

Book Chapter

by Book Chapter Erawan Book Chapter Erawan

Submission date: 06-Apr-2023 12:03PM (UTC+0700)

Submission ID: 2057295778

File name: Book_Chapter_Fisika-1_an_Erawan.pdf (1.47M)

Word count: 3626

Character count: 22780



PEMBELAJARAN

FISIKA-IPA

MASA PANDEMI COVID 19

Jeffry Handhika | Tantri Mayasari | Erawan Kurniadi
Mislan Sasono | Farida Huriawati | Perdana M.H.





BAGIAN III

Praktikum Riil vs Virtual: Kurva Karakteristik Dioda

Erawan Kurniadi

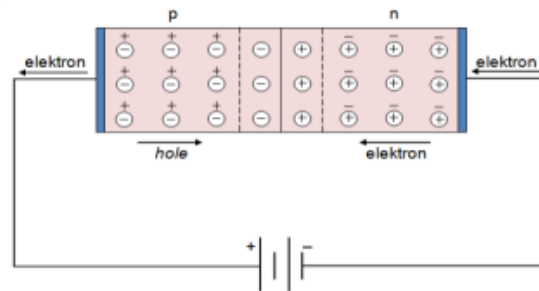
email: erawan@unipma.ac.id

Abstrak

Pembelajaran elektronika menjadi lebih bermakna jika salah satu kegiatannya adalah praktikum. Kegiatan praktikum riil di laboratorium memberikan pengalaman nyata yang lebih bermakna dibandingkan praktikum virtual, namun dalam topik tertentu (kurva karakteristik dioda), praktikum riil di laboratorium sulit untuk dilakukan. Beberapa kesulitan dalam praktikum kurva karakteristik dioda riil di laboratorium yaitu: 1) Sumber tegangan variabel yang tersedia biasanya diskret, dan tegangan maksimumnya relative rendah (12 Volt), 2) Alat ukur yang digunakan (voltmeter dan amperemeter) memiliki jangkauan ukur relative kecil, 3) Resiko kerusakan alat tinggi terutama pada pengukuran arus. Kesulitan-kesulitan tersebut tidak akan terjadi pada praktikum virtual, namun praktikum virtual juga tidak sepenuhnya lebih baik daripada praktikum riil. Untuk itu, di sini akan disajikan plus-minus praktikum riil vs virtual spesifik pada topik kurva karakteristik diode.

A. Pendahuluan

Dioda merupakan piranti dua elektrode yang hanya dapat menghantarkan arus listrik dengan baik dalam satu arah. Untuk memahami mengapa dioda hanya dapat menghantarkan arus listrik dalam satu arah saja, pada bagian ini akan dijelaskan mengapa hal tersebut dapat terjadi.



Gambar 3.1. Prategangan maju (*forward bias*)

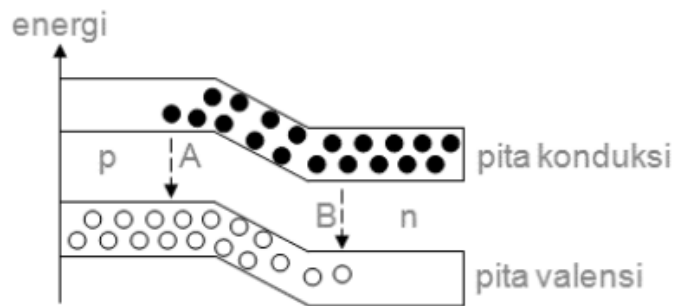
Dioda pada gambar 1 diberi prategangan maju (forward bias), sisi p dihubungkan dengan kutub positif baterai, sedangkan sisi n dihubungkan dengan kutub negatif baterai. Hal ini akan mengakibatkan elektron-elektron bebas pada sisi n ditolak ke kiri karena bertemu dengan elektron-elektron dari kutub negatif baterai. Elektron-elektron bebas pada daerah n bergerak ke kiri menuju ke persambungan. Kejadian ini menyebabkan munculnya ion-ion positif pada sisi kanan kristal. Ion-ion positif ini selanjutnya menarik elektron-elektron dari kutub negatif baterai menuju sisi kanan kristal. Karena kutub positif dari baterai dihubungkan dengan sisi p, lubang-lubang pada daerah p ditolak menuju ke kanan menuju ke persambungan (bukan bergerak ke kanan dalam arti sesungguhnya, tetapi mirip gerakan lampu berjalan). Setelah lubang-lubang bergerak ke kanan, maka

ion-ion negatif tertinggal di sisi kiri kristal. Elektron-elektron valensi selanjutnya mengalir dari ion-ion negatif ini melalui kawat menuju ke kutub positif baterai. Jika suatu saat elektron-elektron valensi ini meninggalkan tempatnya, maka lubang-lubang baru akan terbentuk pada ujung kiri kristal.

