

Rancang Bangun Alat Pendeteksi Detak Jantung Dengan Metode Photoplethysmograph Berbasis Mikrokontroler ATmega328

Design of a Heartbeat Detector Using a Photoplethysmograph Method Based on an ATmega328 Microcontroller

Pandu Lukito^{1*}, I Wayan Supardi¹, Ni Nyoman Ratini¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

Email: *pandulukito2@gmail.com; supardi@unud.ac.id; nyratini@unud.ac.id

Abstrak – Jantung merupakan salah satu organ manusia yang memiliki peran penting yang berfungsi untuk memompa darah. Monitoring detak jantung perlu dilakukan agar kesehatan jantung seseorang dapat diketahui setiap saat. Pada penelitian ini telah berhasil dibuat alat pendeteksi detak jantung dengan metode photoplethysmograph berbasis mikrokontroler ATmega328 menggunakan mode refleksi. Rancangan alat ini menggunakan sensor photodiode sebagai penerima cahaya dari LED inframerah. Hasil pengukuran diproses menggunakan Arduino uno dan ditampilkan pada LCD. Alat referensi yang digunakan untuk kalibrasi alat pendeteksi detak jantung ini adalah pulse oximeter LK-87. Hasil uji coba alat menunjukkan bahwa alat layak digunakan dengan tingkat keakurasian 98,32% dan rata-rata error 1,60%.

Kata kunci: Detak jantung; sensor photodiode; Arduino Uno; LED inframerah; mode refleksi.

Abstract – The heart is one of the human organs who has important role to pumping the blood. Heart rate monitoring needs to do for knowing person's heart health any time. In this research, a heart rate detector using the photoplethysmograph method based on the ATmega328 microcontroller has been successfully made using reflection mode. The design of this tool uses a photodiode sensor as a light receiver from infrared LEDs. The measurement results are processed using Arduino uno and displayed on the LCD. The reference tool used to calibrate this heart rate detector is the LK-87 pulse oximeter. The test results show that the tool is feasible to use with an accuracy level of 98.32% and an average error of 1.60%.

Key words: Heart rate; photodiode sensor; Arduino Uno; infrared LED; mode refleksi.

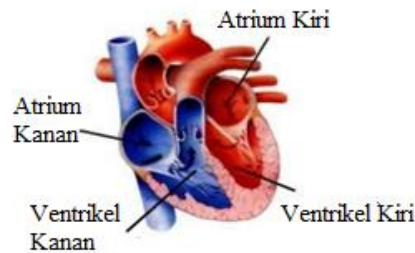
1. Pendahuluan

Jantung merupakan salah satu organ manusia yang memiliki peran penting yang berfungsi untuk memompa darah dalam tubuh manusia dan selalu berdetak selama manusia masih hidup. *Monitoring* detak jantung perlu dilakukan agar kesehatan jantung seseorang dapat diketahui setiap saat [1]. Saat ini ada banyak cara yang dikembangkan untuk pengukuran detak jantung dalam dunia medis yaitu dengan menggunakan peralatan elektronik seperti *Photoplethysmograph* (PPG) [2]. PPG merupakan suatu metode *non-invasive* untuk mengetahui detak jantung manusia dengan cara mengukur perubahan volume darah pada suatu organ menggunakan *Light Emitting Diode Infrared* yang dipancarkan pada kulit pengguna secara transmisi atau reflektansi dan kemudian diterima oleh *photodetector* [3]. Sinyal yang dihasilkan oleh metode PPG telah banyak dikembangkan untuk pengukuran bermacam parameter kesehatan diantaranya detak jantung (HR), variabilitas detak jantung (HRV), tingkat pernapasan (RR), gula darah dan saturasi oksigen dalam darah [4] Teknologi PPG ini semakin diminati karena kepraktisan penggunaannya dalam mengamati kesehatan jantung dan microvascular dalam tubuh manusia [5].

Pada penelitian yang telah dilakukan mengenai alat pendeteksi detak jantung oleh Sidiq Hidayatullah pada tahun 2015, penelitian tersebut menggunakan mode transmisi dan memiliki rata-rata *error* sebesar 2,73 % terhadap alat referensi [2]. Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan maka pada penelitian ini penulis merancang alat pendeteksi detak jantung dengan menggunakan mode yang berbeda yaitu mode refleksi agar hasil pengukuran bisa lebih baik.

