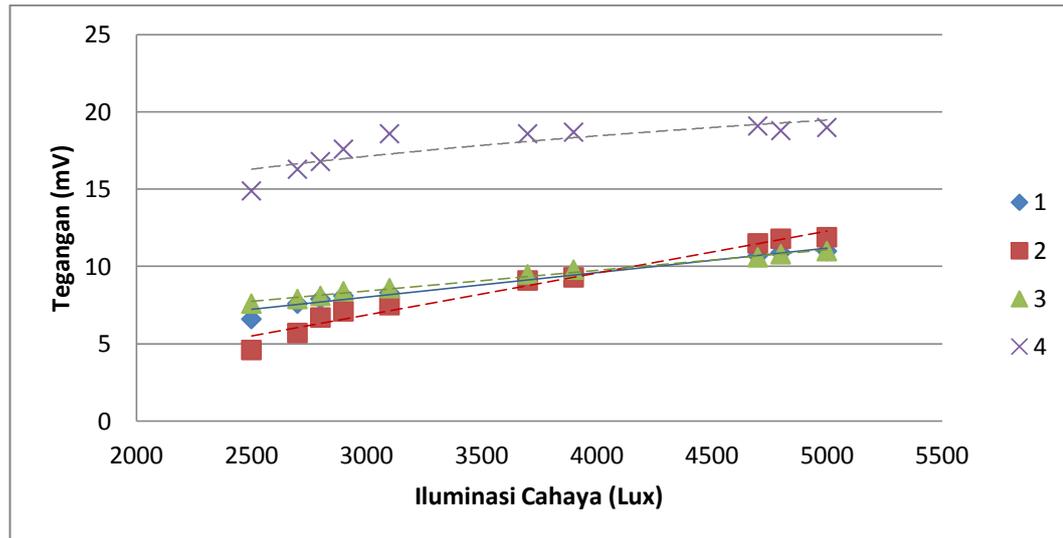
Persamaan garis dan koefisien determinasi arus sensor P1C1

Pengujian Arus ke	Persamaan Garis	Koefisien Determinasi
1	$y = 0,0011x + 1,3959$	$R^2 = 0,9907$
2	$y = 0,0553\ln(x) + 0,2389$	$R^2 = 0,2068$
3	$y = -0,38\ln(x) + 5,4792$	$R^2 = 0,4991$
4	$y = 0,0553\ln(x) - 0,2611$	$R^2 = 0,2068$

Pada Tabel 4.8 ditunjukkan nilai persamaan garis dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ). Pengujian arus ke 1 memiliki nilai koefisien determinasi yang paling mendekati nilai 1, bisa dikatakan bahwa pengujian tersebut memiliki kecocokan yang sempurna. Oleh karena itu, persamaan garis pada pengujian ke 1 yang dijadikan acuan dalam dijadikan fungsi alih. Fungsi alih atau fungsi transfer dari pengujian ke 1 dengan menggunakan Persamaan (2-1) didapatkan hasil,  $=1,3959+0,001s$ , sehingga sensitivitas sensor sebesar  $0,001\mu A/lux$ .

#### 4.6.3. Pengujian Sensitivitas Sensor P1C3

Hasil pengujian tegangan pada sensor P1C3 ditunjukkan dalam Gambar 4.16



Gambar 4.16 Grafik pengujian tegangan sensor PIC3

Hasil 4 pengujian tegangan sensor PIC3 terhadap iluminasi menunjukkan fungsi transfer dari masing – masing percobaan yang dapat ditunjukkan dalam Tabel 4.9.

