

Olimpiade Sains Nasional

Eksperimen Fisika

Agustus 2009

Waktu 4 Jam

Petunjuk umum

1. Hanya ada satu soal eksperimen, namun terdiri atas tiga bagian
2. Sebaiknya anda mengerjakan eksperimen ini secara berutan.
3. Bobot per bagian diberikan pada akhir setiap bagian.
4. Bobot total test eksperimen adalah 10 poin.

Karakteristik Hambatan Ohmik dan Non-Ohmik

Tujuan Eksperimen

- Mempelajari hukum Ohm
- Mempelajari karakteristik dioda
- Mempelajari karakteristik LED (light emitting diode) dari berbagai warna
- Mempelajari LDR (light dependent resistor)

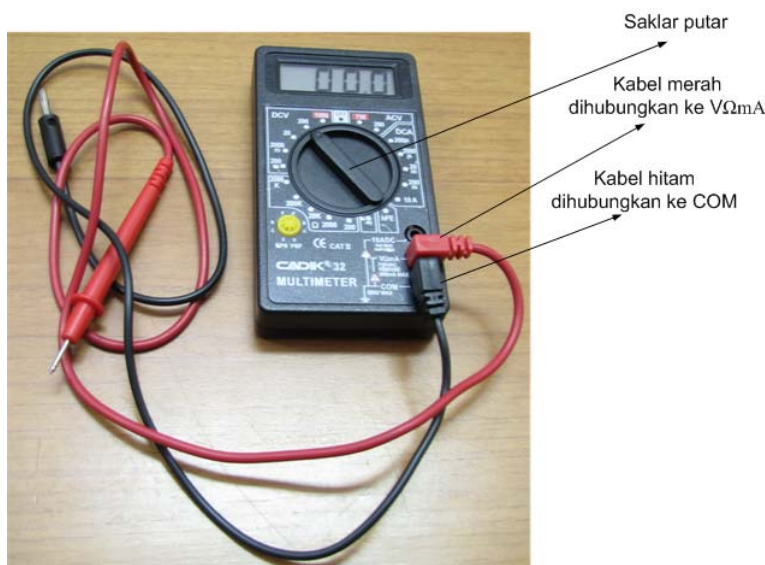
Peralatan:

- Multimeter (amperemeter, voltmeter, dan ohmmeter)
- Blackbox yang terdiri atas: Batere, Potensiometer, Hambatan, dioda, LED (ada 4 macam dari warna yang berbeda), dan LDR (light dependent resistor)
- Beberapa kabel penghubung

Penjelasan alat

Multimeter

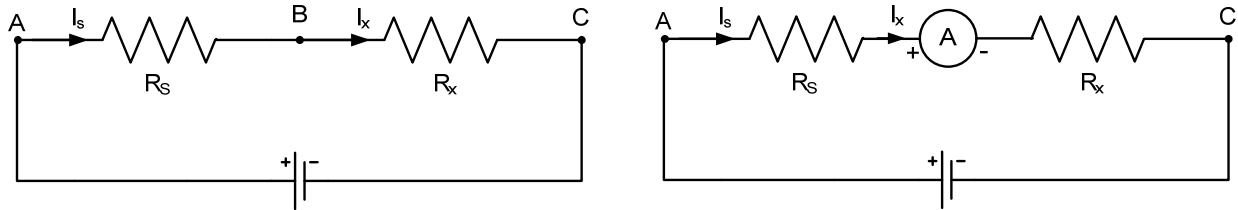
Multimeter atau sering disebut AVO meter adalah alat ukur listrik yang berfungsi sekaligus sebagai Amperemeter (untuk mengukur kuat arus), Voltmeter (untuk mengukur beda potensial) dan Ohmmeter (untuk mengukur hambatan listrik). Multimeter yang digunakan dalam eksperimen ini ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 1, Multimeter

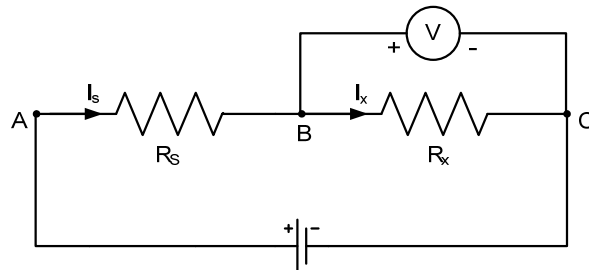
Idealnya hambatan dalam voltmeter adalah tak berhingga, sehingga tidak ada arus yang mengalir pada voltmeter, dan hambatan dalam Amperemeter adalah nol sehingga tidak ada beda potensial pada ohmmeter itu.

Amperemeter dipasang secara seri dengan besaran yang hendak diukur. Untuk itu anda harus melepas dulu kawat yang hendak diukur kuat arusnya, setelah itu dipasang Amperemeter diujung-ujung kawat yang dilepas tadi. Misalnya anda hendak mengukur hambatan yang mengalir pada hambatan R_1 dan R_2 . Caranya adalah dengan melepaskan atau memotong satu titik (misalnya titik B), lalu pasang Amperemeter, seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2, Teknik penggunaan amperemeter

Voltmeter dipasang secara paralel dengan besaran yang hendak diukur, sehingga tidak perlu melepasnya. Andaikata hendak mengukur beda potensial pada hambatan R_x , anda cukup memasangnya secara paralel seperti ditunjukkan pada gambar berikut. Perhatikan polaritas alat ukur yang digunakan pada kedua alat ukur itu. Seringkali polaritas + (positif) menggunakan kabel berwarna merah, sedangkan polaritas - (negatif) menggunakan kabel warna hitam.

