

REALIZATION OF FET TESTER BASED I-V CURVE CHARACTERIZATION LOG2112 LOGARITHMIC AMPLIFIER

Galih Baskara¹, Ismudiati Puri Ph.d², Dr.Eng Indra W.F³, Dr.Eng Asep Suhendi⁴

Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

galihriddle@gmail.com¹, iphandayani@telkomuniversity.ac.id,² indrafathonah@telkomuniveristy.ac.id,
³ suhendi@telkomuniversity.ac.id⁴

Abstrak

Field Effect Transistor (FET) merupakan suatu piranti elektronik yang berfungsi sebagai saklar ataupun penguat. Komponen ini penting jika suatu rangkaian membutuhkan penguat arus ataupun saklar dengan fast switching. Pengguna biasanya mengetahui kualitas FET berdasarkan data sheet pabrik yang terdiri atas data arus drain, tegangan drain-source, dan tegangan gate-source yang ditampilkan dalam bentuk kurva I-V. Namun hal ini tidak menjamin FET dalam keadaan baik saat akan digunakan, sehingga di perlukan alat karakterisasi FET sebelum digunakan dalam rangkaian. Dalam penelitian ini akan dibuat suatu alat pengkarakterisasi FET yang harganya relatif lebih murah disbanding alat ukur standar seperti Keithley 2400 source-meter. Secara khusus alat yang dibuat dapat mengkarakterisasi FET dengan ketelitian 98%. Selain itu, alat ini juga bisa dimanfaatkan untuk mengkarakterisasi resistor dengan ketelitian 99% dan diode dengan ketelitian 99%. Alat ini terdiri dari sensor arus IC LOG2112 yang mampu mengukur arus dari 100pA – 1mA dan juga dua sumber tegangan terkontrol yang mampu mengeluarkan tegangan DC dari 0 – 12 volt dan -9 volt – 10 volt DC. Hasil karakterisasi FET ditampilkan dalam suatu kurva I-V dan dikontrol melalui monitor Graphical User Interface (GUI) yang dirancang menggunakan Microsoft Visual Studio C#.

Kata kunci: FET, kurva I-V, Keithley, LOG2112, GUI.

Abstract

Field Effect Transistors (FET) is an electronic device which usually has a function as a switch or amplifier. This component is important for electronic circuits which require a fast switching and amplifier. Users usually know the quality of FET from the data sheet provided by the factory. They usually consist of information of the drain current, the drain-source voltage, and the gate-source voltage which are displayed as I-V curve. However, this information sometimes does not guarantee the FET quality. This research focuses on building a FET characterization device which can identify the quality of FET and display the I-V characteristic curve. This device consists of a current sense which is built from LOG2112 integrated circuit and is able to measure a current from 100pA up to 1mA. The device also has two controlled voltage source which are capable to provide a DC voltage from 0 – 12 volt and -9 volt – 10 volts DC. The characterization results are shown by I-V curve in monitor with Graphical User Interface (GUI) designed by Microsoft Visual Studio C#. This device costs relatively cheaper than the standard measurement device such as Keithley 2400 Source-Meter. It is able to characterize FET within 98% accuracy. In addition, this device can also be used to characterize resistor with 99% accuracy and diode with 99% accuracy.

Keywords: FET, I-V curves, Keithley, LOG2112, GUI.