Secara garis besar gambarannya adalah di dalam kristal elektron-elektron bebas dan lubang selalu bergerak menuju ke persambungan. Bersamaan dengan itu, elektron-elektron bebas baru (berasal dari kutub negatif baterai) akan memasuki ujung kanan kristal dan lubang-lubang baru akan terbentuk di ujung kiri kristal. Kondisi ini mengakibatkan di daerah n selalu banyak terdapat elektron bebas, sedangkan daerah p selalu banyak terdapat lubang. Selanjutnya elektron-elektron bebas di daerah persambungan akan bergabung dengan lubang-lubang yang tiba di persambungan. Hasilnya, arus listrik yang kontinyu (terus menerus) akan berlangsung di dalam kristal.

Gambar 3.2 memperlihatkan bahwa tingkat energi elektron-elektron bebas dipertinggi oleh prategangan luar. Saat tegangan luar mencapai sekitar 0,7 volt (tegangan gap dioda yang terpasang terbuat dari silikon), maka elektron-elektron pada sisi n dari persambungan akan memperoleh energi yang cukup besar untuk memasuki sisi p. Setelah masuk ke daerah p, elektron bebas akan menjadi pembawa minoritas dan dengan cepat akan bergabung (berekombinasi) dengan lubang di sekitarnya (lintasan A). Selanjutnya, elektron ini akan bergerak

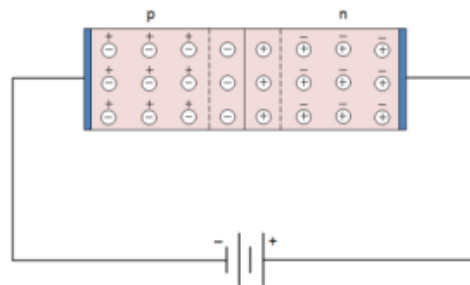
melalui lubang-lubang sebagai elektron valensi menuju ke ujung kiri kristal.



Gambar 3.2. Tingkat energi pembawa mayoritas pada prategangan maju

Kadangkala elektron bebas juga bergabung dengan lubang sebelum menyeberangi persambungan. Hal ini terjadi karena lubang juga dapat menyeberangi daerah persambungan dari sisi p menuju sisi n (bukan menyeberang dalam arti sesungguhnya seperti electron). Rekombinasi elektron bebas di sisi n persambungan dgambarkan oleh lintasan B. Terlepas dari masalah dua kejadian rekombinasi di sisi p dan n, hasilnya sebenarnya sama yaitu berupa aliran tunak (steady) dari elektron-elektron bebas menuju ke persambungan dan berekombinasi dengan lubang. Elektron-elektron yang terjebak (berubah menjadi elektron valensi) bergerak dalam bentuk aliran tunak melalui lubang-lubang pada daerah p sehingga menyebabkan terjadinya aliran kontinyu dalam dioda. Pengukuran menggunakan amperemeter akan menunjukkan arus yang mengalir dalam dioda bernilai besar.

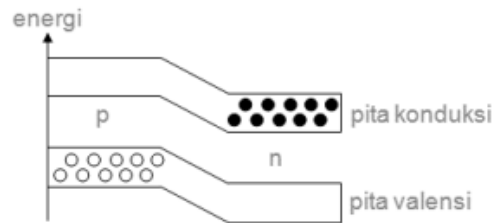
Gambar 3.3. menunjukkan sebuah dioda yang diberi prategangan balik (reverse bias). Pada rangkaian ini, daerah p dari kristal dihubungkan dengan kutub negatif baterai, sedangkan daerah n kristal dihubungkan dengan kutub positif baterai. Hal ini menyebabkan elektron-elektron bebas dan lubang-lubang bergerak menjauhi persambungan untuk sementara waktu. Akibatnya, lapisan pengosongan akan melebar hingga potensialnya menyamai tegangan luar yang dipasang sehingga pembawa-pembawa mayoritas akan berhenti mengalir (dalam beberapa nano detik arus listrik akan menurun mendekati nilai nol). Ini terjadi karena tegangan luar pada reverse bias berfungsi memperlebar potensial barrier sehingga menghalangi proses aliran dan proses rekombinasi pembawa mayoritas pada daerah persambungan. Pengukuran menggunakan amperemeter akan menunjukkan arus yang mengalir dalam dioda bernilai sangat kecil (mendekati nol).



Gambar 3.3. Prategangan balik (*reverse bias*).

Peninjauan terhadap tingkat energi dari pembawa mayoritas dapat memudahkan pemahaman apa yang terjadi pada prategangan balik. Tegangan luar menyebabkan penurunan tingkat energi elektron bebas pada sisi n daerah persambungan (gambar 3.4) dan

menyebabkan pita energi n turun jauh di bawah pita energi p. Pada kondisi ini, elektron-elektron bebas tidak dapat menyeberangi persambungan karena orbitnya terlalu kecil untuk menyamai orbit yang lebih besar pada sisi p.