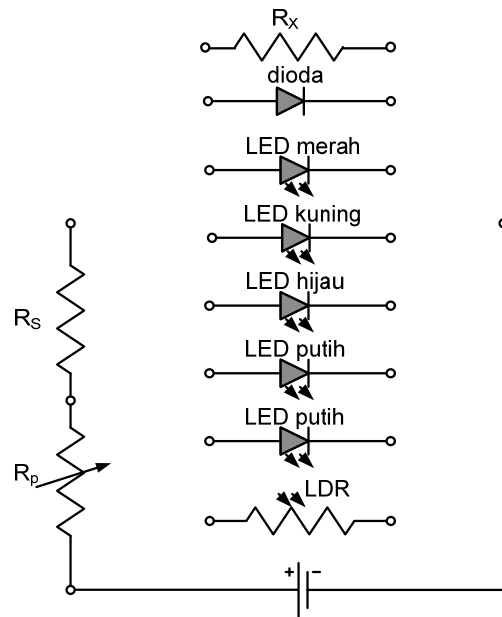
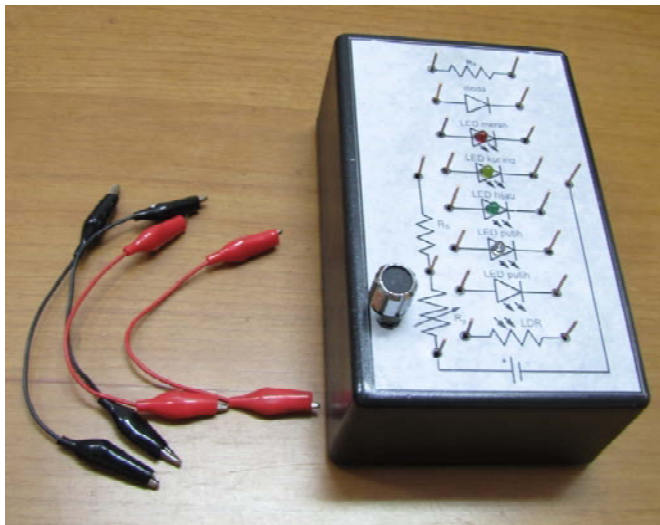


Gambar 3, Teknik penggunaan voltmeter

Pada Ohmmeter dipasang secara paralel dengan hambatan yang hendak diukur. Hanya saja pada saat mengukur hambatan **tidak boleh ada sumber (tegangan, arus dan daya)** yang diberikan ke hambatan itu. Sebelum mengukur hambatan, pastikan kedua terminal alat ukur **dihubungkan terlebih dahulu** sampai menunjukkan nilai pengukurannya stabil, demikian juga jika anda mengubah rentang pengukurannya, kedua terminal **harus** dihubung-singkatkan terlebih dahulu. Rentang pengukuran diubah dengan memutar saklar putar. Angka yang ditunjukkan pada multimeter itu adalah nilai maksimum pengukuran. Setelah itu ohmmeter baru dapat dipergunakan.

Blackbox

Blackbox berisi seluruh komponen yang digunakan dalam eksperimen ini, yaitu Batere, potensiometer, hambatan R_s , hambatan R_x , dioda, LED, dan LDR. Foto dan konfigurasi blackbox ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4, Blackbox dan konfigurasi komponen di dalam Blackbox

Pada blackbox ini anda harus membuat beberapa rangkaian tertutup yang terdiri atas batere, potensiometer R_p , hambatan standar R_s , dan salah satu komponen seperti hambatan R_x , dioda, LED dan LDR.

Potensiometer R_p digunakan untuk mengatur arus yang mengalir di dalam loop tertutup tsb. Pada saat dihubungkan dengan hambatan R_x anda diminta menentukan hambatan R_x tsb dengan menerapkan hukum Ohm.

Batere digunakan sebagai sumber tegangan. **Jangan sekali-kali menghubungkan singkatkan diantara kedua terminal batere tsb.** Baterenya akan rusak, dan anda **tidak** diberikan pengganti batere. Pastikan sebelum eksperimen batere masih berfungsi dengan baik, yaitu dengan mengukur tegangan batere itu dengan voltmeter.

Teori Dasar

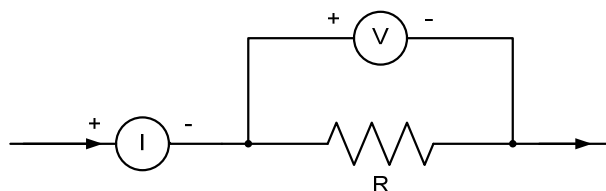
Berdasarkan hukum Ohm, tegangan jatuh pada satu bahan sebanding dengan arus yang mengalir pada bahan tsb. Secara matematik pernyataan ini dituliskan sebagai:

$$V = RI \quad (1)$$

dengan V : tegangan jatuh di antara kedua terminal dari bahan,

I : kuat arus yang mengalir di bahan tsb

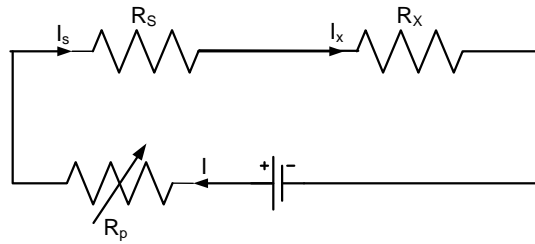
R : hambatan bahan.



Gambar 5, Hubungan V dan I

Berdasarkan hukum Kirchoff I, jika ada dua hambatan dihubungkan secara seri, maka arus yang mengalir di kedua hambatan itu akan sama, yaitu:

$$I = I_x = I_s \quad (2)$$

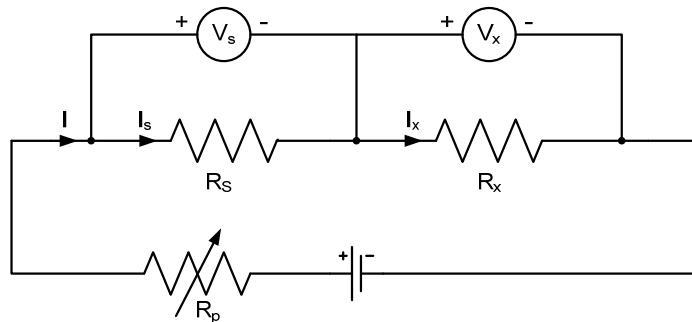


Gambar 6, Rangkaian Seri

Perhatikan Gambar 7, jika satu nilai dari satu hambatan diketahui, misalnya hambatan R_s (dalam eksperimen ini $R_s = 1000 \Omega$) maka dengan mengukur tegangan jatuh di R_s yaitu V_s dapat dicari kuat arus yang mengalir di dalam rangkaian itu, yaitu:

$$I = \frac{V_s}{R_s} \quad (3)$$

Persamaan ini berlaku untuk voltmeter ideal dengan hambatan dalam voltmeter $= \infty$. Dalam eksperimen ini menggunakan voltmeter digital, walaupun harganya relatif murah namun hambatan dalamnya relatif sangat besar. Sehingga penyimpangan pengukuran masih dapat diabaikan.