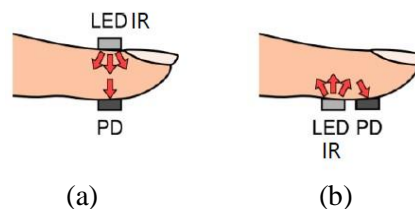
2. Landasan Teori

Jantung adalah organ vital yang memiliki fungsi mengompa darah ke organ lain [6]. Jantung terletak di dalam rongga dada di antara kedua paru-paru, di belakang tulang dada dan lebih menghadap ke kiri daripada ke kanan. Jantung berfungsi untuk memompa darah keseluruh tubuh melalui pembuluh darah [7]. Jantung memiliki empat ruangan yaitu, dua ruangan atas (atrium) dan dua ruangan bawah (ventrikel) [8]. Gambar jantung manusia dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Jantung manusia [9].

Photoplethysmograph (PPG) merupakan metode *non-invasive* untuk mengukur detak jantung dengan cara mendeteksi volume aliran darah didalam nadi yang berada sangat dekat dengan kulit [10]. Biasanya merupakan hasil dari fluktuasi volume darah atau udara yang terkandung di dalamnya [11]. Kata *photoplethysmography* merupakan kata berasal dari bahasa Yunani yaitu “*plethysmos*” yang artinya meningkat, “*plethys*” yang artinya massa. Dasar dari teknologi ini adalah deteksi dari gelombang detak kardiovaskular yang dinamis yang dihasilkan oleh jantung ketika darah mengalir ke seluruh tubuh [12]. Dalam teknik PPG dikenal dua macam mode konfigurasi pemasangan sensor yaitu mode transmisi dan mode refleksi. Mode transmisi sumber cahaya berupa *Light Emitting Diode Infrared* (LED IR) dipasang berhadapan dengan photodioda (PD). Sedangkan mode refleksi LED IR dipasang sejajar dengan PD. Mode konfigurasi *photoplethysmograph* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mode konfigurasi *photoplethysmograph* (a) mode transmisi dan (b) mode refleksi.

Arduino Uno adalah *development board* mikrokontroler berbasis Atmega328. Arduino Uno merupakan salah satu mikrokontroler yang dirancang untuk dapat digunakan dan dipelajari dengan mudah oleh para pengguna karena sifatnya yang *open source*. Arduino IDE adalah *software* untuk memprogram Arduino Uno. Bahasa yang digunakan pada pemrograman Arduino Uno ialah bahasa C yang telah dipermudah menggunakan fungsi-fungsi yang lebih sederhana [13]. Arduino Uno memiliki 14 pin *input/output* (Pin I/O), pin tersebut dapat digunakan sebagai 6 output PWM (*pulse width modulation*), 6 analog *input*, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack barrel*, ICSP header, dan tombol *reset*. Arduino dapat dikoneksikan dengan komputer/PC menggunakan kabel USB. Papan Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 3 [14].

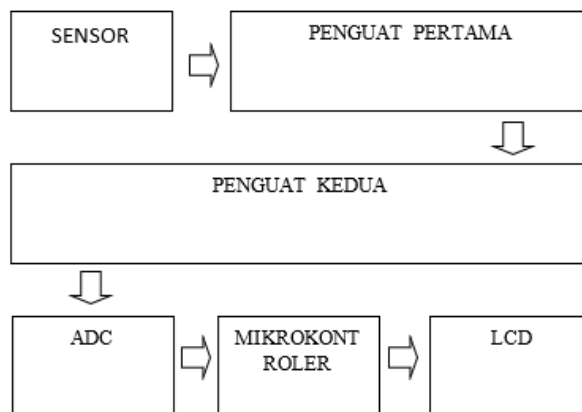
Arduino Uno dapat diaktifkan dengan catu daya 7-12 V atau dapat juga menggunakan koneksi USB. Jika Arduino Uno diaktifkan dengan daya kurang dari 7 V, maka pin 5 V tidak dapat beroperasi dengan stabil. Jika diaktifkan dengan daya lebih dari 12 V, maka regulator tegangan akan mengalami peningkatan suhu dan dapat merusak papan Arduino. Memori pada Arduino Uno memiliki 32 KB (0,5 KB digunakan sebagai *bootloader*), 2 KB dan SRAM, dan 1 KB EEPROM. Setiap pin pada Arduino Uno dapat menerima atau memberikan arus maksimum sebesar 40 mA dan memiliki internal *pull-up* resistor dari 20-50 k Ω [15].