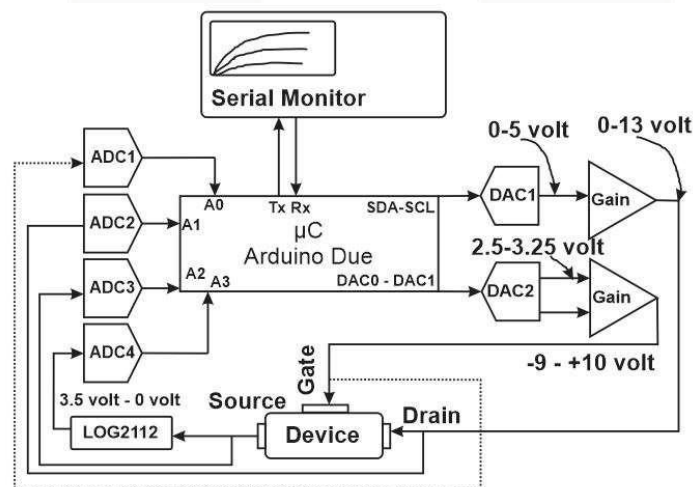
1. Pendahuluan

Banyak peneliti dibidang material yang membutuhkan suatu alat yang mampu mengkarakterisasi sifat elektrik dari bahan yang diteliti. Salah satu material yang banyak diteliti adalah semikonduktor yang fungsinya sangat banyak membantu perkembangan bidang teknologi dan energi. Salah satu dari bahan semikonduktor yang sering diteliti selain solar sel adalah transistor, karena transistor merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai saklar ataupun penguat pada rangkaian elektronika. Dua jenis transistor yang sering digunakan dalam rangkaian elektronika adalah Bipolar Junction Transistor (BJT) dan Field Effect Transistor (FET). Kerja dari BJT adalah dengan merubah arus dari kaki basis transistor untuk mengubah daerah deplesi transistor, sedangkan kerja dari FET adalah pembukaan gerbang menggunakan efek medan listrik pada kaki gate FET. Pada penelitian ini sudah direalisasikan alat ukur FET yang dapat mengukur arus dari 100pA sampai 1mA. Alat ini memiliki dua sumber tegangan terkontrol yang terdiri dari tegangan pertama yang mampu mengeluarkan tegangan 0 – 13 volt DC, dan sumber kedua yang memiliki tegangan keluaran dari -9 volt DC sampai +10 volt DC. Kedua sumber tegangan ini memiliki keluaran arus maksimum 30mA. Alat ini selain mampu mengukur arus dan tegangan pada FET juga dapat mengukur komponen lain karena sistem menggunakan 5 buah probe dengan fungsi pengukuran tegangan dan arus. Alat yang sudah direalisasikan menggunakan penguat logaritmik LOG2112 sebagai pengukur arus yang mampu mengukur arus dari 100pA sampai 3.5mA [1]. Untuk interface dengan PC sebagai penampil grafik menggunakan software Microsoft Visual Studio 2013 yang dihubungkan menggunakan Tx,Rx dengan mikrokontroller Arduino due sebagai sistem pengakuisisi data. Untuk menguji keluaran alat yang dibuat, hasil pengukuran dibandingkan dengan data yang diukur dengan Keithley 2400 yang mampu mengukur arus dari 1pA sampai 1A dan tegangan dari 200mV sampai 200volt [2]. Peneliti terdahulu mampu merancang alat ukur subnanoampere meter yang mampu mengukur arus dari 100pA sampai 14mA menggunakan LOG112 dengan sistem pengukuran DUT (Device Under Test) Cage dengan interface GUI menggunakan Delphi[3-4].