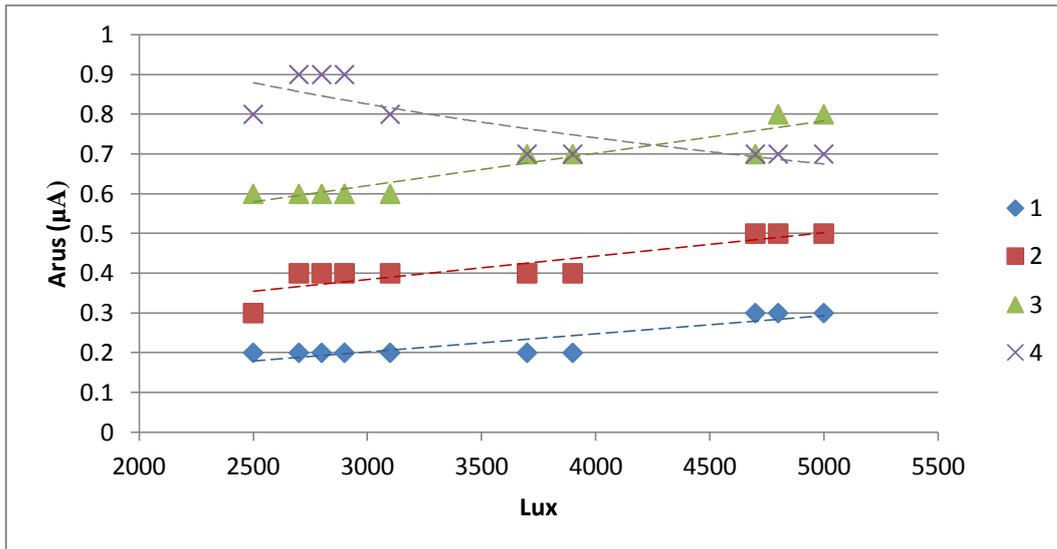
Tabel 4.9

Persamaan garis dan koefisien determinasi tegangan sensor PIC3

Pengujian Tegangan Ke	Persamaan Garis	Koefisien Determinasi
1	$y = 0,0016x + 3,2451$	$R^2 = 0,9738$
2	$y = 0,0027x - 1,2954$	$R^2 = 0,9717$
3	<b><math>y = 0,0013x + 4,3966</math></b>	<b><math>R^2 = 0,9915</math></b>
4	$y = 4,5927\ln(x) - 19,64$	$R^2 = 0,7176$

Pada Tabel 4.9 Pengujian tegangan ke 3 memiliki nilai  $R^2$  paling mendekati 1 sehingga persamaan garis tersebut dijadikan acuan untuk mendapatkan nilai sensitivitas. Fungsi alih dari persamaan garis pengujian tegangan ke 3 dengan Persamaan (2-2) didapatkan,  $= 0.0013s + 4,3966$  sehingga sensitivitas sensor sebesar 0,0013mV/lux.

Hasil 4 pengujian arus sensor PIC3 terhadap iluminasi ditunjukkan pada Gambar 4.17 dan Tabel 4.10 yang menunjukkan fungsi transfer dari masing – masing percobaan.



Gambar 4.17 Grafik pengujian arus sensor PIC3

Tabel 4.10

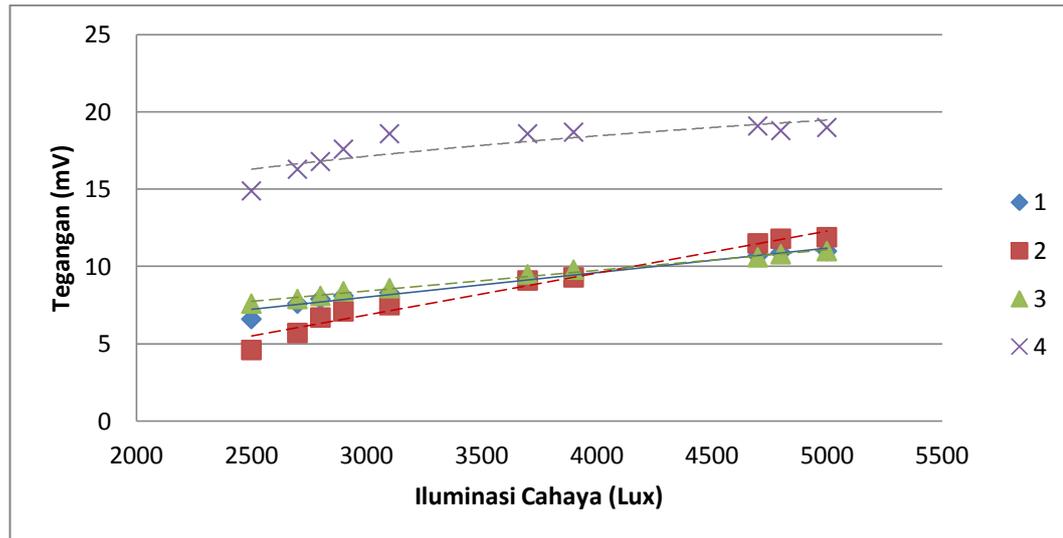
Persamaan garis dan koefisien determinasi arus sensor PIC3

