

Penentuan Resistansi Dinamis Pada Dioda Silikon 1n4002 Melalui Pengukuran Karakteristik Arus Terhadap Tegangan (I-V) Berbasis Arduino Mega 2560

Tri Dewi Julianti Pary¹, Altje Latununuwe^{1,2✉}, Fredrik Manuhutu^{1,2}, Noke Kesaulya²,
Estevanus Kristian Huliselan^{1,2}

¹Laboratorium Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Pattimura, Jl.Dr. Tamaela, Ambon, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Poka, Ambon, Indonesia

Article History

Received June 15th, 2023

Received in revised June 16th, 2023

Accepted June 17th, 2023

Available online June 17th, 2023

✉ Corresponding author:

Altje Latununuwe

E-mail address:

alatinunuwe@gmail.com

Abstrak

Telah berhasil dikembangkan peralatan pengukuran karakteristik I-V dan penentuan resistansi dinamis dioda Silikon 1n4002 berbasis Arduino Mega 2560. Pengukuran ini dilakukan dengan menaikkan tegangan bias secara berkala dari 0 V sampai 5 V dan mengamati tegangan maju dan arus maju yang dihasilkan untuk setiap kenaikan tegangan bias. Terjadi peningkatan arus pada saat tegangan dioda mencapai 0,7 V, yang mana tegangan ini merupakan tegangan penghalang diode. Hal ini terjadi jika resistor limit yang dipasang pada rangkaian adalah 100 Ω. Nilai resistansi dinamis terbesar adalah 593,069 Ω, yaitu di bawah tegangan maju 0,6 V. Selanjutnya nilai resistansi dinamis terkecil adalah 2,293 Ω yang berada di atas tegangan maju 0,7 V. Semakin besar nilai arus yang mengalir pada rangkaian dioda, nilai resistansi dinamis dari dioda semakin kecil dan semakin kecil nilai arus yang mengalir, maka resistansi dinamis dari dioda semakin besar.

Kata kunci: Resistansi dinamis; Arduino Mega 2560; Dioda

Abstract

An instrument for measuring I-V characteristics and determination of the dynamic resistance of a Silicon 1n4002 diode based on Arduino Mega 2560 has been successfully developed. This measurement was carried out by increasing the bias voltage periodically from 0 V to 5 V and observing the resulting forward voltage and forward current for each increase in the bias voltage. There is an increase in current when the diode voltage reaches 0.7 V, which is the diode barrier voltage. This happens if the limit resistor installed in the circuit is 100 Ω. The largest dynamic resistance value is 593.069 Ω, which is below the forward voltage of 0.6 V. Furthermore, the smallest dynamic resistance value is 2.293 Ω which is above the forward voltage of 0.7 V. The greater the value of the current flowing in the diode circuit, the smaller the dynamic resistance value of the diode and the smaller the value of the current flowing, the greater the dynamic resistance of the diode.

Keywords: Dynamic resistance; Arduino Mega 2560; Diode

1. Pendahuluan

Komponen-komponen elektronika seperti diode, memiliki karakteristik fisis yang dapat diukur, salah satunya adalah karakteristik arus-tegangan (I-V). Pengukuran karakteristik I-V pada diode dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa instrumen, diantaranya adalah multimeter dan alat ukur berbasis mikrokontroler seperti Arduino. Pengukuran karakteristik I-V pada dioda menggunakan multimeter biasanya membutuhkan lebih dari satu multimeter. Dalam praktikum pengukuran karakteristik I-V dioda ada tiga besaran yang diukur, yaitu tegangan bias, tegangan maju, dan arus maju pada diode oleh karena itu diperlukan tiga multimeter. Setiap hasil pengukuran dicatat kemudian digambarkan kurva karakteristik I-V berdasarkan hasil pengukuran tegangan maju dan arus maju dioda secara manual. Dari kurva tersebut dapat dihitung nilai resistansi dinamis. Dalam kenyataannya, laboratorium masih sering mengalami keterbatasan alat ukur dalam praktikum pengukuran karakteristik I-V dioda.

