

# KARAKTERISASI DAN SIMULASI DIODA PN MEMPERGUNAKAN ALAT UJI OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8A

Dian Putri Oktavia, Yanuar Hamzah, Rahmondia N.S, Lazuardi Umar

*Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau Pekanbaru*  
*email: [oktaviadianputri@gmail.com](mailto:oktaviadianputri@gmail.com)*

## Abstract

An automated test platform for I-U curve diode characterisation based on microcontroller of Atmega8A is presented. Four types of diodes; 1N4007, 1N5401, 1N5392, and 1N4148 were characterized at temperature 303K using step voltage ( $dU$ ) of 1mV, 5mV, 10mV, 20mV, 50mV, 100mV, and 500mV respectively. The temperature influences on diode was observed by putting diodes in adiabatic temperature chamber at three different temperatures of 313K, 323K, and 333K, the I-U curve of diodes are then measured. The results show an exponentially diodes I-U curve at quadrant I (forward bias region). For diode parameters, the I-U curve were then modeled and simulated after diodes equation and resulted an maximum absolute error 10.57% of full scale measurement.

*Keywords: Characterisation, Simulation, Diode PN, Microcontroller Atmega8A*

## Abstrak

Program uji otomatis untuk mengkarakterisasi kurva I-U pada dioda berbasis modul Arduino dengan mikrokontroler Atmega8A telah dilakukan. Empat jenis dioda yang digunakan adalah 1N4007, 1N5401, 1N5392, dan 1N4148 yang dikarakterisasi pada suhu 303K dengan masing-masing tegangan uji ( $dU$ ) 1mV, 5mV, 10mV, 20mV, 50mV, 100mV, dan 500mV. Pengamatan pengaruh suhu pada dioda menggunakan ruang adiabatik untuk pengukuran tiga suhu yang berbeda yaitu 313K, 323K dan 333K yang kemudian menghasilkan kurva I-U. Hasil pengukuran memperlihatkan kenaikan pada kurva I-U dioda secara eksponensial pada kuadran I (wilayah panjar maju). Untuk parameter dioda, kurva I-U dimodelkan dan disimulasikan yang merujuk pada persamaan dioda dan persen error maksimum sebesar 10,57% berbanding dengan pengukuran dalam *full scale*.

*Kata kunci: Karakterisasi, Simulasi, Modul Arduino, Dioda PN, Microcontroller Atmega8A*

## 1. Pendahuluan

Bahan semikonduktor adalah bahan yang bersifat setengah konduktor karena energi gap yang dibentuk oleh struktur bahan ini lebih kecil dari energi gap bahan isolator tetapi lebih besar dari energi gap bahan konduktor. Bahan semikonduktor memungkinkan elektron berpindah dari satu atom penyusun ke atom lain dengan perlakuan tertentu terhadap bahan tersebut seperti pemberian tegangan dan perubahan suhu (**Van der Wal dan Knol, 1985**). Berbagai piranti dari bahan semikonduktor antara lain dioda, zener, transistor, IC (*Integrated Circuit*), LED (*Light Emitting Diode*), *varactor*, dan *varistor*.

Dioda merupakan piranti elektronika berfungsi sebagai penyearah arus yaitu dari anoda ke katoda dan tidak sebaliknya. Piranti ini sangat penting dalam rangkaian elektronika karena sifatnya yang dapat menghantarkan arus pada panjar maju (*forward bias*) dan menghambat arus pada panjar mundur (*reverse bias*). Pada proses pembuatannya, dioda dibuat dari kombinasi oleh dua material utama yaitu tipe-n dan tipe-p, dimana elektron terdapat pada bahan tipe-n sedangkan lubang (*hole*) terdapat pada bahan tipe-p.

Dioda tidak sepenuhnya ideal pada aplikasinya, terdapat penyimpangan-penyimpangan dalam karakteristiknya (**Tooley, 2012**). Dioda membutuhkan tegangan panjar untuk mengalirkan arus dalam pengoperasiannya yaitu panjar maju (*forward bias*) dan panjar mundur (*reverse bias*). Fungsi lain dari dioda yaitu sebagai penyearah arus dan penstabil tegangan pada komponen sehingga karakteristiknya penting untuk diuji.