Pengujian Arus ke	Persamaan Garis	Koefisien Determinasi
1	$y = 5E-05x + 0,0666$	$R^2 = 0,7909$
2	$y = 6E-05x + 0,2072$	$R^2 = 0,7827$
<b>3</b>	<b><math>y = 8E-05x + 0,3748</math></b>	<b><math>R^2 = 0,8886</math></b>
4	$y = -0,296\ln(x) + 3,1933$	$R^2 = 0,7009$

Berdasarkan Tabel 4.10, menunjukkan persamaan yang memiliki model yang paling memiliki kedekatan antara garis hasil regresi dengan data yang sesungguhnya, yaitu pada percobaan ke 3, hal ini berdasarkan nilai koefisien determinasi  $R^2$  yang menunjukkan nilai yang paling mendekati 1. Sehingga persamaan pada percobaan 3 menjadi acuan analisis perhitungan sensitivitas pada sensor PIC3. Berdasarkan hasil grafik pengujian arus pada sensor optik dengan, menunjukkan fungsi transfer berbentuk linier  $S = a + b s$ , sehingga pada grafik tersebut menunjukkan persamaan  $y = 8E-05x + 0.3748$  yang merupakan fungsi transfer dari grafik keluaran arus sensor adalah  $S = 8E-05x + 0.3748$ , maka dapat diartikan bahwa sensitivitas sensor optik desain luas2 dan berbentuk persegi, memiliki sensitivitas sebesar  $0.00008\mu A/lux$ .

#### 4.6.4. Pengujian Sensitivitas Sensor P

Hasil 4 pengujian tegangan sensor P ditunjukkan pada Gambar 4.18 dan Tabel 4.11 menunjukkan fungsi transfer dari masing – masing pengujian.