Selanjutnya pengukuran karakteristik I-V pada dioda berbasis mikrokontroler yang dilakukan dipadukan dengan software labview. Pada penelitian tersebut mikrokontroler digunakan ada dua, yaitu untuk sumber tegangan Digital to Analog Converter (DAC) dan untuk mengirimkan hasil pengukurannya pada komputer. Software labview digunakan untuk menampilkan grafik hasil pengukuran dan selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan karakteristik dari dioda yang digunakan (Fathoni & Rahmawati, 2015). Selain itu, ada juga yang melakukan pengukuran karakteristik dioda berbasis mikrokontroler ATmega8A yang dipadukan dengan software IV Characterizer (Hamzah, dkk., 2015). Pengambilan data dilakukan dengan menghubungkan perangkat uji ke komputer menggunakan Universal Serial Bus (USB). Setelah program IV Characterizer dijalankan, perlu dimasukkan nilai interval tegangan dan interval waktu, saat klik start maka kurva karakteristik I-V, tegangan maju dan arus maju akan muncul dan file akan disimpan otomatis dengan format Excel.

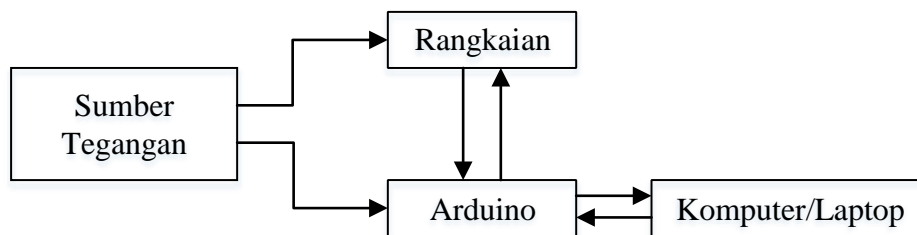
Pengukuran karakteristik I-V pada dioda yang dilakukan menggunakan multimeter, baik dengan tiga atau kurang dari tiga multimeter akan tetap memerlukan waktu yang banyak karena multimeter tidak dapat menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk grafik (Putranto, dkk., 2021). Pengukuran menggunakan mikrokontroler yang dipadukan dengan software labview, maupun mikrokontroler yang dipadukan dengan software IV Characterizer diatas hanya untuk memperoleh kurva karakteristik I-V pada dioda. Penggunaan instrumen-instrumen pengukuran tersebut tidak dapat memenuhi kebutuhan pengukuran untuk mendapatkan nilai resistansi dinamis dari dioda secara langsung. Resistansi dinamis adalah perubahan resistansi perangkat elektronik saat diberikan tegangan tertentu (Floyd, 2012). Resistansi dinamis suatu dioda bukan merupakan tetapan yang mutlak, tetapi nilainya sangat tergantung pada tegangan operasi. Penentuan resistansi dinamis dibutuhkan untuk menentukan pekerjaan perangkat elektronik yang berarti turut mempengaruhi karakteristik perangkat tersebut (Thongpron, dkk., 2006). Penelitian yang dilakukan oleh Oktavia, dkk. (2016) telah mengukur karakteristik I-V diode menggunakan mikrokontroler Atmega8A tanpa mengukur resistansi dinamis.

Berdasarkan masalah-masalah yang telah dijelaskan, telah dibuat perangkat alat ukur karakteristik I-V pada dioda berbasis Arduino Mega 2560 untuk menentukan nilai resistansi dinamis dari dioda dengan mudah. Pemilihan Arduino jenis Mega 2560 didasarkan pada keunggulannya dari jenis Arduino yang lain, yaitu kapasitas *flash memory* sebesar 256 kB. Hal ini memungkinkan pengguna menulis program dengan jumlah baris yang lebih panjang dan

telah dilengkapi dengan *polyfuse* yang dapat direset untuk melindungi port USB komputer/laptop pengguna dari korsleting atau arus berlebih. Arduino ini juga telah diisi program awal yang sering disebut bootloader yang bertugas untuk memudahkan pengguna melakukan pemrograman. Penggunaan Arduino *software* ini tanpa harus menggunakan tambahan hardware lain. Sementara itu, untuk dioda yang digunakan adalah dioda silikon 1N4002, karena fungsinya sebagai penyearah dan tahan terhadap arus dan tegangan yang tinggi sehingga lebih aman digunakan dalam eksperimen.