Pengujian dioda dapat dilakukan dengan menggunakan multimeter. Pengambilan data dilakukan secara manual dan membutuhkan waktu yang lama serta ketelitian rendah (**Piliyanti, 2008**). Pengujian dioda dapat dilakukan secara otomatis menggunakan perangkat fisik *software* dan *hardware*, yang sifatnya interaktif yaitu dapat menerima input dari lingkungan dan merespon balik

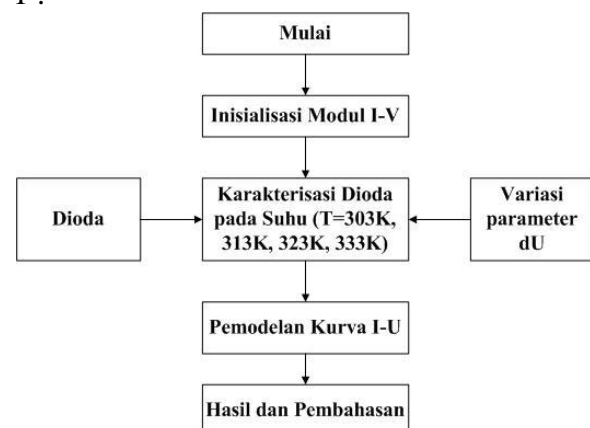
(**Banzi, 2008**). Pengukuran dapat dilakukan secara otomatis menggunakan modul uji yang telah terhubung dengan komputer dimana pada komputer tersebut telah terpasang *software* yang dapat memperlihatkan kurva karakteristik dioda.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka pada penelitian ini telah dikembangkan alat uji otomatis kurva (I-U) dioda yang dapat mengukur karakteristik suatu dioda. Data diukur secara otomatis mempergunakan mikrokontroler dan disimpan pada komputer. Validasi dari pengukuran dilakukan dengan memodelkan secara matematis kurva (I-U) menggunakan *software* Sigma Plot dan MathCad. Pengaruh suhu pada dioda yang dapat dinyatakan pada persamaan dioda akan diuji dengan menempatkan dioda di dalam ruang adiabatik Heraeus pada suhu yang berbeda antara 30°C sampai dengan 60°C. Kurva ini akan ditampilkan dengan hasil yang memperlihatkan variasi suhu pada semikonduktor dioda.

## 2. Metode Penelitian

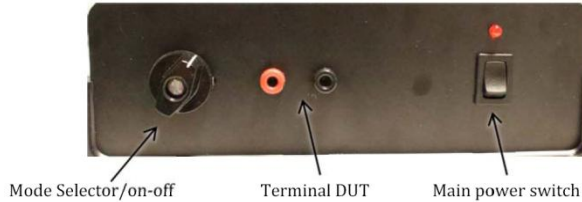
### A. Mekanisme Penelitian

Pada penelitian ini digunakan metode eksperimen dengan melalui beberapa tahap pengerjaan yaitu diperlihatkan pada Gambar 1 :



**Gambar 1.** Tahap-tahap penelitian untuk karakterisasi dioda dan pada variasi suhu lingkungan

Gambar 1 memperlihatkan diagram alir dari pengujian karakterisasi dioda yang dipengaruhi terhadap perubahan suhu. Alat yang digunakan ialah alat uji otomatis berbasis mikrokontroler Atmega8A. Adapun bentuk dan spesifikasi alat diperlihatkan pada Gambar 2 dan Tabel 1 berikut.