2. Pembuatan Alat Uji

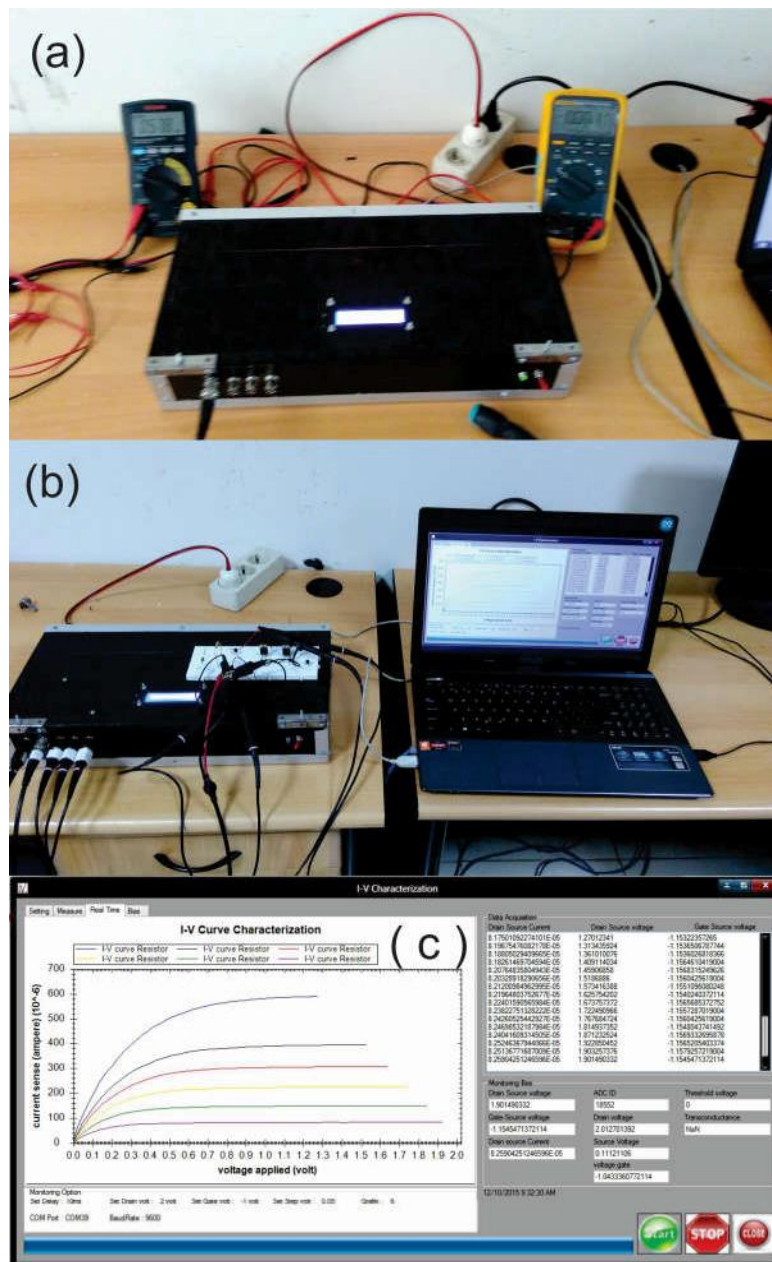
2.1 Pembuatan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan meliputi Catu Daya Bipolar, dua buah sumber tegangan yang menggunakan D/A Converter, sumber arus referensi 1mA, sensor arus LOG2112, dan sensor tegangan. Untuk sistem mikrokontroller digunakan adalah Arduino Due yang memiliki kecepatan pemrosesan data 84 MHz. Alat ini memiliki resolusi ADC internal 12 bit dan D/A converter dengan resolusi 12 bit [5]. Semua komponen yang digunakan sudah diuji dengan Keithley 2400. Skema dari alat uji yang dibuat ditunjukkan pada gambar 1.



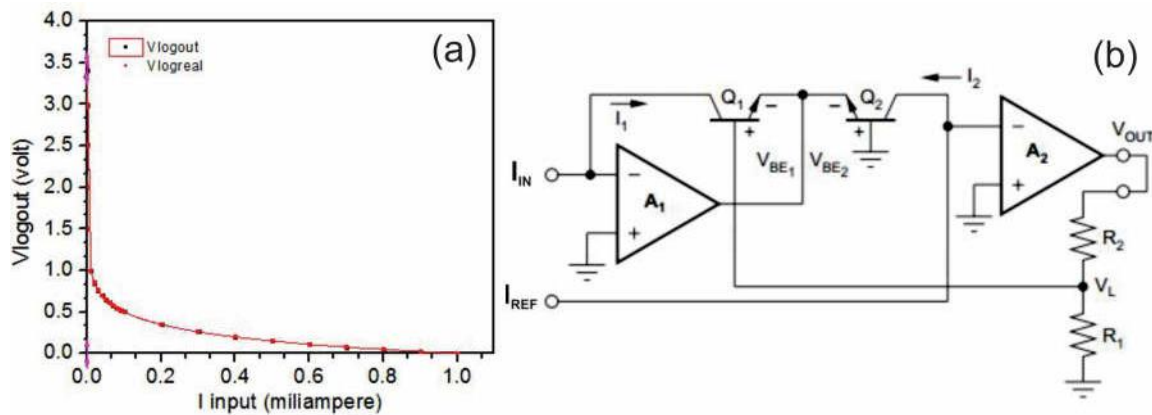
Gambar 1 Skema Perangkat Keras untuk Pengujian.

Tampilan luar alat yang dibuat, rangkaian bagian dalam, dan tampilan GUI yang digunakan untuk memonitor data pengukuran ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Rancangan Alat yang sudah direalisasikan (a) Alat Uji, (b) Skema Pengujian, dan (c) Kurva pengukuran JFET.