Gambar 3. Papan arduino uno [11].

3. Metode Penelitian

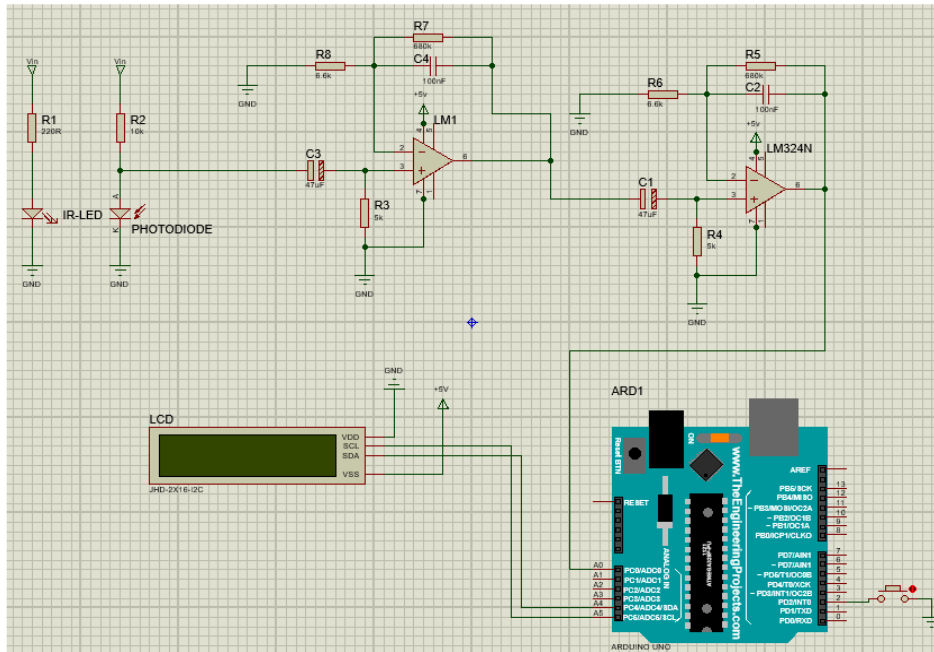
Perancangan alat pendeteksi detak jantung menggunakan metode *photoplethysmograph* atau diagram blok perancangan alat ukur dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram blok perancangan alat ukur.

Pada rancangan alat ini menggunakan sensor photodiode dipasang pada jari tangan sebagai *receiver* dan LED inframerah sebagai *transmitter*. Rangkaian pertama dan rangkaian kedua terdiri dari rangkaian yang sama yaitu terdiri dari 2 filter frekuensi dan penguat tegangan. Sinyal AC yang masuk pada IC LM324N akan dikuatkan menggunakan penguatan *non inverting* dengan penguatan sebesar 104 kali sebanyak 2 kali dan akan difilter dengan menggunakan *low pass filter* dengan frekuensi *cut off* sebesar 2,34 Hz. Sinyal AC *high low* yang ke luar dari amplifier terakhir sangat besar, tetapi karena LM324N hanya menggunakan Supply 5 V, maka *output* sinyal yang dihasilkan adalah 5 V. Apabila tegangan pada pin *non inverting* (+) lebih besar dari tegangan pada pin *inverting* (-) maka *output* tegangan berlogika “*high*”, begitu pula sebaliknya apabila tegangan pada pin *non inverting* (+) lebih kecil dari tegangan settingan pada pin *inverting* (-) maka *output* tegangan berlogika “*low*”. Sinyal yang sudah didapatkan akan diolah oleh mikrokontroler arduino uno dan akan ditampilkan LCD. Rangkaian keseluruhan alat pendeteksi detak jantung menggunakan metode *photoplethysmograph* dapat dilihat pada Gambar 5.