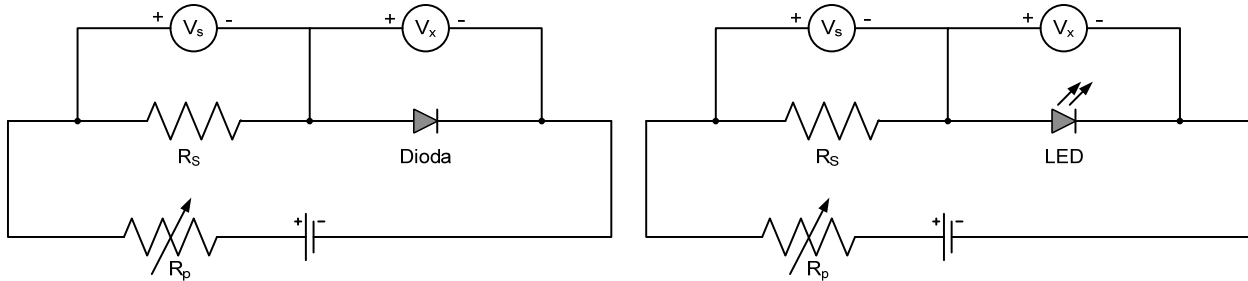


Gambar 7, Teknik pengukuran arus dengan voltmeter

Sehingga untuk menentukan arus yang mengalir dalam rangkaian seri itu, anda mengukurnya dengan menggunakan Voltmeter, dan arus dihitung menghitung dengan menggunakan rumus di atas (pers. 3)

Jika hambatan potensiometer R_p diubah, maka kuat arus dalam rangkaian juga berubah. Dengan mengukur tegangan jatuh di hambatan yang tak diketahui (R_s), dapat dicari kurva hubungan antara arus (I) dan tegangan pada hambatan yang tak diketahui (V_x) tsb. Dari kurva ini dapat ditentukan nilai hambatan R_x .

Dengan menggunakan teknik yang sama, hambatan R_x digantikan dengan devais lainnya, seperti dioda, dan LED, seperti ditunjukkan pada gambar berikut. (Devais adalah suatu piranti / komponen elektronik).



Gambar 3, Pengukuran karakteristik I-V dari dioda dan LED

Dioda merupakan salah satu contoh devais non ohmik, yaitu suatu devais yang memiliki karakteristik **tidak** linear antara kuat arus dan beda potensial pada devais tsb. Pada dioda dan LED memiliki dua terminal, yaitu Katoda dan Anoda. Agar ada arus yang mengalir di dalam dioda atau LED, maka terminal katoda perlu dihubungkan ke potensial negatif dan terminal anoda dihubungkan ke potensial positif. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Teknik menghubungkan dioda dengan cara ini dikenal sebagai **bias maju** (forward bias). Sebaliknya ada bias mundur (reverse bias), yaitu terminal katoda diberi potensial positif dan terminal anoda diberi potensial negatif. Dalam eksperimen ini **hanya** menggunakan bias maju saja. Karakteristik I-V umum dari dioda dinyatakan sebagai:

$$I = I_o e^{\frac{\eta qV}{kT}} \quad (4)$$

dengan I_o : arus saturasi dioda,

η : konstanta,

q : muatan elementer = $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$,

k : konstanta Boltzmann,

T : suhu mutlak.

Dari persamaan ini diubah menjadi $\ln I = \ln I_o + \eta \frac{qV}{kT}$, karena η , k dan T bernilai tetap sehingga persamaan diubah lagi menjadi:

$$\ln I = \ln I_o + cV \quad (5)$$

dengan. $c = \frac{\eta q}{kT}$

Terlihat bahwa hubungan antara $\ln I$ dan V berupa persamaan linear.

Eksperimen I: Hukum Ohm

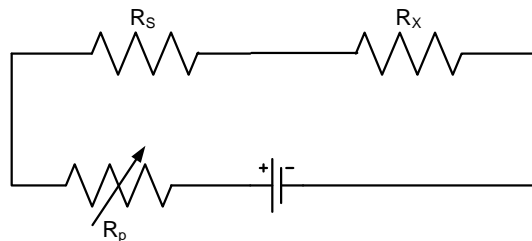
1. Dari black box yang anda terima, ukurlah parameter-parameter blackbox tsb, seperti tegangan batere, hambatan potensiometer pada posisi minimum (R_{pmin}), hambatan potensiometer pada posisi maksimum (R_{pmax}), hambatan R_s , R_x , $R_{LEDmerah}$, $R_{LEDkuning}$, $R_{LEDhijau}$, $R_{LEDputih1}$, $R_{LEDputih2}$. Nyatakan hasilnya dalam bentuk tabel, termasuk dengan

satuannya. Gunakan multimeter sebagai voltmeter DC untuk mengukur tegangan batere, dan ohmmeter untuk mengukur hambatan masing-masing komponen.

Tabel 1, Parameter-parameter black box

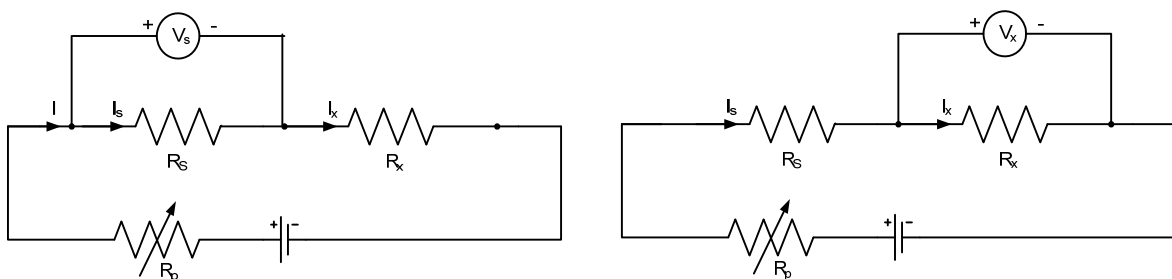
No	Komponen	Nilai	Satuan
1	Batere		
2	R_{pmin}		
3	R_{pmax}		
4	R_s		
5	R_x		

2. Susunlah rangkaian seperti gambar berikut. Gunakan kabel penghubung yang disediakan untuk merangkainya.



Gambar 4, Rangkaian untuk menentukan hambatan berdasarkan hukum Ohm

3. Gunakan voltmeter untuk mengukur beda potensial di terminal R_s , nyatakan dalam besaran V_s dan juga mengukur beda potensial di terminal R_x , nyatakan dalam besaran V_x . Konektor voltmeter **jangan** sampai terbalik, yaitu konektor positif dihubungkan ke potensial positif dan konektor negatif dihubungkan ke potensial negatif. Karena pada eksperimen ini disediakan **satu** buah voltmeter, maka pengukuran V_s dan V_x dilakukan secara bergantian seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 5, Cara mengukur tegangan di R_s dan R_x .