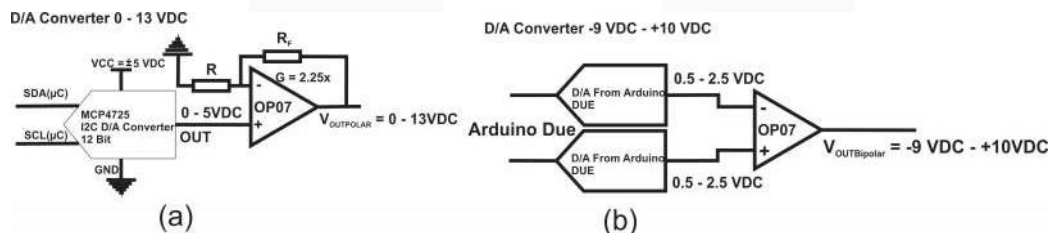
Alat terdiri atas pengukuran arus menggunakan penguat logaritmik LOG2112 dengan fungsi dapat mengukur arus dari 100pA sampai 3.5mA [1]. Keluaran dari Log amplifier ini bergantung terhadap referensi arus yang masuk ke pin (I_{REF}). Pada penelitian ini digunakan I_{REF} sebesar 1mA untuk mendapatkan hasil rentang pengukuran dari 100pA – 1mA dan tegangan keluaran Log Amplifier 0 – 3.5 volt. Rangkaian dalam dari Log Amplifier ini ditunjukkan pada gambar 3



Gambar 3 (a) Hasil pengujian LOG2112 dengan I_{REF} 1mA, (b) Rangkaian dalam LOG2112.

Dari gambar 3 akan diperoleh persamaan dari Log Amplifier yang berupa arus masuk terhadap keluaran tegangan yang berupa fungsi logaritmik yang ditunjukkan pada persamaan $V_{LOGOUT} = 0.5 \text{ LOG } (I_{IN}/I_{REF})$ volt berdasarkan datasheet dari LOG2112 [1]. Hasil dari pengujian diperoleh nilai error rata-rata sebesar 2%. Untuk memastikan log amplifier bekerja dengan baik, diuji juga nilai dari impedansi input dan impedansi output dari log amplifier. Hasil dari pengukuran impedansi input diperoleh nilai 500,6 K Ω dan impedansi output sebesar 1,6 K Ω . Dari hasil pengukuran diperoleh hasil yang sesuai dengan teori yaitu, nilai impedansi input lebih besar dari nilai impedansi output.

D/A Converter (Digital to Analog Converter) dirancang untuk menghasilkan sumber tegangan terkontrol dengan perubahan nilai bit digital menjadi tegangan keluaran. D/A Converter yang dibuat terdiri dari dua buah yaitu D/A Converter untuk sumber tegangan dengan keluaran 0 – 13 VDC dengan arus maksimum 30mA, dan D/A Converter untuk sumber tegangan dengan keluaran -9 VDC sampai 13VDC dengan resolusi 12 bit. Bagan rangkaian D/A Converter untuk sumber tegangan yang dibuat ditunjukkan pada gambar 4.

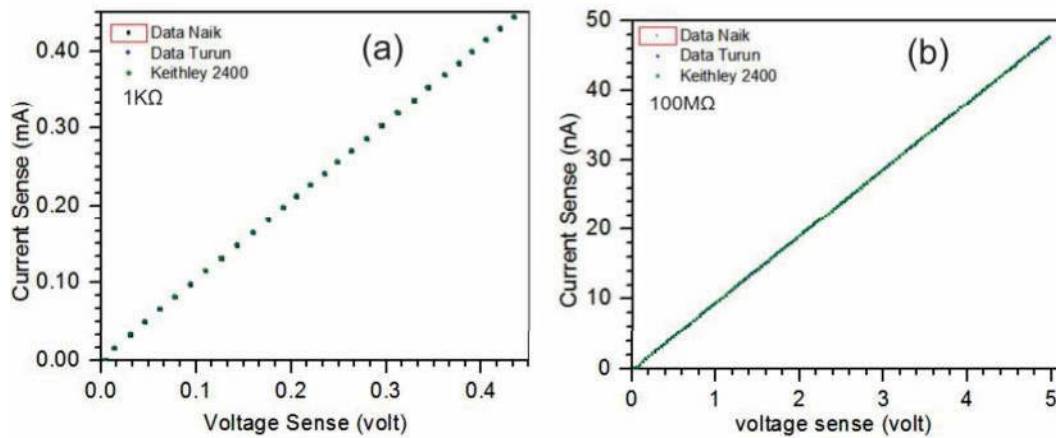


Gambar 4 Rancangan sumber tegangan (a) Unipolar (b) Bipolar.