2. Metode

Metode penelitian ini adalah metode eksperimen dengan diagram rancangan eksperimen menggunakan Arduino ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram rancangan eksperimen

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arduino Mega 2560, Kabel USB A to B, Laptop/Komputer, *Power Supply DC-Constanter* Phywe, Multimeter Digital Fluke 17B+, Dioda 1N4002, Resistor 100 Ω, Kabel *jumper* Arduino dan Penjepit buaya. Penggunaan variabel kontrol dalam penelitian ini adalah resistor limit R_L 100 Ω yang nilainya tetap dari awal sampai akhir pengukuran. Tegangan maju, arus maju, dan resistansi dinamis merupakan variabel respon. Selanjutnya variabel manipulasi adalah tegangan bias yang nilainya diubah-ubah dari 0-5 V.

Adapun Gambar 1 menjelaskan bahwa dalam rangkaian dioda bias maju disambungkan ke sumber tegangan sebagai V_{BIAS} . Sumber tegangan juga dihubungkan dengan arduino pada pin A0 dan Gnd karena Arduino akan melakukan pengukuran terhadap V_{BIAS} . Kemudian, rangkaian dihubungkan ke Arduino agar Arduino dapat melakukan pengukuran terhadap V_F , yaitu dengan menghubungkan bagian anoda dioda dengan pin A1 pada Arduino. Selanjutnya, Arduino akan menyimpan hasil pengukuran sekaligus mengirimkannya ke komputer/laptop. Komputer/laptop akan menampilkan hasil pengukuran yaitu berupa V_{BIAS} , V_F , dan I_F . Dimana I_F diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan persamaan (1) berikut.

$$I_F = \frac{V_{BIAS} - V_F}{R_L} \dots\dots\dots (1)$$

Selanjutnya untuk menghitung besarnya resistansi dinamis dapat digunakan persamaan (2) berikut.

$$r'_d = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan r'_d adalah resistansi dinamis, $\Delta V_F = V_{F \text{ akhir}} - V_{F \text{ awal}}$ dan $\Delta I_F = I_{F \text{ akhir}} - I_{F \text{ awal}}$. Adapun proses pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Proses pengambilan data

Alat ukur karakteristik arus terhadap tegangan (I-V) pada dioda saat bias maju untuk menentukan resistansi dinamis dibangun menggunakan Arduino Mega 2560, yaitu dengan mengunggah *sketch* Arduino IDE ke papan rangkaian Arduino yang berisikan perintah agar Arduino Mega 2560 dapat membaca hasil pengukuran. Pengukuran karakteristik I-V pada dioda 1N4002 saat bias maju dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan maju (V_F) dan arus maju (I_F) pada dioda untuk setiap kenaikan tegangan sumber (V_{BIAS}) dari 0 – 5 V. Adapun *sketch* Arduino IDE dapat dilihat seperti di bawah ini (Robotshop. t.th. *Arduino Mega 2560 Datasheet*).

```
void setup() {
  // komunikasi serial 9600 bit per sekon:
  Serial.begin(9600);
} void loop()
// baca input analog Vbias pada pin A0:
int A0 = analogRead(0); // baca
input analog Vf pada pin A1:
int A1 = analogRead(1);
// Menampilkan hasil Vbias :
Serial.print(A0);
// Menampilkan hasil Vf :
Serial.print(A1);
Serial.println(ArusMaju);
```