Gambar 4.18 Grafik pengujian tegangan Sensor P

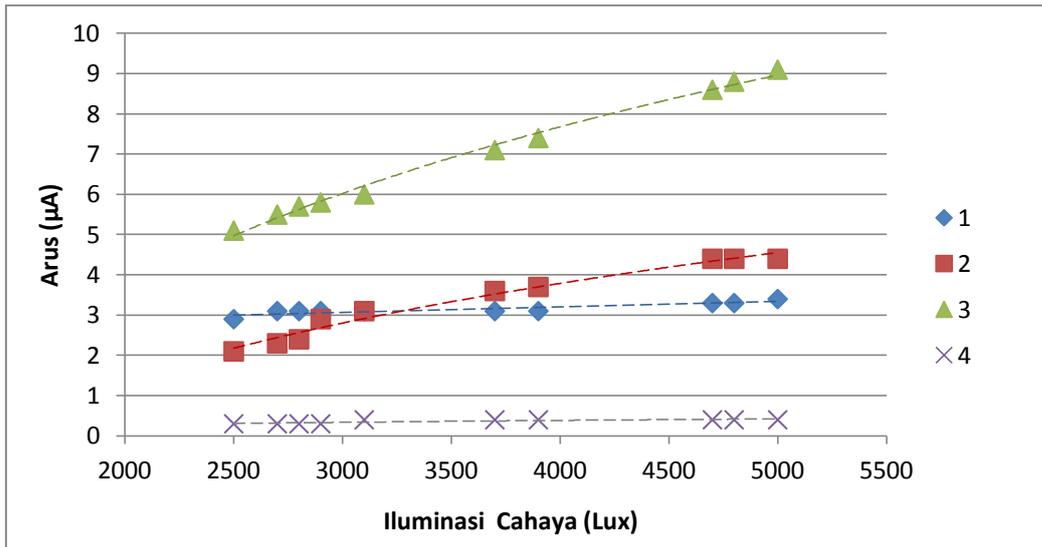
Tabel 4.11

Persamaan garis dan koefisien determinasi tegangan sensor P

Pengujian Tegangan Ke	Persamaan Garis	Koefisien Determinasi
1	$y = 5,0044\ln(x) - 22,86$	$R^2 = 0,9807$
2	$y = 8,8275\ln(x) - 5,3991$	$R^2 = 0,6742$
3	$y = 5,8761\ln(x) + 8,2963$	$R^2 = 0,8008$
4	$y = 44,495e^{1E-05x}$	$R^2 = 0,1014$

Pada Tabel 4.11 ditunjukkan nilai persamaan garis dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ). Pengujian tegangan ke 1 memiliki nilai koefisien determinasi yang paling mendekati nilai 1, bisa dikatakan bahwa pengujian tersebut memiliki kecocokan yang sempurna. Oleh karena itu, persamaan garis pada pengujian ke 1 yang dijadikan acuan dalam dijadikan fungsi alih, agar tercipta hubungan keluaran dan masukan atau bisa disebut dengan nilai sensitivitas. Berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai sensitivitas sensor sebesar 5,0044mV/lux.

Hasil pengujian arus sensor P terhadap iluminasi ditunjukkan pada Gambar 4.19 dan Tabel 4.12 menunjukkan fungsi transfer dari masing – masing percobaan.



Gambar 4.19 Grafik pengujian arus sensor P

Tabel 4.12

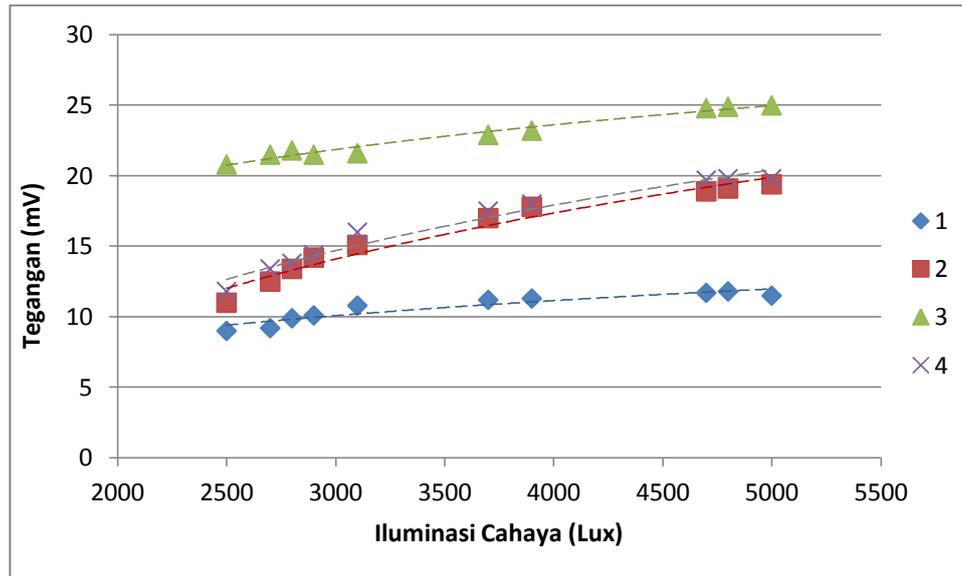
Persamaan garis dan koefisien determinasi arus sensor P