Hasil dari pengujian D/A Converter berupa perubahan bit Digital menjadi keluaran tegangan yang dapat diatur dengan mengubah nilai digital menjadi tegangan. Persamaan perubahan nilai digital menjadi tegangan ditunjukkan pada persamaan $V_{OUT} = (\text{Bit Digital} \times V_{REF})/2^{n-1}$ berdasarkan dari referensi [6].

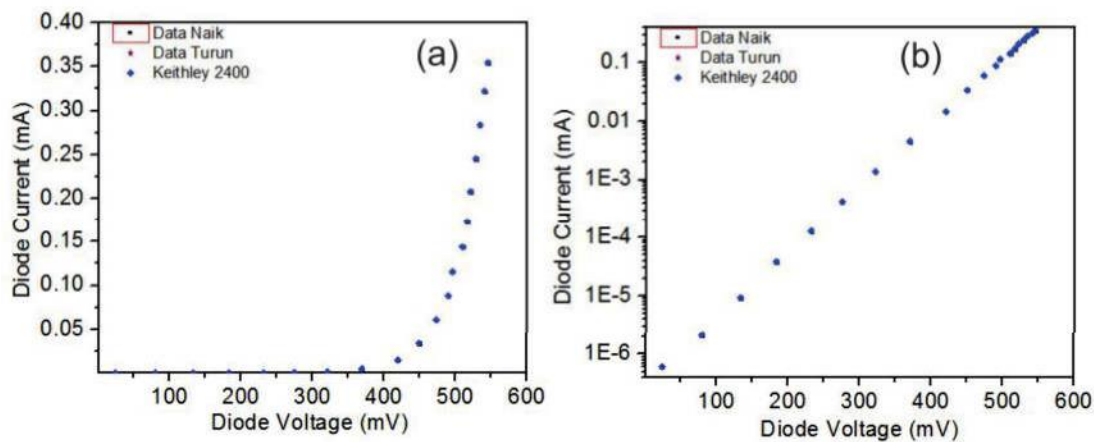
3. Pengujian Keakuratan Alat Uji yang dirancang

Untuk mengetahui hasil dari alat uji yang dirancang sesuai dengan yang diinginkan, dilakukan pengujian karakterisasi resistor yang memiliki fungsi linier. Resistor yang digunakan adalah resistor 100M Ω dan 1K Ω . Grafik pengujian ditunjukkan pada gambar 5 (a) dan gambar 5 (b). Hasil dari pengukuran alat uji dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan kalibrator Keithley 2400 menghasilkan nilai error sebesar 2% untuk pengujian $R = 1\text{K}\Omega$ dan error sebesar 1% untuk $R = 100\text{M}\Omega$. Diperoleh juga nilai dari histerisis dan deadband dari pengukuran untuk masing-masing resistor sebesar nol.



Gambar 5 Hasil pengujian resistor untuk (a) 100MΩ dan (b) 1KΩ terhadap pembandingan Keithley 2400.