**Gambar 2.** Tampak depan dari panel alat uji otomatis

**Tabel 1.** Spesifikasi dari alat uji otomatis

Tegangan keluaran ke DUT	:0-4,095V untuk Dioda 0-25V untuk Resistor
Arus masukan dari DUT	:0-0,6A untuk Dioda 0-0,1A untuk Resistor
Batas daya maksimum	:0,5W untuk Resistor
Interval kenaikan tegangan	:Min. 1mV, Maks. 1V
Resolusi arus	:1mA
Interval waktu	:Min. 0,1mV, Maks. 3600s
Tegangan Power Supply	:220V
Daya	:Maks. 24W
Dimensi	:180 x 205 x 70 mm
Berat	:Appr. 2,0 kg

Pada pengoperasiannya, kabel pada *power supply* terhubung ke jalan-jalan PLN dan untuk mengkarakterisasi dioda maka *marking* pada *mode selector* berada di tengah (**DIODE**) dimana kiri (**OFF**) dan kanan (**RESISTOR**). Komunikasi antara modul ke komputer dilakukan melalui konektor RS-232 menggunakan USB to RS232 converter. Pengendalian modul dilakukan dengan *driver converter* yang di install pada PC. Setelah modul terhubung ke komputer maka langkah selanjutnya adalah pemasangan dioda sampel pada terminal DUT dari modul Arduino yang terlihat pada Gambar2.

Hasil pengukuran akan disimulasikan dengan merujuk pada persamaan dioda

$$I = I_s \left( e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - 1 \right) \quad (1)$$

Adapun nilai parameter awal adalah  $I_s$  merupakan arus saturasi,  $\eta$  merupakan faktor

ideal dioda yang nilainya 1 untuk Germanium dan 2 untuk Silikon, dan  $V_T$  merupakan tegangan termal dioda yang dapat dihitung dengan nilai  $V_T = \frac{k_B T}{q}$ , dimana  $k_B$  adalah konstanta Boltzman ( $1,38 \times 10^{-23} J/K$ ),  $T$  diukur pada suhu Kelvin, dan  $q$  adalah muatan elektron ( $1,6 \times 10^{-19} C$ ). Nilai tersebut akan di *fitting* menggunakan *software* Sigma Plot dengan variabel  $x$  adalah  $V_D$  dan variabel  $y$  adalah  $i$ . Komando yang dipergunakan dalam *software* Math Cad untuk memodelkan dioda diperoleh parameter-parameter persamaan berdasarkan prosedur ekstrak parameter berikutnya (*successive extraction procedure*) dituliskan sebagai berikut.

$$SSE(I_s, \eta) := \sum_i \left[ I_{measured} - I_s \cdot e^{\left( \frac{V_D \cdot q}{\eta \cdot k_B \cdot T} \right)} - 1 \right]^2$$

$$\text{Minfehl}(I_s, \eta) = \text{var}_1, \text{var}_2, \dots \quad (2)$$

Fungsi **Minerr** (*var1*, *var2*, ...) mengembalikan nilai *var1*, *var2*... yang terdekat untuk memenuhi persamaan dan ketidaksamaan dalam blok penyelesaian. *var1*, *var2*,... adalah variabel skalar yang ditemukan dalam sistem persamaan. Parameter-parameter  $I_s$  dan  $\eta$  adalah nilai estimasi setelah iterasi dengan residu minimum.

Pemodelan menghasilkan fungsi  $i = f(V_D)$  dan akan dibandingkan terhadap nilai eksperimen. Persentase kesalahan antara simulasi dan eksperimen dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut;

$$\varepsilon(\%) = \left| \frac{y_D - y_{sim}}{y_D} \right| \cdot 100 \quad (3)$$

dimana,  $y_{sim}$  adalah arus yang didapat dari simulasi dan  $y_D$  adalah arus dioda yang didapat dari pengukuran.