Pengujian Arus ke	Persamaan Garis	Koefisien Determinasi
1	$y = 0,0001x + 2,6625$	$R^2 = 0,7993$
2	$y = 3,4271\ln(x) - 24,638$	$R^2 = 0,9772$
3	$y = 5,7524\ln(x) - 40,034$	$R^2 = 0,9935$
4	$y = 0,1655\ln(x) - 0,9907$	$R^2 = 0,6953$

Pada Tabel 4.12 Pengujian arus ke 1 memiliki nilai koefisien determinasi yang paling mendekati nilai 1, bisa dikatakan bahwa pengujian tersebut memiliki kecocokan yang sempurna. Oleh karena itu, persamaan garis pada pengujian ke 3 yang dijadikan acuan dalam dijadikan fungsi alih. Fungsi alih atau fungsi transfer dari pengujian ke 3 dengan menggunakan Persamaan (2-1) didapatkan hasil,  $=5,7524\ln(s) - 40,034$ , sehingga sensitivitas sensor sebesar  $5,7524\mu\text{A}/\text{lux}$ .

#### 4.6.5. Pengujian Sensitivitas Sensor C

Hasil 4 pengujian tegangan sensor C ditunjukkan pada Gambar 4.20 dan Tabel 4.13 menunjukkan fungsi transfer dari masing – masing pengujian.



Gambar 4.20 Grafik pengujian tegangan sensor C

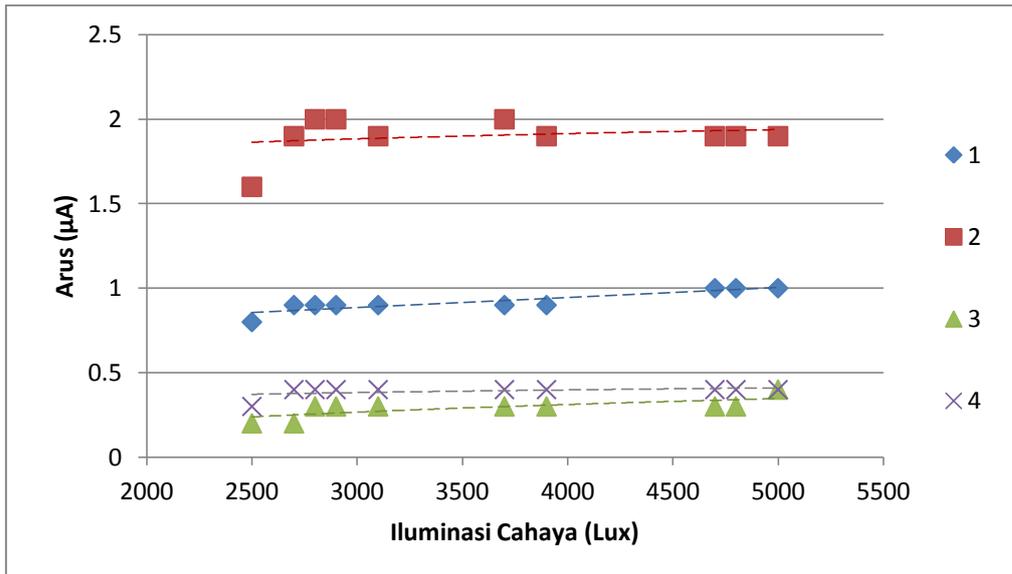
Tabel 4.13

Persamaan garis dan koefisien determinasi tegangan sensor C

Pengujian Tegangan Ke	Persamaan Garis	Koefisien Determinasi
1	$y = 3,7117\ln(x) - 19,64$	$R^2 = 0,8755$
2	$y = 11,354\ln(x) - 76,818$	$R^2 = 0,962$
3	$y = 11,204\ln(x) - 75,015$	$R^2 = 0,9697$
<b>4</b>	<b><math>y = 6,0906\ln(x) - 26,904</math></b>	<b><math>R^2 = 0,9723</math></b>