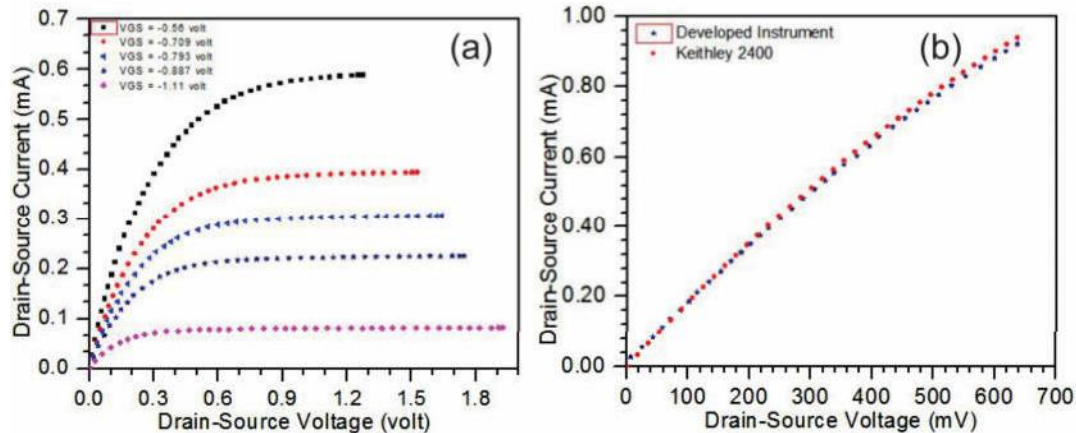
Selain melakukan pengujian dengan menggunakan resistor, dilakukan juga pengujian menggunakan dioda 1N4004 untuk mengetahui respon alat ukur untuk grafik non-linier. Kurva pengujian menunjukkan karakteristik dari dioda saat diberi tegangan forward bias sesuai dengan referensi datasheet dioda [7]. Hasil dari pengukuran dengan alat yang dibuat menghasilkan nilai yang sama dengan hasil pengukuran dengan kalibrator Keithley 2400 dengan ketelitian 99%.



Gambar 6 Kurva pengujian diode 1N4004 (a) kurva karakteristik dan (b) kurva semi-log plot.

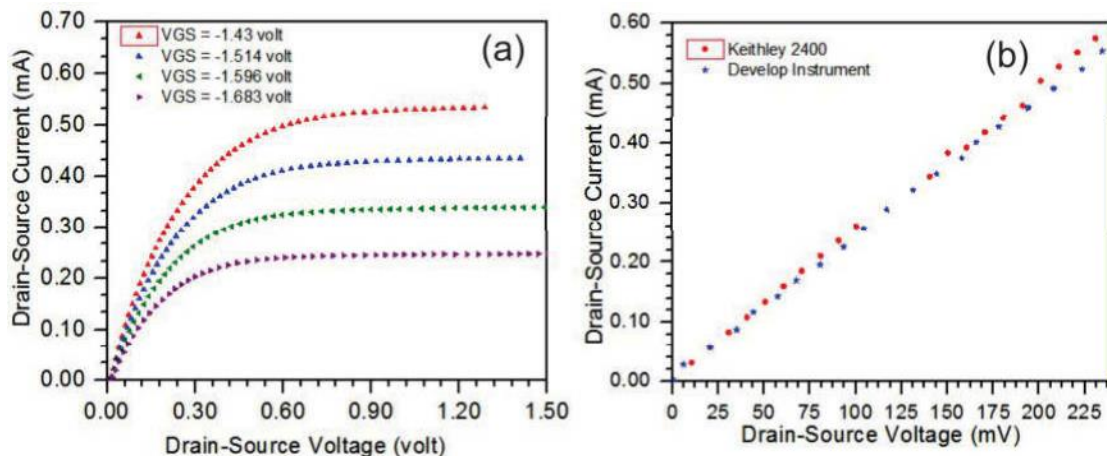
4. Hasil Pengujian FET realisasi

Setelah perancangan dan kalibrasi perangkat keras, dilakukan dua pengujian FET yaitu pengujian perubahan variasi tegangan gate untuk mendapatkan beberapa kurva I-V dari FET dan pengujian pembandingan hasil pengukuran dari alat yang sudah dibuat terhadap kalibrator Keithley 2400 dengan kondisi pengukuran $V_{GS} = 0$ volt. FET yang diuji adalah FET tipe Junction FET J201 [8] dan juga JFET 2SK30A [9]. Bagan dari pengujian ditunjukkan pada gambar.1 dan hasil dari pengujian JFET J201 untuk variasi VG ditunjukkan pada gambar 7 (a) dan pengujian perbandingan terhadap kalibrator ditunjukkan pada gambar 7 (b).



Gambar 7 Kurva pengujian JFET J201 (a) dengan variasi tegangan gate dan (b) kurva pengujian JFET J201 dengan pembandingan Keithley 2400 dengan $V_{GS} = 0$ volt.