Gambar 3.4. Tingkat energi pembawa mayoritas pada prategangan balik

Pada kondisi suhu nol mutlak tidak terdapat elektron bebas dalam daerah p, dan tidak terdapat lubang dalam daerah n (tidak terdapat pembawa minoritas). Akibatnya, prategangan maju menghasilkan arus searah (*direct current/dc*) yang besar, sedangkan prategangan balik tidak akan menghasilkan arus dc. Dengan demikian dioda merupakan penghantar dalam satu arah saja. Karena energi termal, pada suhu di atas nol mutlak beberapa elektron bebas mulai terbentuk dalam daerah p, dan beberapa lubang mulai terbentuk dalam daerah n (terdapat pembawa minoritas dalam daerah p maupun n). Saat dioda diberi prategangan balik, maka pembawa-pembawa minoritas akan menuju ke persambungan dioda dan berekombinasi di daerah persambungan. Setiap kali terjadi rekombinasi, maka saat itu juga elektron bebas mengalir dari kutub negatif baterai menuju ujung kiri kristal. Bersamaan dengan itu, beberapa elektron valensi akan meninggalkan ujung kanan kristal dan masuk ke

dalam kutub positif baterai. Pembawa minoritas ini terbentuk secara terus menerus akibat energi termal selama suhunya di atas nol mutlak. Akibatnya, aliran elektron akan terjadi terus menerus juga. Pengukuran menggunakan amperemeter pada rangkaian prategangan balik (untuk suhu > 0 mutlak) akan menunjukkan adanya arus dc yang sangat kecil.

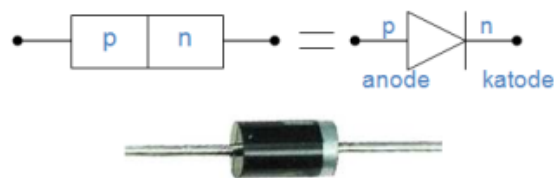
Arus balik terjadi karena adanya pembawa minoritas pada suhu di atas nol mutlak. Sebenarnya arus balik juga dapat terjadi pada suhu nol mutlak. Hal ini disebabkan karena atom-atom yang terdapat pada permukaan kristal mempunyai ikatan-ikatan kovalensi yang terputus di daerah tepi. Akibatnya, kulit kristal penuh dengan lubang dan merupakan saluran berhambatan tinggi. Ini menimbulkan kebocoran arus melalui daerah permukaan kristal. Arus kebocoran permukaan ini tidak bergantung pada suhu, tetapi dipengaruhi oleh tegangan.

Dari penjelasan yang telah disebutkan dapat disimpulkan bahwa arus balik total merupakan jumlah dari arus pembawa minoritas dan arus kebocoran permukaan. Arus balik ini jauh lebih kecil daripada arus maju. Sebagai contoh, pada suhu ruang (sekitar 250 C) dioda 1N4001 memiliki arus balik sebesar 10 μA pada tegangan 50 volt.

B. Praktikum Riil Kurva Karakteristik Dioda

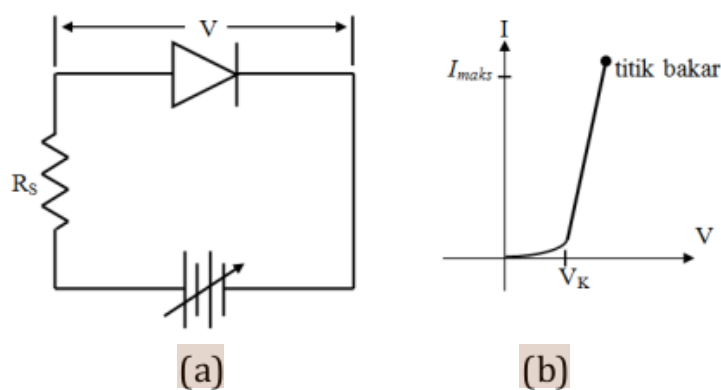
Gambar 3.5 melukiskan lambang dari dioda, tanda panah (segitiga) menunjukkan arah arus (merujuk pada aliran konvensional). Lambang ini terlanjur digunakan dan sudah mendunia. Setelah munculnya konsep aliran

elektron yang lebih sesuai dengan kenyataan, lambang dioda ini tetap dipergunakan, tetapi dengan asumsi yang berbeda yaitu tanda panah menunjukkan arah datangnya elektron-elektron bebas.



Gambar 3.5. Lambang dioda dan contoh dioda

Pemberian prategangan maju dan prategangan balik pada dioda akan menghasilkan arus yang berbeda. Gambar 3.6.a melukiskan pemberian prategangan maju (*forward bias*) terhadap sebuah dioda. Praktikum menggunakan rangkaian ini dilakukan dengan mengubah-ubah besarnya tegangan pencatu, dan mencatat kuat arusnya (amperemeter dipasang seri dengan rangkaian). Data praktikum berupa catatan tegangan dioda dan kuat arus yang jika ditampilkan dalam kurva V melawan I disebut sebagai kurva karakteristik dioda untuk prategangan maju (gambar 3.6.b).