## B. Alat dan Bahan

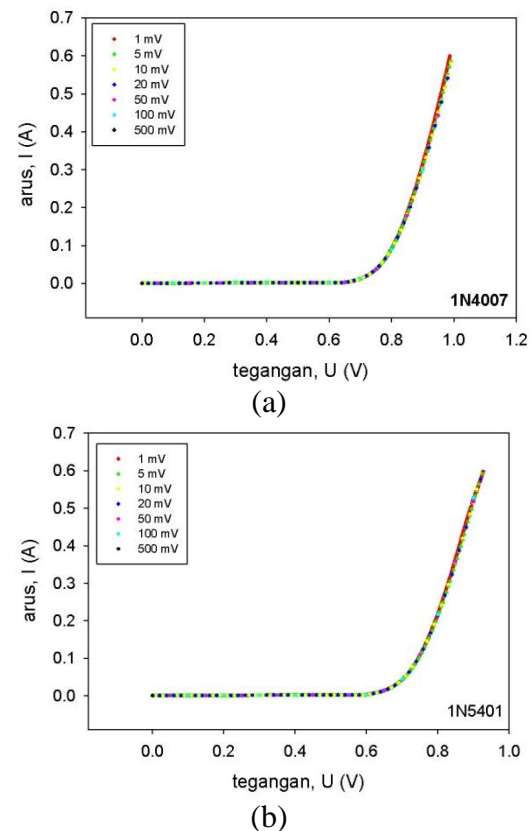
Alat dan bahan yang diperlukan untuk pengujian dioda adalah sebagai berikut:

- Perangkat Uji Otomatis.**  
 Perangkat ini berbasis mikrokontroler ATmega8A dan berfungsi sebagai alat uji yang akan secara otomatis mengkarakterisasi dioda dengan mengukur kurva I-U, data yang diperoleh dapat disimpan dalam format Excel untuk diolah lebih lanjut.
- Laptop dan Software Pendukung.**  
 Laptop sebagai perangkat keras yang digunakan untuk pengambilan data terhubung ke alat uji otomatis menggunakan kabel USB to RS232. Adapun alat uji dikendalikan dari laptop menggunakan program I-V-Characterizer berbasis Visual Basic, sementara *software* yang digunakan untuk pengolahan data adalah Sigma Plot dan MathCad.
- Dioda Silikon.**  
 Dioda silikon sebagai objek yang diteliti (*Device Under Test*, DUT) dipilih dari tipe silikon sebanyak 4 jenis yaitu 1N40xx, 1N5392, 1N4148 dan 1N54xx, dimana masing-masing jenis diambil sebanyak 5 sampai 10 eksemplar.
- Ruang Adiabatis (Termostat) Heraeus.**  
 Ruang adiabatis ini akan dipergunakan untuk mengetahui pengaruh suhu lingkungan pada dioda, dimana selama karakterisasi dioda ditempatkan pada termostat Heraeus dengan suhu tertentu. Pada penelitian ini akan diambil 3 suhu yang berbeda yaitu 40°C, 50°C dan 60°C. Kemudian hasil dari pengukuran akan ditampilkan pada satu grafik untuk kemudian dianalisa sesuai dengan persamaan umum dioda sebagai fungsi dari suhu.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran dioda dilakukan dengan mengatur step tegangan ( $dU$ ) yang bervariasi yaitu 1mV, 5mV, 10mV, 20mV, 50mV, 100mV, 500mV. Step tegangan yang paling kecil akan menghasilkan data yang halus pada kurva dan sebaliknya. Pengaturan ini diberikan pada *software* pengendali di modul I-V-Char, sementara step waktu yang

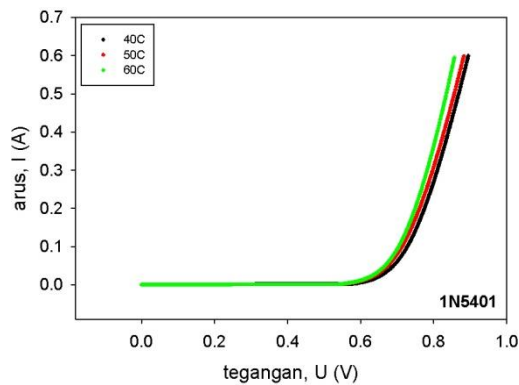
diberikan untuk tiap tegangan eksitasi telah diset secara internal sebesar 0,1 detik. Hasil-hasil pengukuran dioda menggunakan modul I-V-Char diberikan seperti pada Gambar 3 berikut.