4. Hitung arus yang mengalir dalam rangkaian pada Gambar 4, yaitu: $I = \frac{V_s}{R_s}$. Masukkan hasil perhitungan ini dalam tabel. Nyatakan hasil perhitungan ini dengan angka penting (angka signifikan) yang sesuai.
5. Ulangi langkah 2-3 untuk beda tegangan di R_s dan di R_x untuk nilai hambatan potensiometer yang berbeda, yaitu dengan mengubah/memutar tombol pada potensiometer

R_p . Lakukan eksperimen ini paling tidak untuk 10 data pengukuran yang berbeda dan nyatakan hasil pengukuran dan perhitungan dalam tabel berikut. Lakukan perubahan potensiometer mulai dari putaran potensiometer pada posisi minimum dan hingga putaran potensiometer pada posisi maksimum. **Pengukuran V_s dan V_x dilakukan secara bergantian untuk setiap nilai R_p yang berbeda.**

Tabel 2, Menentukan hambatan R_x

No	V_s (volt)	V_x (volt)	$I = \frac{V_s}{R_s}$ (ampere)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

6. Buat titik-titik data itu dalam kertas grafik dengan V_x sebagai sumbu-y dan I sebagai sumbu-x.
7. Buat kurva linear yang paling mendekati dari semua titik data yang diperoleh. **Bukan menghubungkan dua titik yang paling jauh saja.**
8. Dari kurva linear ini, hitung gradien kurva, yaitu: $gradien = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{\Delta V_x}{\Delta I}$. Tentukan hambatan R_x dari gradien kurva tsb.
9. Nyatakan hasil perhitungan ini dengan angka penting (angka signifikan) yang benar.

Eksperimen II: Karakteristik dioda dan LED untuk berbagai

1. Ulangi eksperimen I, yaitu dengan mengganti hambatan R_x dengan dioda pada Gambar 4.
2. Lakukan eksperimen yang sama dengan eksperimen I, dengan mengukur V_s dan V_x (tegangan di dioda) untuk 10 kali pengukuran dengan memvariasi tegangan sumber V_s . Lakukan perubahan potensiometer mulai dari putaran potensiometer pada posisi minimum dan hingga putaran potensiometer pada posisi maksimum.
3. Hitung arus dioda berdasarkan persamaan $I = \frac{V_s}{R_s}$, dan juga hitung $\ln I$. Nyatakan dalam tabel hasil pengukuran dan perhitungan berikut.
4. Ulangi untuk LED berbagai warna. Tuliskan hasil eksperimen dan perhitungan dalam tabel. **Ingat pengukuran V_s dan V_x untuk setiap nilai R_p .**

Tabel 3, Karakteristik dioda dan LED untuk berbagai warna

No	Dioda				LED Merah				LED Kuning				LED Hijau				LED Putih			
	V_s	V_x	I	$\ln I$	V_s	V_x	I	$\ln I$	V_s	V_x	I	$\ln I$	V_s	V_x	I	$\ln I$	V_s	V_x	I	$\ln I$
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				

- Buat kurva I vs V (I sebagai sumbu-y dan V sebagai sumbu-x) dari dioda dan LED berbagai warna dalam satu kertas grafik. Gunakan simbol titik yang berbeda untuk masing-masing devais, misalnya \bullet , \circ , \times , \square dan \otimes masing-masing untuk data pengamatan dioda, LED merah, LED kuning, LED hijau dan LED putih. Namun jika mengalami kesulitan dalam membuat kurva-nya dalam satu kertas grafik, anda masih diperkenankan menggunakan kertas grafik yang berbeda. Gunakan kertas grafik seefisien mungkin.
- Pada tegangan yang relatif besar, hubungan I vs V mendekati kurva linear. Buat garis linear itu hingga memotong sumbu-x dan tentukan tegangan itu. Tegangan ini menunjukkan devais non-ohmik itu mulai "turn-on". Lakukan juga untuk semua kurva. Buat tabel hasilnya untuk semua devais.

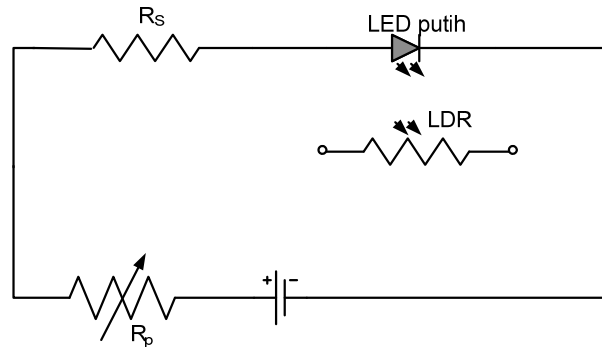
Tabel 4, Tegangan "turn-on" untuk berbagai devais

No	Devais	Tegangan "turn-on" (V)
1	Dioda	
2	LED Merah	
3	LED Kuning	
4	LED Hijau	
5	LED Putih	

- Buat kurva $\ln I$ vs V ($\ln I$ sebagai sumbu-y dan V sebagai sumbu-x) pada kertas grafik lainnya untuk dioda dan LED berbagai warna, juga dibuat dalam satu kertas grafik.

Eksperimen III: Karakteristik LDR

1. Dari black box yang anda terima, Susunlah rangkaian seperti berikut ini.



Gambar 6, Rangkaian untuk menentukan karakteristik LDR

2. **Perhatikan bahwa LDR tidak dihubungkan di sirkuit itu!** LDR hanya dihubungkan dengan ohmmeter.
3. Kecerahan cahaya LED putih yang berada di dalam black box itu memaparkan cahayanya ke LDR dan akan mengubah hambatan LDR untuk paparan cahaya yang berubah. Kecerahan LED diubah dengan cara mengatur hambatan potensiometer R_p . Lakukan perubahan potensiometer mulai dari putaran potensiometer pada posisi minimum dan hingga putaran potensiometer pada posisi maksimum.
4. Ukur tegangan jatuh di hambatan R_s , di LED putih dan hambatan LDR.
5. Ulangi eksperimen dengan mengatur potensiometer R_p dan tuliskan hasil eksperimen dan perhitungan dalam tabel berikut.

Tabel 5, Karakteristik LDR

No	V_s (volt)	V_x (volt)	$I = \frac{V_s}{R_s}$ (ampere)	R_{LDR} (ohm)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

6. Buat kurva hubungan antara R_{LDR} vs I_{LED} yang paling mendekati dari semua titik data yang diperoleh. Dari kurva ini perkirakan hambatan LDR pada saat gelap. Bandingkan hasilnya dengan pengukuran langsung.