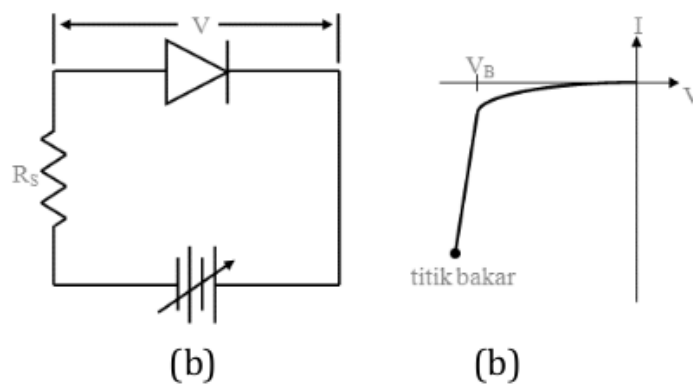
Gambar 3.6. Prategangan maju. a) rangkaian, b) kurva karakteristik dioda prategangan maju

4 Gambar 3.6.b menunjukkan saat tegangan nol volt, tidak ada arus yang mengalir melalui dioda. Jika tegangan dinaikkan sedikit demi sedikit tetapi belum mencapai nilai potensial barrier (untuk silikon nilainya sekitar 0,7 volt), arus mulai naik tetapi kenaikannya sangat sedikit (kurva berbentuk landai). Di sekitar potensial barrier, bentuk kurva menyerupai lutut (knee) sehingga potensial barrier dalam kurva karakteristik dioda juga sering disebut sebagai tegangan lutut (knee voltage) karena tegangan di sekitarnya menghasilkan kurva berbentuk lutut. Begitu tegangan luar sedikit melebihi potensial barrier dan terus dinaikkan, arus naik dengan sangat tajam (kurva berbentuk curam). Jika tegangan terus dinaikkan, arus dioda juga akan naik terus secara linier sehingga dioda akan mendapat daya (energi per satuan waktu) yang semakin besar, ingat bahwa $P = VI$. Daya ini menimbulkan panas pada dioda (suhu dioda naik), jika nilainya berlebih (melebihi kapasitas dioda) akan menyebabkan kerusakan pada dioda. Mengingat daya berbanding lurus dengan arus, maka hal ini memberikan pembatasan pada besarnya arus yang dapat dihantar oleh dioda dengan aman. Sebagai contoh, dioda silikon 1N4001 dapat bertahan terhadap arus tunak 1 ampere. Jika dioda ini dialiri arus melebihi 1 ampere, maka dioda akan mengalami kerusakan. Walaupun demikian, dioda 1N4001 tidak akan mengalami kerusakan saat dialiri arus besar melebihi 1 ampere jika hanya berlangsung sesaat. Batas arus sesaat ini dalam spesifikasi dioda sering disebut arus hentakan (*surge current*) diberi simbol I_S .

Sayangnya, praktikum riil di laboratorium pada materi kurva karakteristik dioda forward bias terkendala oleh ketersediaan sumber tegangan. Sebelum memulai praktikum, perlu menyediakan sumber tegangan variabel kontinu, bukan diskrit. Sumber tegangan/power supply diskrit yang umumnya tersedia di laboratorium (gambar 3.7) menghasilkan data yang sedikit sehingga plotting data menjadi kurva karakteristik dioda menjadi kasar (tidak bisa smooth seperti gambar 3.6.b). Jika ingin menghasilkan kurva yang smooth perlu disediakan tegangan/ *power supply* yang dapat diubah secara kontinu (harus membuat sendiri). Selain itu, alat ukur (voltmeter dan amperemeter) yang umumnya tersedia di laboratorium juga memiliki keterbatasan. Amperemeter analog (tersedia dalam basic meter) yang ada di laboratorium memiliki tombol pilihan jangkauan ukur dalam orde mikro ampere, mili ampere, dan paling tinggi 5 ampere (gambar 3.7). Kesalahan pemilihan batas/ jangkauan ukur dapat menyebabkan kerusakan alat. Namun demikian, praktikum riil di laboratorium lebih memberikan kontribusi dalam pengembangan keterampilan/ psikomotorik (Triatmaja, 2018; Zhu, 2021).



Gambar 3.7. Power supply variabel diskret, dan basic meter



Gambar 3.8. Prategangan balik. a) rangkaian, b) kurva karakteristik dioda prategangan balik

Pemberian prategangan balik pada dioda akan menghasilkan kurva karakteristik yang berbeda dengan kurva prategangan maju pada dioda. Gambar 3.8.a adalah rangkaian prategangan balik pada dioda (*reverse bias*). Dalam rangkaian ini, daerah p dihubungkan dengan kutub negatif sumber tegangan, sedangkan daerah n dihubungkan dengan kutub positif sumber tegangan. Eksperimen yang dilakukan dengan mengubah tegangan sedikit demi sedikit disertai pencatatan arus yang bersesuaian akan menghasilkan kurva V melawan I yang disebut sebagai kurva karakteristik dioda prategangan balik (gambar 3.8.b). Saat tegangan balik bernilai nol, arus balik juga bernilai nol. Penambahan tegangan balik akan meningkatkan arus balik (nilainya sangat kecil) yang disebabkan oleh adanya pembawa minoritas dan kebocoran arus permukaan. Nilai arus balik ini berkisar mulai beberapa nano ampere sampai beberapa mikroampere. Saat tegangan balik mencapai tegangan dadal (V_B), arus balik meningkat dengan sangat tajam. Jika

arus ini terlampau besar dan mencapai titik bakar, maka dioda akan mengalami kerusakan.