**Gambar 3.** Kurva karakteristik dioda pada tujuh step tegangan

Seperti diperlihatkan pada Gambar 3 terlihat bahwa kurva semua dioda tidak linier dan naik secara eksponensial. Tiap kurva memiliki kecenderungan kenaikan suhu secara eksponensial mengikuti jenis dioda dibuat. Pada penelitian ini dioda yang dipergunakan adalah jenis silikon sehingga tegangan dimana arus naik secara eksponensial (tegangan potong) bernilai sekitar 0,6V. Hasil karakterisasi dioda menggunakan modul I-V-Char memberikan arus dan tegangan yang berbeda-beda sesuai dengan spesifikasi alat.

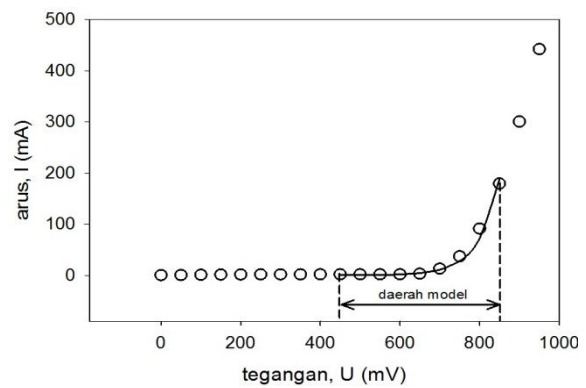
Pengambilan data dengan variasi dilakukan pada suhu 40°C, 50°C, dan 60°C. Hasil dari pengukuran ketiga suhu ini dapat dilihat seperti Gambar 4 berikut.



**Gambar 4.** Karakterisasi dioda dengan variasi suhu

Variasi suhu ini bertujuan untuk melihat perubahan karakteristik (I-U) dioda yang dilakukan dengan menempatkan dioda pada ruang adiabatik Termostat Heraeus. Pengambilan data suhu dilakukan setelah dioda berada selama 2,5 jam di dalam ruang adiabatik agar suhu di dalam ruangan homogen. Gambar 4 menunjukkan perubahan karakteristik dioda dengan peningkatan suhu. Semakin bertambah naik suhu dioda menyebabkan terjadinya perubahan bentuk lengkungan pada tegangan potong dan arus saturasi, yaitu tegangan potong berkurang dari 0,6V pada suhu 30°C menjadi 0,585 pada suhu 40°C, 0,576 pada suhu 50°C, dan 0,546 pada suhu 60°C tetapi arus saturasi bertambah dan kemiringan lengkung ciri pada tegangan mundur pun bertambah.

Pemodelan data karakteristik dioda dilakukan dengan menggunakan *software* Sigma Plot dan Math Cad dimana hanya daerah tertentu saja yang dimodelkan sesuai dengan (Popadic et al, 2009). Data yang dimodelkan diperoleh pada salah satu jenis dioda yaitu tipe 1N4007 Gambar 3(a) dengan step tegangan (dU) 50mV dan waktu (dT) sebesar 0,1s dioda yang diukur pada suhu ruang 30°C, persamaan yang digunakan merujuk pada Persamaan (1). Hasil pemodelan diperlihatkan seperti Gambar 5 berikut.



**Gambar 5.** Pemodelan kurva I-U pada suhu 30°C

Parameter pemodelan diperoleh dengan memasukkan nilai faktor ideal dioda  $\eta = 2$ , suhu  $T = 303K$ , sehingga dihasilkan nilai tegangan termal dioda yaitu

$$V_T = \frac{k_B \cdot T}{q} = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 303}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 26,11mV \quad (4)$$

Nilai  $I_s$  mengacu pada persamaan umum dioda diperoleh mempergunakan fungsi f5 pada Sigma Plot dan fungsi *minfehl* pada Mathcad, sehingga dari pemodelan diperoleh bentuk umum dari dioda tipe 1N4007 sebagai berikut.