LEMBAR JAWABAN

Eksperimen I: Hukum Ohm

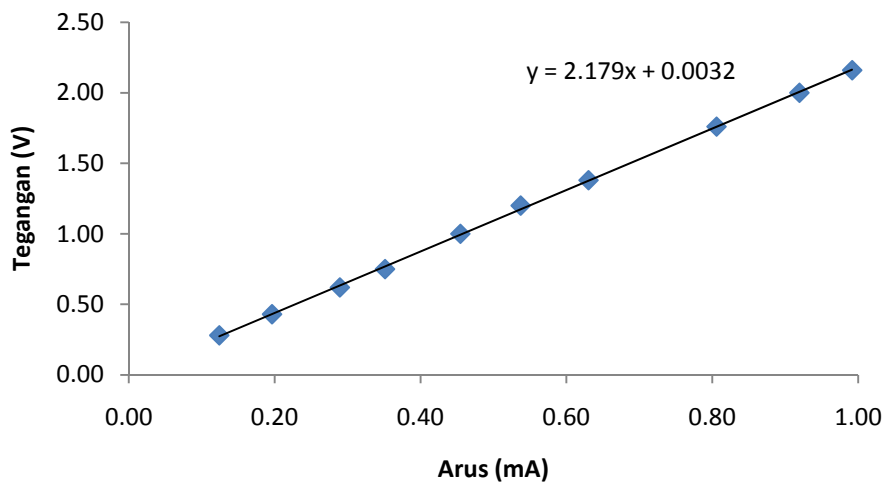
1. Tabel 1, Parameter-parameter black box

No	Komponen	Nilai	Satuan
1	Batere	3.18	V
2	R_{pmin}	0.8	Ω
3	R_{pmax}	21.6	$k\Omega$
4	R_s	968	Ω
5	R_x	2.18	$k\Omega$

5. Tabel 2, Menentukan hambatan
- R_x

No	V_s (volt)	V_x (volt)	$I = \frac{V_s}{R_s}$ (mA)
1	0.12	0.28	1.24E-01
2	0.19	0.43	1.96E-01
3	0.28	0.62	2.89E-01
4	0.34	0.75	3.51E-01
5	0.44	1.00	4.55E-01
6	0.52	1.20	5.37E-01
7	0.61	1.38	6.30E-01
8	0.78	1.76	8.06E-01
1	0.89	2.00	9.19E-01
10	0.96	2.16	9.92E-01