Pada prategangan maju, arus yang terlalu besar akan merusak dioda karena disipasi daya menjadi terlalu besar untuk ⁴ dapat diatasi oleh dioda. Dalam arah sebaliknya, tegangan yang terlalu besar akan menyebabkan kedadalan (*breakdown*) listrik pada dioda. Kedadalan ini dapat dianalogikan seperti proses avalans pada sisi gunung ketika sebuah batu besar jatuh menimpa dan merontokkan/melepaskan batu-batu di bawahnya. Batu-batu yang rontok ini juga merontokkan batu-batu di bawahnya sampai sisi gunung rontok seluruhnya.

Ketika tegangan balik berlebihan, beberapa elektron yang dibebaskan secara termal dari pita valensi akan memperoleh kecepatan yang cukup tinggi untuk dapat melepaskan elektron-elektron lain dari orbit valensinya. Setelah terbebaskan, elektron-elektron ini akan dipercepat oleh medan listrik yang kuat kemudian bertumbukan dengan elektron-elektron valensi lainnya. Proses ini berlangsung terus menerus sampai berakhir pada keadaan avalans yaitu lepasnya elektron-elektron valensi dalam jumlah sangat banyak dan menjadi elektron-elektron bebas. Tegangan saat terjadinya avalans ini disebut sebagai tegangan dadal.

Sekalipun menggunakan sumber tegangan variabel yang kontinyu (bisa diubah pada tegangan yang cukup fleksibel), namun praktikum kurva karakteristik dioda reverse bias secara riil di laboratorium tidak bisa dilakukan sampai jangkauan tegangan yang tinggi (beberapa puluh hingga ratusan volt). Tidak tersedianya

sumber tegangan dengan jangkauan tinggi menyebabkan praktikum kurva karakteristik dioda reverse bias tidak dapat mencapai tegangan dadal karena tegangan dadal dioda umumnya tinggi (contoh dioda 1N4001 memiliki tegangan dadal sekitar 50 volt), kecuali dioda yang dipakai adalah dioda zener. Selain itu, kesalahan pemasangan alat ukur bisa menyebabkan kerusakan alat dan komponen pada praktikum riil.

Walaupun demikian, praktikum riil di laboratorium tetap memiliki keunggulan yaitu: dapat membekali pengalaman langsung pada mahasiswa terutama pengalaman merangkai komponen dan menggunakan alat ukur. Mahasiswa jadi paham bagaimana memasang dioda forward dan reverse, bagaimana penempatan voltmeter dan amperemeter, bagaimana mengatur orde/ skala/batas ukur alat dengan benar. Mereka juga jadi punya pengalaman melakukan kesalahan yang diharapkan tidak terjadi berulang-ulang. Mereka juga punya pengalaman mengatasi kesalahan pengukuran terutama pengukuran arus karena kesalahan dalam menggunakan amperemeter dapat menimbulkan kerusakan pada alat ukur maupun komponen. Yang tidak kalah penting, praktikum riil di laboratorium sangat diperlukan untuk menunjang pemahaman mahasiswa (Bradbeer, 2001; Kuron & Umboh, 2020.; Makhrus et al., 2021).

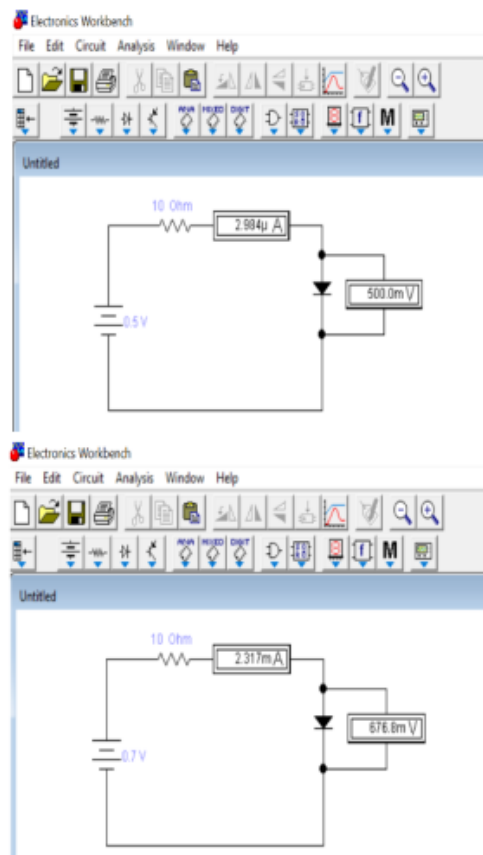
C. Praktikum Virtual Kurva Karakteristik Dioda

Sebelum melaksanakan praktikum virtual, mahasiswa perlu dibekali cara menggunakan program aplikasi yang akan digunakan. Ini tidaklah sulit karena umumnya mahasiswa jaman sekarang sudah sangat

familier dengan berbagai fasilitas digital. Yang agak memerlukan waktu untuk dilakukan adalah mengenalkan mahasiswa terhadap simbol/lambang komponen. Memang praktikum riil sangat memberi pengalaman berharga, namun praktikum virtual juga tetap memberikan pengalaman berharga (Achuthan et al., 2011). Praktikum riil cenderung hanya dapat dilakukan di laboratorium, namun praktikum virtual dapat dilakukan dimanapun (Nerguizian et al., 2012).