Selain melakukan pengujian dengan JFET J201, dilakukan pengujian JFET tipe lain yaitu 2SK30A yang serupa dengan pengujian sebelumnya. Hasil dari pengujian JFET 2SK30A untuk variasi VG ditunjukkan pada gambar 8 (a) dan pengujian pembandingan dengan kalibrator ditunjukkan pada gambar 8 (b).



Gambar 8 Kurva pengujian JFET 2SK30A (a) dengan variasi tegangan gate dan (b) kurva pengujian JFET 2SK30A dengan pembandingan Keithley 2400 dengan $V_{GS} = 0$ volt.

Dibandingkan dengan referensi datasheet JFET 2SK30A[8] dan referensi datasheet JFET J201[9] terhadap hasil pengukuran dengan alat yang dibuat, hasil dari pengukuran menggunakan alat yang sudah direalisasikan menghasilkan kurva yang mirip dengan datasheet.

5. Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ukur uji field effect transistor memiliki rentang pengukuran 100pA sampai 1mA dengan rentang error rata-rata 2%. Alat yang dibuat menggunakan D/A Converter yang menghasilkan keluaran tegangan dari 0 – 13 VDC untuk sumber tegangan pin drain FET dan -9 VDC sampai +10VDC untuk sumber tegangan pin gate FET. D/A converter memiliki resolusi sebesar 12 bit. Uji alat ukur untuk rentang bawah menggunakan resistor 100M Ω diperoleh error pengukuran sebesar 2 %. Untuk pengukuran rentang atas menggunakan resistor 1K Ω diperoleh error pengukuran sebesar 1 %. Sedangkan hasil pengukuran Dioda 1N4004 terhadap kalibrator Keithley 2400 dan datasheet terdapat kesamaan. Untuk pengujian FET diperoleh kurva karakteristik dari JFET J201

dan 2SK30A dengan merubah tegangan gate dari 0 volt sampai -1 volt. Saran untuk penelitian selanjutnya dapat mengembangkan pengukuran arus tinggi dan sumber arus tinggi. Untuk ADC dan DAC dapat diganti menggunakan DAC dan ADC yang memiliki resolusi yang lebih tinggi, serta sistem dibuat terintegrasi satu sama lain dengan menggunakan satu layer PCB dengan menggunakan proteksi. Selain itu sistem dapat dibuat lebih portable dengan menggunakan display LCD TFT agar sistem tidak bergantung dengan laptop untuk penampilan data dan kurva.

Daftar Pustaka:

- [1] T. Instrument, "Precision LOGARITMIC AND LOG RATIO AMPLIFIERS," [Online]. Available: www.ti.com/lit/gpn/LOG2112. [Diakses 1 Desember 2014].
- [2] T. Company, "Series 2400 SourceMeter," in User's Manual, Ohio, Keithley Instruments, Inc, 2011, p. 6.
- [3] K. M. Abdullah, A. Suhendi, M. M. Munir dan A. Surachman, "A simple microcontroller-based current electrometer made from LOG112 and C8051F006 for measuring current in metal-oxide-semiconductor devices," IOP PUBLISHING, pp. 3019-3024, 2007.
- [4] K. M. Abdullah, M. M. Munir, A. Surachman dan A. Suhendi, "Low Cost and User-friendly Electronic Components Characterization System for Undergraduate Students," WSEAS TRANS, vol. III, no. 11, pp. 971-975, 2006.
- [5] A. G. Smith, "Introduction to Arduino. Piece of Cake," [Online]. Available: www.princeton.edu/~ffab/media/downloads/files/IntroArduinoBook.pdf. [Diakses 7 November 2014].
- [6] J. Ronald, "Digital Systems in Principles and Applications 5th," New Jersey, Prentice-Hall, 1991, pp. 284-528.
- [7] Onsemi, "1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, ... " October 2012. [Online]. Available: www.onsemi.com/pub/Collateral/1N4001-D.PDF. [Diakses 21 Desember 2015].
- [8] Fairchild semi, "MMBFJ201 MMBFJ202 Datasheet," 2011. [Online]. Available: www.fairchildsemi.com/datasheets/MM/MMBFJ201.pdf. [Diakses 18 November 2015].
- [9] Octopart, "datasheet.octopart.com," 4 10 1997. [Online]. Available: datasheet.octopart.com/2SK30A-Toshiba-datasheet-101654.pdf. [Diakses 17 10 2015].