Pengambilan data untuk kalibrasi rancangan alat pendeteksi detak jantung dilakukan dengan mengamati data keluaran dari alat rancangan dan alat referensi. Alat referensi yang digunakan yaitu *pulse oximeter* LK-87. Data kalibrasi yang diperoleh, diolah menggunakan metode analisis regresi linear untuk menentukan kesesuaian rancangan alat ukur dan disajikan dalam bentuk grafik. Kemudian didapatkan koefisien determinasi (R^2) untuk menentukan tingkat keakuratan.

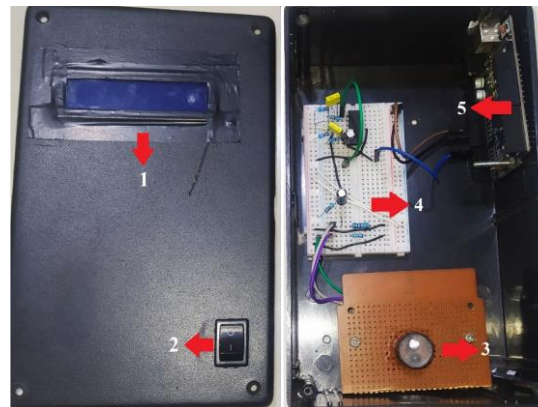


Gambar 5. Rangkaian keseluruhan alat.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil rancangan alat ukur

Telah berhasil dirancang alat pendeteksi detak jantung berbasis mikrokontroler ATmega328 dengan menggunakan metode kalibrasi yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hardware alat pendeteksi detak jantung.

Adapun uraian singkat dari fungsi masing-masing komponen utama alat pendeteksi detak jantung sebagai berikut:

- LCD 16 x 2 berfungsi untuk menampilkan data pengukuran dari alat.
- Push button berfungsi sebagai tombol unruk memulai perhitungan pada alat.
- Sensor photodioda dan LED inframerah berfungsi sebagai pendeteksi detak jantung.
- Rangkaian filter dan rangkaian penguat berfungsi sebagai penguat sinyal dan untuk menghilangkan noise.
- Arduino uno berfungsi sebagai pemroses data dan komunikasi serial pada komputer.

4.2 Kalibrasi alat

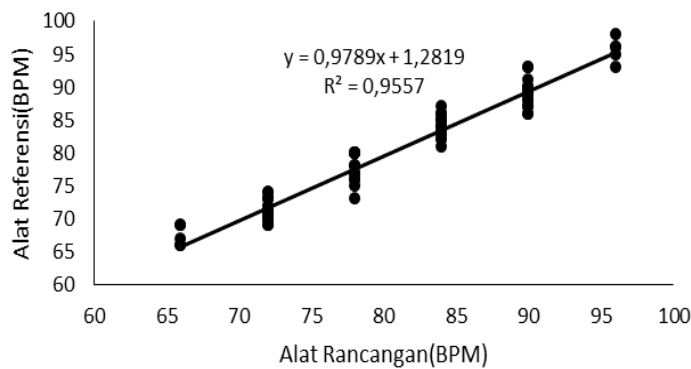
Proses pengkalibrasian alat dilakukan dengan cara mengkalibrasi alat rancangan dengan alat referensi yaitu pulse oximeter yang bertujuan untuk menguji keakuratan dari rancangan alat pendeteksi detak jantung dengan pulse oximeter. Data kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data kalibrasi.

Pengukuran Ke-	Hasil tampilan alat referensi (BPM)	Hasil tampilan alat rancangan (BPM)
1	83	84
2	89	90
3	86	84
4	89	90
5	89	90
6	87	90
7	86	84
8	83	84
9	87	90
10	70	72

Berdasarkan data kalibrasi Tabel 1 dapat dibuat grafik dan dilakukan regresi, seperti pada Gambar 7. Grafik menunjukkan garis linier dari data alat referensi dan alat rancangan dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9557 dan persamaan regresi yaitu Persamaan (1).

$$y = 0,9789x + 1,2819 \tag{1}$$



Gambar 7. Grafik regresi linear kalibrasi.