Rangkaian dalam praktikum virtual sama seperti rangkaian dalam praktikum riil di laboratorium (gambar 6.a dan gambar 8.a). Pelaksanaan praktikum virtual lebih sederhana dan mudah dilakukan mengingat mahasiswa tinggal memasang komponen seperti gambar rangkaian, dan memasang alat ukur yaitu voltmeter dan ampermeter (gambar 3.9). Mereka hanya perlu memahami bagaimana prinsip pemasangan voltmeter dan amperemeter dalam rangkaian, tanpa perlu mengatur batas ukur/jangkauan karena dalam program aplikasi, alat-alat ini sudah dalam bentuk digital.

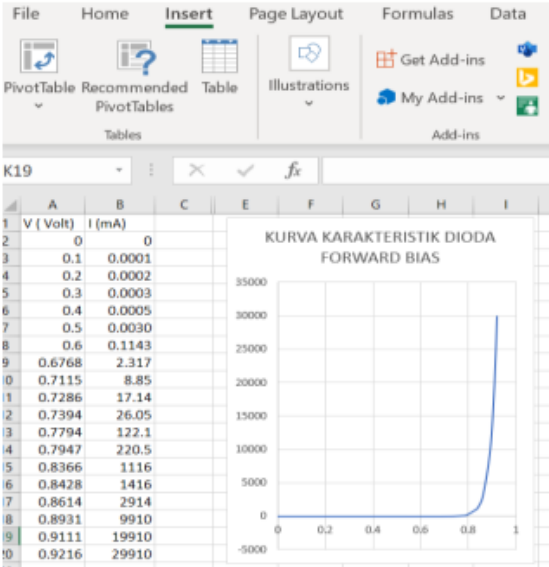
Pada praktikum kurva karakteristik dioda forward bias, sumber tegangan diubah sedikit demi sedikit dengan setiap perubahan sebesar 0.1 volt sampai tegangan sumber mencapai 1 volt. Setelah itu tegangan sumber bisa diubah dengan perubahan yang cukup ekstrim yaitu 10 volt sampai tegangan tinggi sebesar 50 volt, lalu ubah menjadi 100 volt, dan seterusnya sampai secukupnya.



Gambar 3. 9. Contoh praktikum virtual kurva karakteristik dioda pada forward bias

Dalam praktikum virtual ini, mahasiswa dengan bisa mengganti nilai-nilai (values) dari sumber tegangan dan resistor, serta tipe dioda dengan sangat mudah. Mereka tinggal mencatat setiap perubahan pasangan penunjukan angka voltmeter dan amperemeter. Data-data V_{dioda} dan I_{dioda} yang tertera pada voltmeter dan amperemeter tersebut dicatat di program excel. Perubahan tegangan sumber bisa dilakukan sedikit demi sedikit hingga menghasilkan data sebanyak-banyaknya untuk menghasilkan bentuk kurva/grafik smooth seperti gambar 3.6.b dengan menggunakan excel.

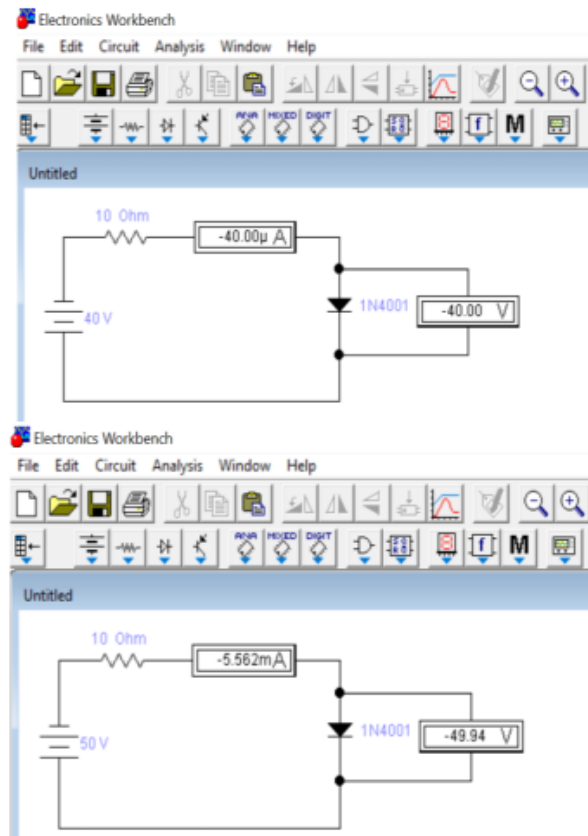
Dengan mengubah tegangan sumber sedikit demi sedikit, mahasiswa akan benar-benar tahu kapan terjadi perubahan nilai arus diode secara ekstrim dari orde mikro ampere (μA) ke mili ampere (mA), dan ampere (A). Pada kurva hasil plotting data dalam excel juga akan terlihat jelas bentuk lengkungan seperti lutut (knee) yang terjadi di sekitar tegangan diode sekitar 0,7 volt (gambar 3.10).