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan eksperimen yang dilakukan, V_F dan I_F yang dihasilkan melalui pengukuran menggunakan Arduino dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

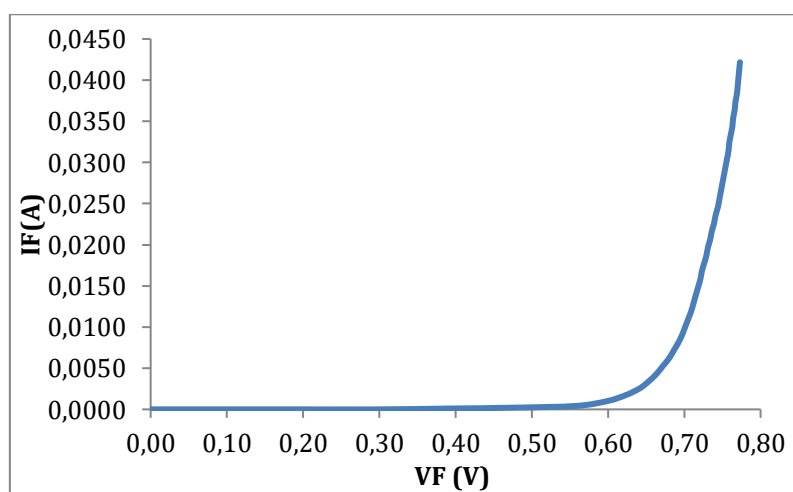
Tabel 1. Data hasil pengukuran menggunakan arduino

No.	Tegangan Bias V_{BIAS} (V)	Tegangan Maju V_F (V)	Arus Maju I_F (A)
1	0,00	0,000	0,0000
2	0,10	0,100	0,0000
3	0,20	0,200	0,0000
4	0,30	0,300	0,0000
5	0,40	0,390	0,0001
6	0,50	0,479	0,00021
7	0,60	0,558	0,00042

No.	Tegangan Bias V_{BIAS} (V)	Tegangan Maju V_F (V)	Arus Maju I_F (A)
8	0,70	0,599	0,00101
9	0,80	0,624	0,00176
10	0,90	0,642	0,00258
11	1,00	0,654	0,00346
12	1,10	0,664	0,00436
13	1,20	0,672	0,00528
14	1,30	0,680	0,00620
15	1,40	0,686	0,00714
16	1,50	0,692	0,00808
17	1,60	0,697	0,00903
18	1,70	0,701	0,00999
19	1,80	0,705	0,01095
20	1,90	0,709	0,01191
21	2,00	0,712	0,01288
22	2,10	0,715	0,01385
23	2,20	0,718	0,01482
24	2,30	0,721	0,01579
25	2,40	0,723	0,01677
26	2,50	0,726	0,01774
27	2,60	0,729	0,01871
28	2,70	0,731	0,01969
29	2,80	0,734	0,02066
30	2,90	0,736	0,02164
31	3,00	0,739	0,02261
32	3,10	0,741	0,02359
33	3,20	0,744	0,02456
34	3,30	0,746	0,02554
35	3,40	0,748	0,02652
36	3,50	0,750	0,02750
37	3,60	0,752	0,02848
38	3,70	0,754	0,02946
39	3,80	0,756	0,03044
40	3,90	0,758	0,03142
41	4,00	0,759	0,03241
42	4,10	0,761	0,03339
43	4,20	0,763	0,03437
44	4,30	0,764	0,03536
45	4,40	0,766	0,03634
46	4,50	0,767	0,03733
47	4,60	0,769	0,03831

No.	Tegangan Bias V_{BIAS} (V)	Tegangan Maju V_F (V)	Arus Maju I_F (A)
48	4,70	0,770	0,03930
49	4,80	0,771	0,04029
50	4,90	0,772	0,04128
51	4,99	0,773	0,04217