7. Grafik
- V_x
- vs I



8. Gradien Kurva (dengan regresi linear)

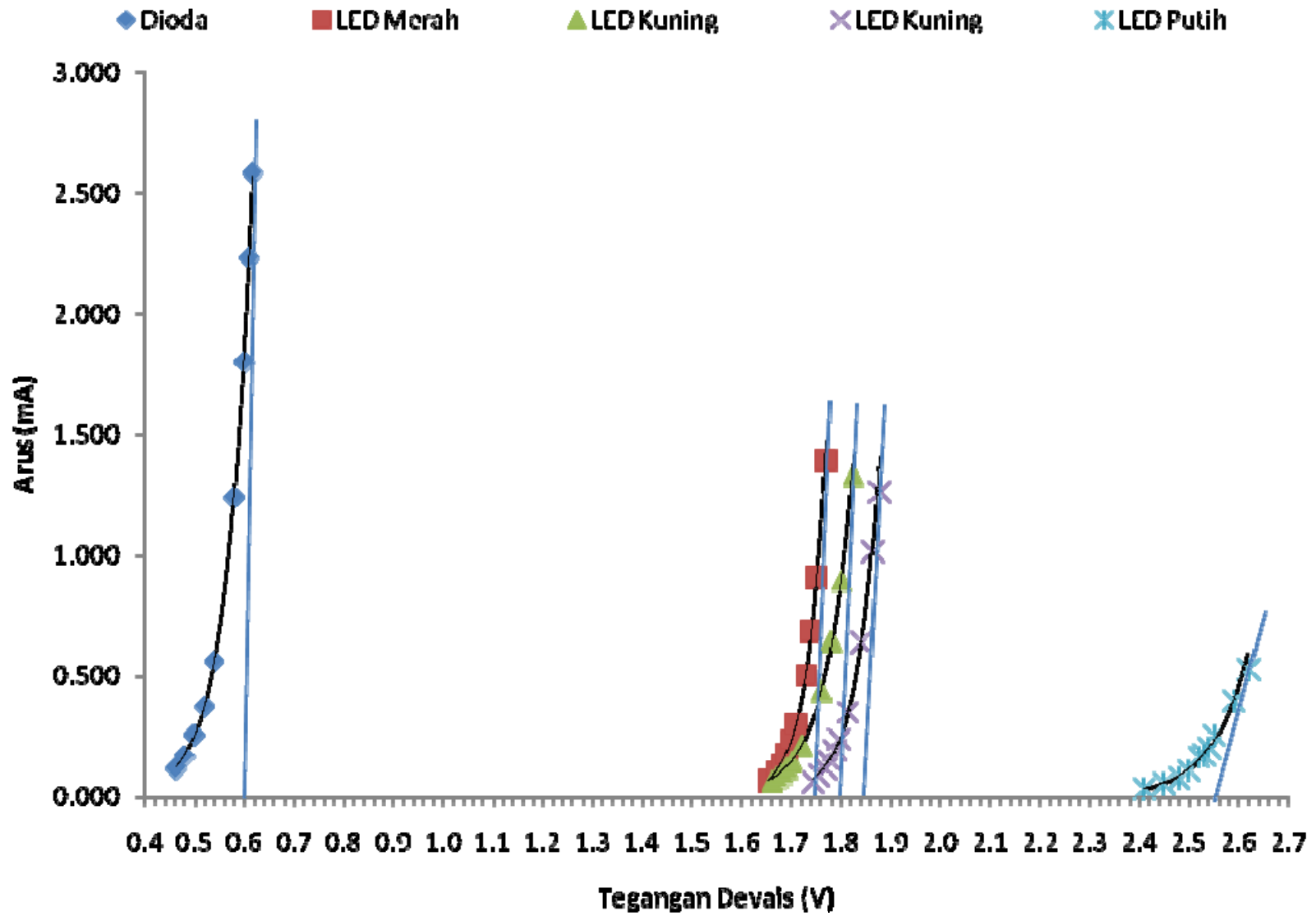
Hambatan $R_x = 2.18 k\Omega$

Eksperimen II: Karakteristik dioda dan LED untuk berbagai

Tabel 3, Karakteristik dioda dan LED untuk berbagai warna

No	Dioda				LED Merah				LED Kuning				LED Hijau				LED Putih			
	V_S (volt)	V_X (volt)	I (A)	$\ln I$	V_S (volt)	V_X (volt)	I (A)	$\ln I$	V_S (volt)	V_X (volt)	I (A)	$\ln I$	V_S (volt)	V_X (volt)	I (A)	$\ln I$	V_S (volt)	V_X (volt)	I (A)	$\ln I$
1	0.116	0.463	0.120	-2.12	0.065	1.654	0.067	-2.70	0.065	1.661	0.07	-2.70	0.0609	1.743	0.063	-2.766	0.032	2.41	0.03	-3.40
2	0.120	0.464	0.124	-2.09	0.099	1.670	0.102	-2.28	0.079	1.670	0.08	-2.51	0.0885	1.756	0.091	-2.392	0.055	2.45	0.06	-2.87
3	0.166	0.480	0.171	-1.76	0.129	1.680	0.133	-2.02	0.095	1.680	0.10	-2.32	0.1152	1.768	0.119	-2.129	0.077	2.48	0.08	-2.54
4	0.252	0.500	0.260	-1.35	0.168	1.690	0.174	-1.75	0.116	1.690	0.12	-2.12	0.1452	1.777	0.150	-1.897	0.107	2.50	0.11	-2.20
5	0.366	0.520	0.378	-0.97	0.226	1.700	0.233	-1.45	0.141	1.700	0.15	-1.93	0.1888	1.787	0.195	-1.635	0.161	2.52	0.17	-1.79
6	0.547	0.540	0.565	-0.57	0.288	1.710	0.298	-1.21	0.206	1.720	0.21	-1.55	0.232	1.796	0.240	-1.428	0.170	2.53	0.18	-1.74
7	1.202	0.580	1.242	0.22	0.488	1.730	0.504	-0.68	0.426	1.760	0.44	-0.82	0.342	1.813	0.353	-1.040	0.196	2.54	0.20	-1.60
8	1.745	0.600	1.803	0.59	0.663	1.740	0.685	-0.38	0.624	1.780	0.64	-0.44	0.621	1.840	0.642	-0.444	0.247	2.55	0.26	-1.37
9	2.16	0.610	2.231	0.80	0.880	1.750	0.909	-0.10	0.866	1.800	0.89	-0.11	0.985	1.864	1.018	0.017	0.435	2.62	0.45	-0.80
10	2.50	0.617	2.583	0.95	1.350	1.770	1.395	0.33	1.289	1.825	1.33	0.29	1.223	1.878	1.263	0.234	0.512	2.62	0.53	-0.64

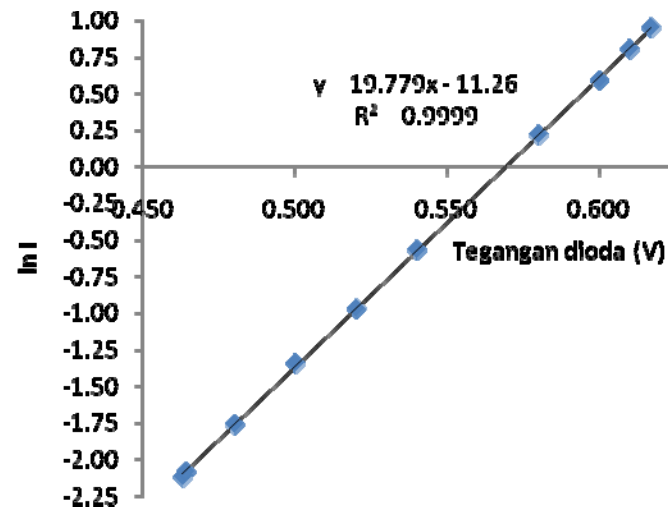
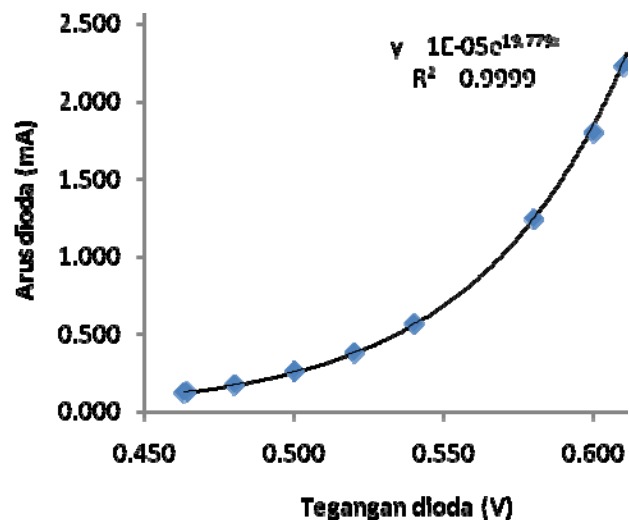
5. Kurva I vs V untuk dioda dan semua LED.