Pada Tabel 4.13 pengujian tegangan ke 4 memiliki nilai koefisien determinasi yang paling mendekati nilai 1, bisa dikatakan bahwa pengujian tersebut memiliki kecocokan yang sempurna. Oleh karena itu, persamaan garis pada pengujian ke 1 yang dijadikan acuan dalam dijadikan fungsi alih, Fungsi alih atau fungsi transfer dari pengujian ke 3 dengan menggunakan Persamaan (2-1) didapatkan hasil,  $=6,0906 \ln(S)-26,904$ , sehingga sensitivitas sensor sebesar 6,0906mV/lux.

Hasil 4 pengujian arus sensor C terhadap iluminasi ditunjukkan pada Gambar 4.21 dan Tabel 4.14 menunjukkan fungsi transfer dari masing – masing percobaan.



Gambar 4.21 Grafik Pengujian Arus Sensor C

Tabel 4.14

Persamaan garis dan koefisien determinasi arus sensor C

Pengujian Arus ke	Persamaan Garis	Koefisien Determinasi
1	$y = 6E-05x + 0,7072$	$R^2 = 0,7827$
2	$y = 0,1073\ln(x) + 1,0241$	$R^2 = 0,0585$
3	$y = 0,1564\ln(x) - 0,9867$	$R^2 = 0,514$
4	$y = 0,0553\ln(x) - 0,0611$	$R^2 = 0,2068$

Pada Tabel 4.14 Pengujian arus ke 1 memiliki nilai koefisien determinasi yang paling mendekati nilai 1, bisa dikatakan bahwa pengujian tersebut memiliki kecocokan yang sempurna. Oleh karena itu, persamaan garis pada pengujian ke 1 yang dijadikan acuan dalam dijadikan fungsi alih. agar tercipta hubungan keluaran dan masukan atau bisa disebut dengan nilai sensitivitas. Fungsi alih dari persamaan garis pengujian arus ke 3 dengan Persamaan (2-2) didapatkan,  $y = 6E-05s+0,7072$ . Berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai sensitivitas sensor sebesar  $0,00006 \mu A/lux$

Bedasarkan hasil seluruh pengujian tegangan, arus, respon waktu, analisis linieritas, sensitivitas sensor maka didapatkan hasil pada tabel 4.15.

Tabel 4.15

Hasil keseluruhan pengujian tegangan, arus respon waktu, analisis linieritas dan sensitivitas sensor.

Range	Spesifikasi Sensor	Sampel				
		P3C1	P1C1	P1C3	P	C
30 - 5000 lux	Tegangan (mV)	6,475 - 35,475	4,85 - 16,85	5,475 - 13,225	14,45 - 48,25	6,225 - 18,925
	Arus ( $\mu$ A)	0,3 - 1,7	0,85 - 2,5	0,125 - 0,575	0,975 - 4,325	0,1 - 0,925
2500-5000 lux	Sensitivitas Tegangan (mV/lux)	5,5934	0,002	0,0013	5,0044	6,0906
	Sensitivitas Arus ( $\mu$ A/lux)	1,564	0,001	0,00008	5,7524	0,00006
	Respon Waktu (s)	13,68	12,24	1,32	1,08	0,88
	Tingkat Kelinieritas % (pengujian tegangan)	89,42	90,75	97,91	77,54	97,24
	Tingkat Kelinieritas % (pengujian arus)	95,68	91,62	51,21	96,56	46,48

Pada Tabel 4.16 secara keseluruhan hasil pengujian dapat diketahui bahwa sensor P memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan sensor lainnya.