Berdasarkan data-data tersebut, kemudian diperoleh kurva karakteristik I-V untuk bias maju yang berbentuk eksponensial positif seperti pada Gambar 3 berikut ini. Terlihat di Tabel 1 dan Gambar 3, I_F baru mengalami kenaikan pada V_F 0,39 V meskipun dalam jumlah yang sangat kecil, yaitu sebesar 0,0001 A. Nilai I_F mulai meningkat secara perlahan dari 0,00101 A sampai 0,00903 A pada V_F 0,599 V sampai 0,697 V. Setelah titik dimana V_F lebih besar dari 0,7 V, nilai I_F meningkat dengan pesat hingga mencapai 0,04217 A pada kondisi V_F sebesar 0,773 V. Hal ini disebabkan potensial penghalang pada dioda 1N4002, yaitu sebesar 0,7 V (Floyd, 2012). Ini dapat dilihat dari arus yang mulai mengalir dengan baik ketika tegangan dioda mencapai 0,7 V dan meningkat dengan pesat ketika tegangan dioda melebihi 0,7 V. Ketika dioda diberikan tegangan kurang dari 0,6 V, yaitu 0 V – 0,599 V elektron-elektron di daerah n pada dioda kurang mendapat tambahan energi sehingga tidak mampu menyebrangi pn *junction* pada dioda. Elektron yang berpindah dari sisi n ke sisi p sangat sedikit sehingga arus listrik yang mengalir juga sangat sedikit dari 0 A – 0,00101 A.



Gambar 3. Kurva Karakteristik I-V untuk Bias Maju

Akan tetapi, ketika dioda diberikan tegangan lebih dari 0,7 V, elektron-elektron di daerah n pada dioda mendapat tambahan energi sehingga mereka mampu menyebrangi pn *junction* pada dioda. Selanjutnya mereka masuk dalam dinding dan menjadi elektron valensi. Perjalanan elektron valensi berlanjut hingga ke ujung sisi p dan meninggalkan sisi p lalu mengalir ke kutub positif sumber. Terjadilah arus listrik dalam jumlah yang besar (Budiharto & Rahardi, 2005). Hal ini bisa dilihat dari meningkatnya arus dengan pesat saat tegangan dioda 0,697 V – 0,773 V, arus bisa meningkat dari 0,00903 A – 0,04217 A.

Dalam karakteristik I-V pada dioda secara teori, baru mengalami peningkatan secara drastis ketika tegangan dioda bernilai 0,6 - 0,7 V (Zuhail & Zhanggishan, 2004), namun secara eksperimen nilai tersebut dapat berubah. Hal ini disebabkan karena arus dioda adalah variabel yang bergantung pada tegangan bias dan resistansi limit yang dipasang pada rangkaian dioda

(Surjono, 2007). Pada dioda silikon 1N4002, untuk mendapatkan karakteristik I-V dioda yang ideal, dimana arus maju mulai mengalami peningkatan ketika tegangan dioda bernilai 0,6 – 0,7 V, maka resistor limit yang dipasang adalah sebesar 100 Ω . Resistansi dinamis ditentukan pada tiga kondisi V_F yang berbeda-beda, yaitu pada $V_F \leq 0,6$ V; V_F di antara 0,6 V – 0,7 V, dan $V_F \geq 0,6$ V. Berdasarkan eksperimen yang dilakukan, nilai resistansi dinamis dapat dihitung menggunakan persamaan (2) dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai resistansi dinamis

Tegangan Maju V_F (V)	ΔV_F (V)	ΔI_F (A)	Resistansi Dinamis r'_d (Ω)
$\leq 0,6$	0,599	0,00101	593,069
0,6 – 0,7	0,098	0,00802	12,2190
$\geq 0,7$	0,076	0,03314	2,29300

Sesuai dengan Tabel 2, nilai resistansi terbesar, yaitu di bawah 0,6 V sebesar 593,069 Ω , karena arus meningkat sangat sedikit dari 0 A sampai 0,00176 A. Resistansi mulai menurun di wilayah 0,6 V – 0,7 V sebesar 12,219 Ω , dan menjadi terkecil di atas 0,7 V sebesar 2,293 Ω dimana terjadi perubahan besar untuk arus dari 0,00903 A – 0,04217 A. Adapun resistansi dinamis adalah variabel yang bergantung pada tegangan dan arus dioda, dimana arus dioda juga bergantung pada resistansi limit (Gopal, dkk., 2008), maka secara ideal untuk dioda silikon 1N4002, resistansi dinamis akan menjadi terkecil di atas wilayah kurva 0,7 V apabila nilai resistor yang dipasang adalah sebesar 100 Ω .