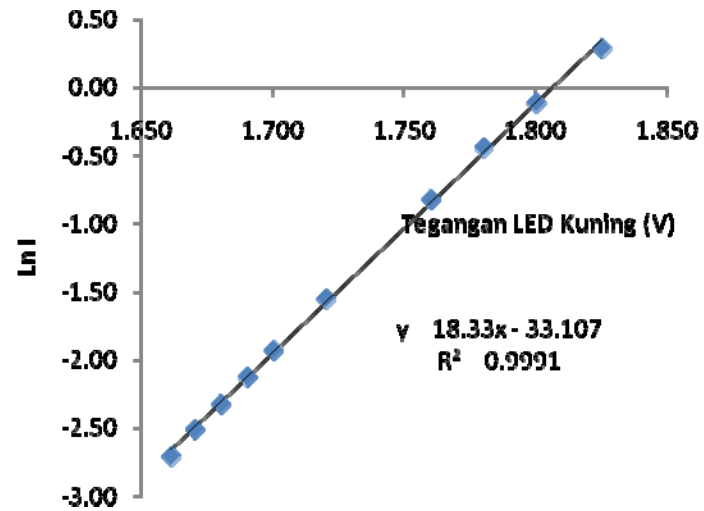
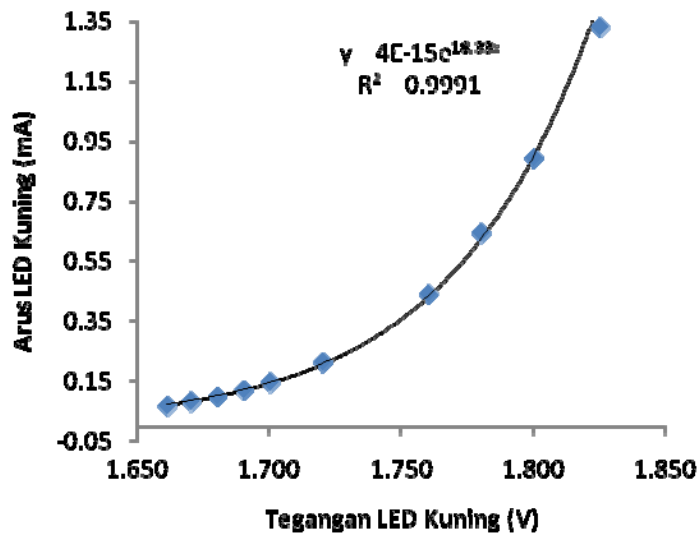
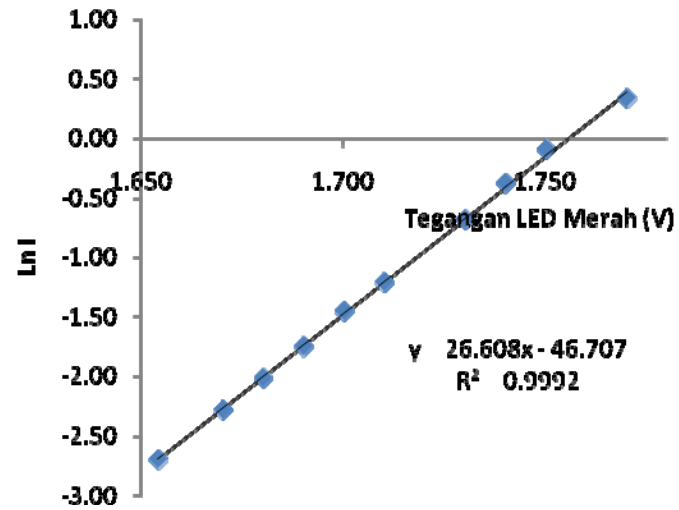
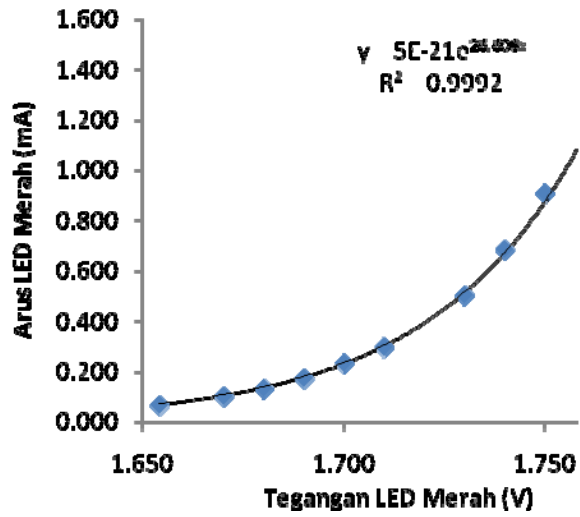


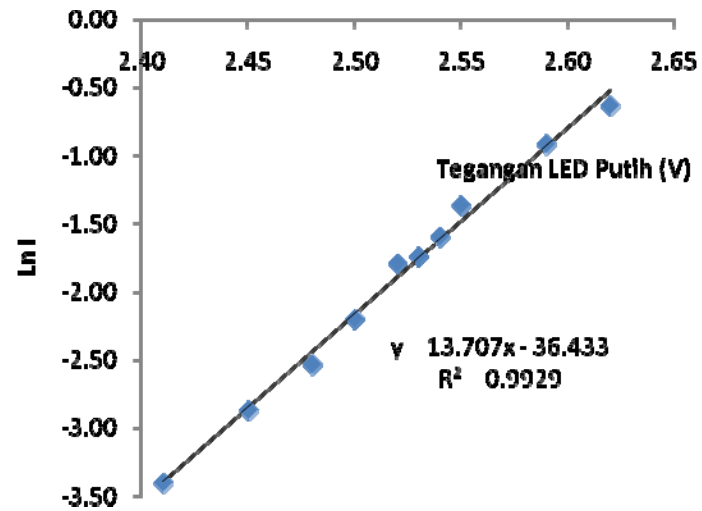
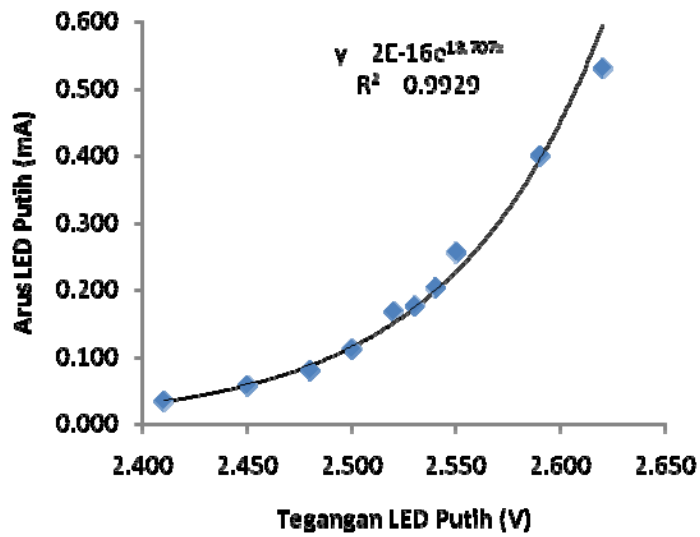
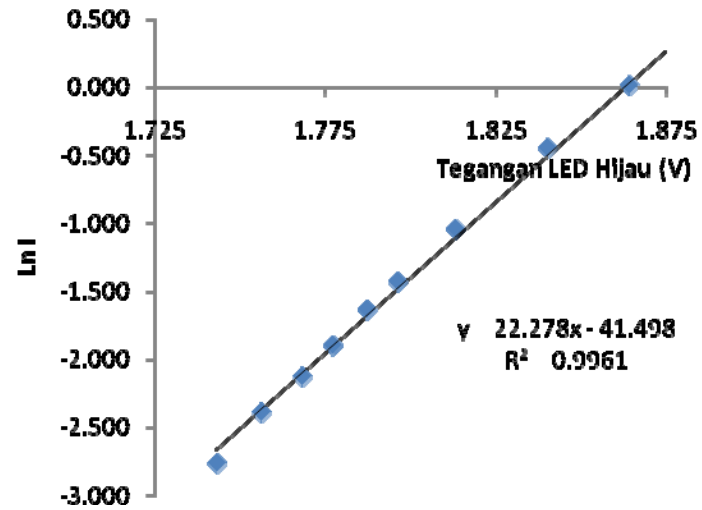
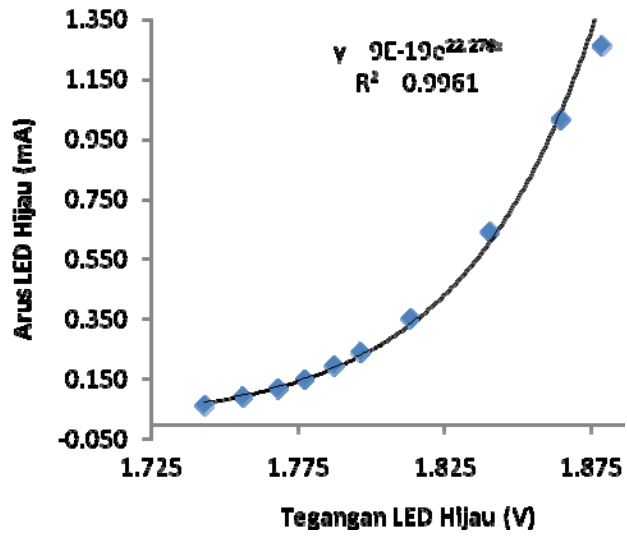
6. Tabel 4, Tegangan “turn-on” untuk berbagai devais