Gambar 3.10. Tampilan kurva karakteristik dioda forward bias menggunakan excel

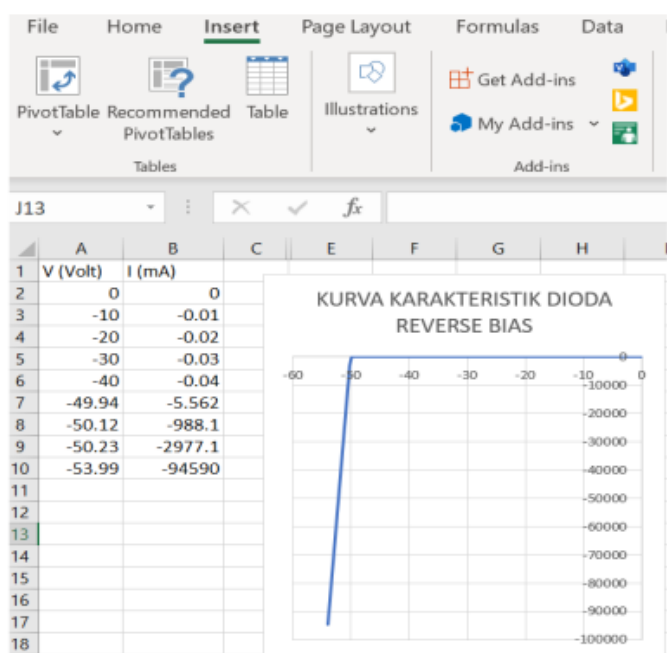
Pada praktikum kurva karakteristik dioda reverse bias, sumber tegangan diubah dengan setiap perubahan sebesar cukup ekstrim misalnya 10 volt sampai tegangan balik mencapai titik dadal ditandai dengan perubahan arus balik dari orde mikro ampere (μA) menjadi mili ampere (mA), dan Ampere (A). Sebagai contoh, dioda tipe 1N4001 memiliki tegangan dadal -50 Volt, maka perubahan nilai arus dari orde mikro ampere menjadi mili ampere akan terjadi pada tegangan balik sekitar -50 Volt (gambar 3.11). Nilai tegangan balik dapat diubah sesuka

hati bahkan sampai nilai yang sangat tinggi hingga ribuan volt dan aman (Xu et al., 2014). Ini tidak dapat dilakukan pada praktikum riil di laboratorium.



Gambar 3.11. Contoh praktikum virtual kurva karakteristik dioda pada reverse bias

Dengan jumlah data yang cukup, mahasiswa akan benar-benar tahu kapan terjadi perubahan nilai arus diode secara ekstrim dari orde mikro ampere (μ A) ke mili ampere (mA), dan ampere (A). Pada kurva hasil plotting data dalam excel juga akan terlihat jelas kapan terjadi keadaan pada dioda (gambar 12). Kondisi ini tidak dapat/ sangat sulit diperoleh jika praktikum dilakukan secara riil di laboratorium karena sumber tegangan (*power supply*) yang tersedia hanya sampai 12 Volt saja.



Gambar 3.12. Tampilan kurva karakteristik dioda forward bias menggunakan excel

D. Praktikum Riil vs Virtual Kurva Karakteristik Dioda

Komparasi praktikum riil vs virtual khususnya pada kurva karakteristik dioda dapat disajikan dalam tabel 1. Dengan menggunakan tabel tersebut, jelas terlihat plus dan minus masing-masing.

Tabel 3.1. Komparasi praktikum riil vs virtual khususnya pada kurva karakteristik dioda

No.	Aspek	Praktikum Riil		Praktikum Virtual	
		Deskripsi	+/-	Deskripsi	+/-
1.	Persiapan praktikum	Perlu menyiapkan alat dan bahan, berlatih merangkai komponen dan menggunakan	-	Tidak perlu menyediakan alat dan bahan, hanya perlu berlatih menggunakan	+

No.	Aspek	Praktikum Riil		Praktikum Virtual	
		Deskripsi	+/-	Deskripsi	+/-
		alat ukur, biaya relatif tinggi		aplikasi, biaya murah	
2.	Pelaksanaan praktikum	a. Lebih sulit dilakukan, perlu waktu lama untuk merangkai komponen dan melakukan pengukuran, sering tidak berhasil b. Harus dilakukan di laboratorium	-	a. Lebih mudah dilakukan, perlu waktu singkat untuk merangkai komponen dan melakukan pengukuran, hampir selalu berhasil b. Dapat dilakukan di manapun	+
3.	Fleksibilitas tegangan sumber	Hanya tersedia power supply diskret dengan varian tegangan 0 sampai 12 Volt sehingga tegangan dadal tidak didapat saat reverse bias	-	Tersedia sumber tegangan yang varian tegangannya dapat diubah sesuka hati sehingga tegangan dadal bisa mudah didapat saat reverse bias	+
4.	Smoothing data	Jumlah data sedikit, data hasil pengukuran sering menyimpang dari hasil perhitungan	-	Jumlah data bisa sebanyak-banyaknya, data hasil pengukuran hampir sama dengan hasil perhitungan	+