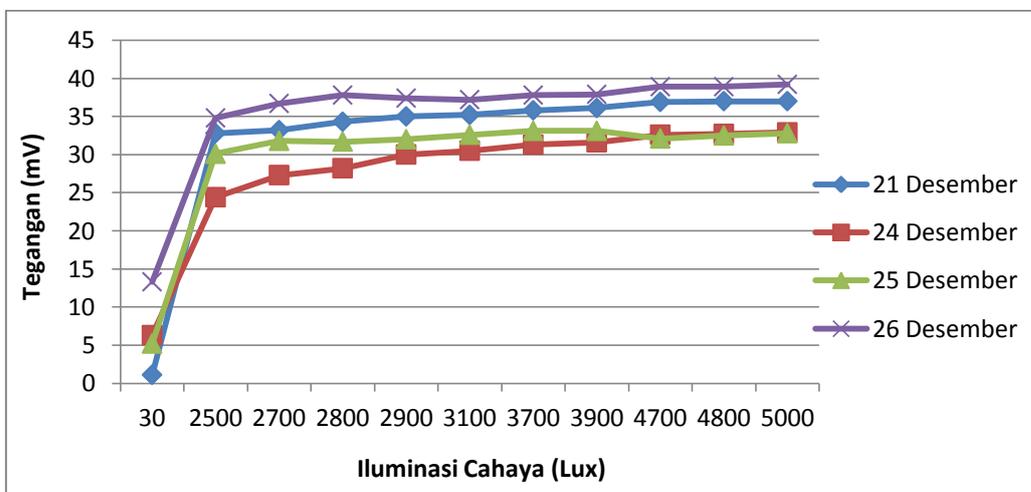
#### 4.7. Pengujian *Repeatability* Sensor

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa baik sensor dapat memberikan *output* yang sama terhadap suatu *input* yang diberikan secara berulang-ulang. Hal ini dilakukan untuk mengetahui bahan cocok atau tidak untuk pembuatan sensor yang *reusable*. Pengujian presisi sensor ini dilakukan selama 4 hari berturut-turut pengujian pada tegangan sensor P3C1, karena berdasarkan analisis pengujian sensitivitas tegangan sensor ini yang mempunyai nilai sensitivitas yang baik. Pengujian dilakukan setelah 1 hari dari proses pembuatan sensor, yaitu 21, 24, 25, 26 Desember 2018. Pengujian dilakukan pada suhu 27,3°C sampai 37,1°C.

Pengujian dilakukan dengan cara menyinari sensor dengan iluminasi cahaya dari 30 sampai 5000 lux. Sensor diuji selama 1-2 menit setiap lampu merkuri didekatkan. Hasil pengujian tegangan ditunjukkan pada Tabel 4.16 dan Gambar 4.22.

Tabel 4.16  
Hasil pengujian tegangan pada sensor P3C1

Iluminasi Cahaya (lux)	Tegangan (mV)			
	21 Desember 2017	24 Desember 2017	25 Desember 2017	26 Desember 2017
30	1,1	6,3	5,2	13,3
2500	32,8	24,4	30,1	34,8
2700	33,2	27,3	31,8	36,7
2800	34,3	28,2	31,7	37,8
2900	35	30	32	37,4
3100	35,2	30,5	32,6	37,2
3700	35,8	31,3	33,1	37,8
3900	36,1	31,6	33,1	37,9
4700	36,9	32,6	32,1	38,9
4800	37	32,7	32,5	38,9
5000	37	32,9	32,8	39,2



Gambar 4.22 Grafik perubahan tegangan selama pengujian 4 hari

Berdasarkan Gambar 4.22 didapatkan penggunaan sensor secara berulang-ulang mengakibatkan tegangan sensor semakin tidak menentu. Performa sensor yang menaik dan menurun bisa disebabkan karena fisik sensor yang sudah tidak baik karena elektrolit dan *dye* mudah menguap akibat efek kenaikan suhu selama pengujian, dan adanya pencemaran pada saat proses pembuatan sensor, dapat disimpulkan bahwa bahan yang digunakan membuat sensor tidak efektif untuk sensor *reusable*.