Kesimpulan

Alat ukur karakteristik arus terhadap tegangan (I-V) pada dioda saat bias maju menggunakan Arduino Mega 2560 telah berhasil dibuat. Pengukuran karakteristik I-V pada dioda 1N4002 saat bias maju yang dihasilkan berupa grafik eksponensial positif. Kurva menunjukkan adanya peningkatan arus pada tegangan dioda ketika mencapai tegangan penghalangnya, yaitu sebesar 0,7 V jika resistor *limit* yang dipasang pada rangkaian adalah sebesar 100 Ω . Karakteristik resistansi dinamis yang dihasilkan dari hasil karakterisasi I-V pada dioda saat bias maju, yaitu semakin besar nilai arus yang mengalir pada rangkaian dioda, maka resistansi dinamis dari dioda semakin kecil. Sebaliknya, semakin kecil nilai arus yang mengalir dalam rangkaian dioda, maka resistansi dinamis dari dioda semakin besar.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Safiudin, S.Pd., yang telah membantu saat perangkaian alat dan pengambilan data.

Daftar Pustaka

Budiharto, W., & Rahardi, S. (2005). *Teknik Reparasi PC dan Monitor*. Jakarta: Elex Media Komputindo.

- Fathoni, M. A., & Rahmawati, E. (2015). Perancangan I-V Meter Berbasis Mikrokontroler dan PC untuk Menentukan Karakterisasi Dioda. *Jurnal Fisika*, 4(1), 37-40. <https://doi.org/10.26740/ifi.v4n1.p%25p>.
- Floyd, T. L. (2012). *Electronic Devices: Electron Flow Version*. New Jersey: Prentice Hall.
- Gopal, V., Plis, E., Rodriguez, J. B., Jones, C. E., Faraone, L., & Krishna, S. (2008). Modeling of electrical characteristics of midwave type II InAs/GaSb strain layer superlattice diodes. *Journal of Applied Physics*, 104.
- Hamzah, Y., Setiadi, R. N., & Umar, L. (2015). Pengembangan Alat Uji Otomatis Karakteristik Dioda dan PTC Berbasis Mikrokontroler ATmega8A. *Jurnal Fisika*, 1, 210-217.
- Oktavia, D. P., Hamzah, Y., Rahmondia, N. S., & Umar, L. (2016). Karakterisasi Dan Simulasi Dioda PN Mempergunakan Alat Uji Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega8a. *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia*, 13(12), 781-786. <http://dx.doi.org/10.31258/jkfi.13.12.781-786>.
- Putranto, A. B., Muhlisin, Z., Lutfiah, A., Mangkusasmito, F., & Hersaputri, M. (2021). Perancangan Alat Karakterisasi Dioda dengan ESP32 dan Rangkaian Op-Amp LM358 Berbasis Android. *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer*, 13(1).
- Robotshop. t.th. *Arduino Mega 2560 Datasheet*. Diambil pada tanggal 1 Januari 2017, dari www.robotshop.com.
- Surjono, H. D. (2007). *Elektronika: Teori dan Penerapan*. Penerbit Cerdas Ulet Kreatif. Jember
- Thongpron, J. C., Kirtikara, K., and Jivacate, C. (2006). A method for the determination of dynamic resistance of photovoltaic modules under illumination. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 90(18-19), 3078-3084. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2006.06.029>.
- Zuhal dan Zhanggischan. (2004). *Prinsip Dasar Elektroteknik*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.