No.	Aspek	Praktikum Riil		Praktikum Virtual	
		Deskripsi	+/-	Deskripsi	+/-
5.	Bentuk kurva hasil plotting data	Kasar, tidak mirip tampilan kurva karakteristik dioda di buku teori	-	Smooth/halus, mirip tampilan kurva karakteristik dioda di buku teori	+
6.	Keamanan	Trial and error tidak aman dilakukan	-	Trial and error aman dilakukan	+
7.	Pengalaman	Lebih riil, banyak tantangan	+	Tidak riil, sedikit tantangan	-
8.	Kontribusi terhadap keterampilan, psikomotor	Lebih berkontribusi	+	Kurang berkontribusi	-
9.	Kontribusi terhadap pemahaman konsep (kognitif)	Sangat berkontribusi	+	Sangat berkontribusi	+
10.	Kontribusi terhadap kemampuan afektif	Lebih berkontribusi	+	Kurang berkontribusi	-

Keterangan: + = lebih menguntungkan/unggul,
- = kurang/tidak menguntungkan

E. Kesimpulan

Praktikum virtual memang memiliki nilai + yang lebih banyak dibandingkan praktikum riil di laboratorium. Namun demikian, dari utamanya aspek pengalaman dan kontribusi terhadap kemampuan psikomotorik, praktikum riil di laboratorium lebih unggul dan menguntungkan. Jadi, akan lebih baik jika keduanya tetap dilakukan agar mahasiswa benar-benar kaya pengalaman, dan yang tidak kalah penting adalah mahasiswa benar-benar mengalami pembelajaran bermakna. Paling tidak salah satu praktikum (riil atau virtual) harus dilakukan agar mahasiswa tidak hanya berteori saja sehingga pemahamannya benar-benar kuat.

Referensi

- Achuthan, K., Deepthi, A., Gangadharan, R., Appukuttan, S., Ranganatha, J., Sambhudevan, S., Mahesh, S., Sreelatha, K. S., Surendran, S., Diwakar, S., Nedungadi, P., Humphreys, S., O., S. S. C., Pillai, Z., & Raman, R. (2011). The VALUE @ Amrita Virtual Labs Project: Using Web Technology to Provide Virtual Laboratory Access to Students. 2011 IEEE Global Humanitarian Technology Conference, 117–121. <https://doi.org/10.1109/GHTC.2011.79>
- Bradbeer, R. S. (2001). An integrated studio approach to teaching basic electronics to first year mechatronics degree students. 2001 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. Proceedings (Cat. No.01TH8556), 2, 1118–1123. <https://doi.org/10.1109/AIM.2001.936856>

- Kuron, M., & Umboh, A. (n.d.). Pengaruh Virtualisasi Laboratorium Berbasis Electronics Workbench (Ewb) Pada Mata Kuliah Elektronika Dasar Unsrit. 7, 7.
- Makhrus, Muh., Wahyudi, W., & Zuhdi, M. (2021). Students' Conceptual Understanding through Implementation of LiveWire in Basic Electronics Virtual Experiment. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(2), 249–254. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i2.705>
- Nerguizian, V., Mhiri, R., Saad, M., Kane, H., Deschenes, J.-S., & Saliah-Hassane, H. (2012). Lab@home for analog electronic circuit laboratory. 2012 6th IEEE International Conference on E-Learning in Industrial Electronics (ICELIE), 110–115. <https://doi.org/10.1109/ICELIE.2012.6471157>
- Triatmaja, A. K., & Khairudin, M. (2018). Study on Skill Improvement of Digital Electronics Using Virtual Laboratory With Mobile Virtual Reality. *Journal of Physics: Conference Series*, 1140, 012021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1140/1/012021>
- Xu, L., Huang, D., & Tsai, W.-T. (2014). Cloud-Based Virtual Laboratory for Network Security Education. *IEEE Transactions on Education*, 57(3), 145–150. <https://doi.org/10.1109/TE.2013.2282285>
- Zhu, L., & Liu, C. (2021). Development and Analysis of Electronic and Electrical Experiment Simulation Technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1754(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1754/1/012002>

Book Chapter

ORIGINALITY REPORT

4%

SIMILARITY INDEX

4%

INTERNET SOURCES

%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

qdoc.tips

Internet Source

1%

2

books.google.com

Internet Source

1%

3

www.slideshare.net

Internet Source

1%

4

dinzamelia.blogspot.com

Internet Source

1%

5

idoc.pub

Internet Source

1%

6

ejournal.ukrida.ac.id

Internet Source

<1%

7

es.scribd.com

Internet Source

<1%

8

id.123dok.com

Internet Source

<1%

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On