No	Devais	Tegangan “turn-on” (V)
1	Dioda	0.60
2	LED Merah	1.74
3	LED Kuning	1.80
4	LED Hijau	1.84
5	LED Putih	2.54

7. Kurva I vs V dan ln I vs V untuk berbagai devais



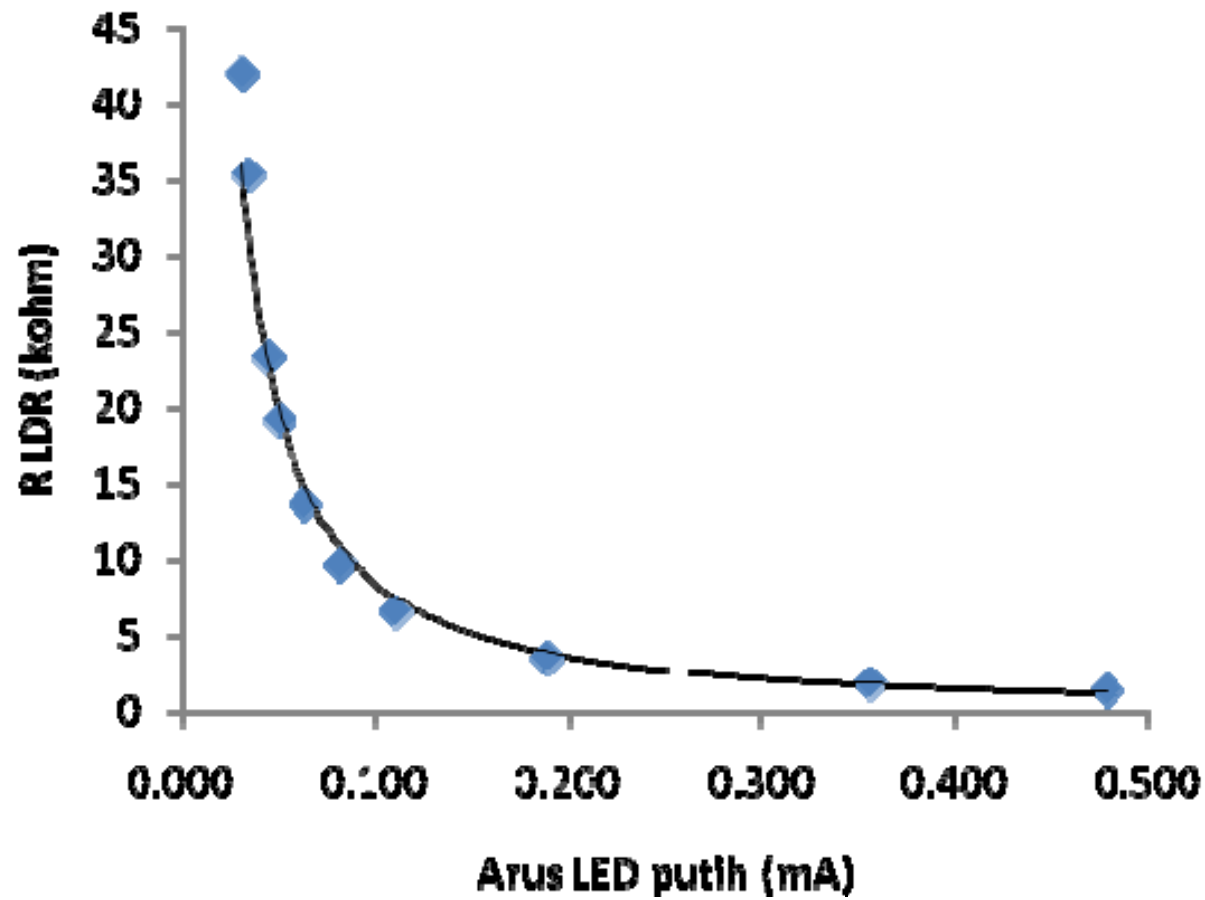




Eksperimen III: Karakteristik LDR

4. Tabel 2, Karakteristik LDR

No	V_s (volt)	V_x (volt)	$I = \frac{V_s}{R_s}$ (mA)	R_{LDR} (kohm)
1	0.0297	2.48	0.031	42.1
2	0.0326	2.49	0.034	35.4
3	0.0423	2.50	0.044	23.4
4	0.0481	2.51	0.050	19.21
5	0.0606	2.53	0.063	13.72
6	0.0784	2.55	0.081	9.71
7	0.1063	2.57	0.110	6.6
8	0.1824	2.60	0.188	3.55
9	0.344	2.65	0.355	1.88
10	0.463	2.67	0.478	1.41

6. Kurva R_{LDR} vs I_{LED} 

6. R_{LDR} pada saat gelap (menurut grafik) : ∞

R_{LDR} pada saat gelap (menurut pengukuran langsung): ∞