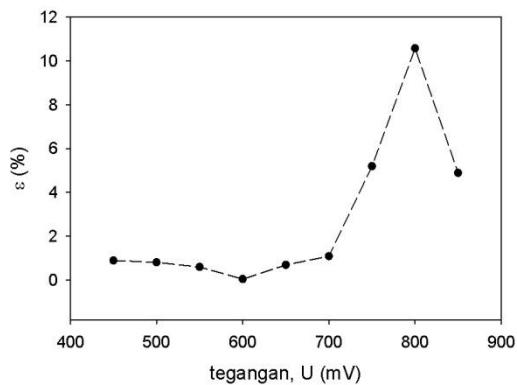
$$I = 1,693 \cdot 10^{-5} (e^{0,01914V_D} - 1) \quad (5)$$

Nilai  $V_D$  merupakan tegangan dioda (U) pada sumbu x dan  $I$  adalah arus dioda pada sumbu y. Parameter yang digunakan pada persamaan dioda diatas adalah tegangan termal  $V_T$  bernilai 26,11mV, faktor ideal dioda  $\eta$  bernilai 2, suhu karakterisasi  $T$  303K, dan arus saturasi  $I_s$  bernilai  $1,693 \times 10^{-5} mA$ .

Nilai parameter  $I$  sebagai parameter arus memiliki perbedaan antara pengukuran dan simulasi sehingga untuk pengukuran *error* mengacu pada persamaan 1. Namun,  $I_{data}$  pada pengukuran memiliki nilai yang besar dibanding dengan  $I_{sim}$ . Oleh karena itu, Persamaan (3) dimodifikasi pembandingnya terhadap skala penuh (*full scale, Δfs*) dimana  $\Delta fs = (I_{data,max} - I_{data,min})$  sehingga diperoleh nilai  $\Delta fs = 177,558mA$ . Hasil pengukuran *error* pada skala penuh diperlihatkan seperti Tabel 2 dan Gambar 6 berikut.

**Tabel 2.** Perbandingan antara arus pada pengukuran dan simulasi

U (mV)	I <sub>data</sub> (mA)	I <sub>model</sub> (mA)	$\epsilon$ (%)
450	1,67	0,09	0,89
500	1,67	0,23	0,81
550	1,67	0,61	0,60
600	1,67	1,59	0,05
650	2,90	4,13	0,69
700	12,67	10,73	1,09
750	37,09	27,87	5,19
800	91,14	72,37	10,57
850	179,23	187,92	4,89



**Gambar 6.** Kurva tegangan untuk persentase perbedaan

#### 4. Kesimpulan

Karakterisasi dioda menghasilkan kurva arus dan tegangan (I-U) non linier dan naik secara eksponensial. Perubahan suhu mempengaruhi kurva karakteristik dioda, dimana semakin meningkatnya suhu menyebabkan pergeseran mundur pada kurva I-U sehingga tegangan potong semakin berkurang. Pemodelan pada suhu ruang 30°C dengan salah satu jenis dioda tipe 1N4007 pada step tegangan ( $dU$ ) 50mV, waktu ( $dT$ ) 0,1s pada daerah tegangan 450mV sampai dengan 850mV menghasilkan persentase *error* maksimal sebesar 10,573%.

#### 5. Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dibiayai oleh Hibah Laboratorium Universitas Riau TA. 2015.

#### 6. Daftar Pustaka

Banzi, Massimo. 2008. *Getting Started with Arduino*. USA: O'Reilly Media, Inc.

Piliyanti. 2008. *Perancangan Alat Penguji Komponen Berbasis Mikrokontroler AT89S52 Dan Aplikasinya Terhadap Pengujian Dioda, Kapasitor, IC 741, IC 555 Dan Contunity*. Tugas Akhir D3, Program Studi Fisika Instrumentasi FMIPA USU Medan.

Popadic, Milos. et al. 2009. Analytical Model of I-V Characteristics of Arbitrarily Shallow p-n junctions. *IEEE Transactions On Electron Devices*, Vol.56. no 1.

Tooley, Mike. 2012. *Electronic Circuits: Fundamentals and Applications, 3rd Ed*. Routlege. p. 81. ISBN 1-136-40731-6.

Van Der Wal, H dan Knol, E.H. 1985. *Ringkasan Elektro Teknik*. Erlangga: Jakarta.