4.3 Pengujian alat

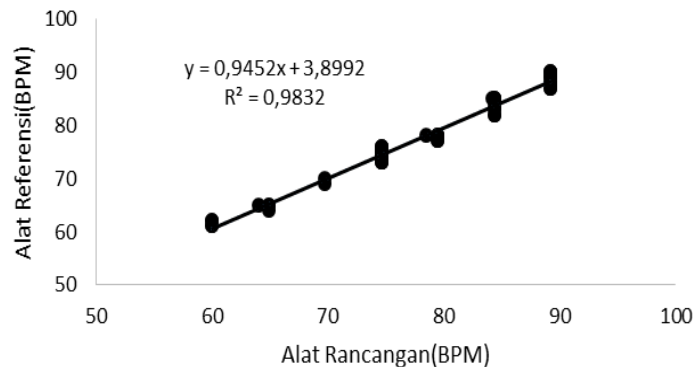
Persamaan 1, yang diperoleh dari kalibrasi dimasukkan ke dalam program yaitu pada Arduino IDE. Selanjutnya dilakukan pengujian alat rancangan dengan melakukan pengukuran pada beberapa sampel, seperti tampak pada Tabel 2.

Tabel 2. Data pengujian alat.

Nama	Pengukuran Ke-	Hasil tampilan alat rancangan (BPM)	Hasil tampilan alat referensi (BPM)	Error (BPM)
Arif	1	74,64	73	2,25
	2	74,64	75	0,48
Ghofur	1	84,37	83	1,65
	2	84,37	85	1,92
Stanly	1	60,64	61	1,57
	2	60,64	61	1,57
Hadi	1	89,26	87	2,60
	2	89,26	87	2,60
Eko	1	74,64	75	0,48
	2	74,64	74	0,86
Rata-Rata				1,60

Berdasarkan data pada Tabel 2 dapat dibuat grafik antara data alat rancangan dengan data dari alat referensi dan dilakukan regresi, seperti pada Gambar 8. Grafik menunjukkan garis linier yaitu Persamaan 2 dengan koefisien determinasi 0,9832.

$$y = 0,9452x + 3,8992 \quad (2)$$



Gambar 8. Grafik regresi linear pengujian alat.

4.4 Pembahasan

Telah berhasil dibuat alat pendeteksi detak jantung dengan metode *photoplethysmograph* menggunakan mode refleksi. Komponen untuk membuat alat ini adalah sensor photodiode dan LED inframerah sebagai *receiver* dan *transmitter*, LCD 16x2 sebagai tampilan data dari alat yang dibuat, resistor dan kapasitor sebagai rangkaian penguat dan *filter* frekuensi dan Arduino uno sebagai pemroses data. Uji coba pada penelitian ini dilakukan dengan cara mengkalibrasikan alat rancangan dengan alat referensi yaitu *pulse oximeter* LK-87. Berdasarkan data kalibrasi diperoleh koefisien determinasi 0,9557, yang berarti tingkat keakuratan rancangan alat dengan alat referensi adalah 95,57% dan Persamaan 1. Dari data pengujian alat diperoleh koefisien determinasi 0,9832, yang berarti tingkat keakuratan rancangan alat dengan alat referensi adalah 98,32% dan juga diperoleh nilai rata-rata *error* 1,60 %, yang berarti terdapat kemungkinan penyimpangan sebesar 1,60 % dari pengukuran alat rancangan terhadap alat referensi.

5. Kesimpulan

Telah berhasil dibuat alat pendeteksi detak jantung dengan metode *photoplethysmograph* berbasis mikrokontroler ATmega328. Alat dibuat menggunakan mode refleksi dimana sensor photodiode di pasang sejajar dengan LED inframerah pada jari tangan yang berfungsi sebagai *receiver* dan *transmitter*. Alat pendeteksi detak jantung berfungsi dengan baik. Hasil uji coba alat menunjukkan bahwa alat layak digunakan dengan tingkat keakuratan 98,32% dan rata-rata *error* 1,60%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak dan Ibu Dosen Prodi Fisika FMIPA Universitas Udayana yang telah membimbing, memberi saran dan masukan sampai terselesaikannya penelitian ini.

Pustaka

- [1] Dennison Arif Hakim, Alat monitoring denyut jantung berbasis mikrokontroler interface laptop, *Skripsi*, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- [2] S. Hidayatullah, Perancangan alat pengukur detak jantung dengan sensor fotodiode berbasis photoplethysmograph (PPG) menggunakan ATMEGA32A, *Transient*, Vol. 4, No. 2, 2015, pp. 312-316.
- [3] R. Yulian dan B. Suprianto, Rancang Bangun Photoplethysmography (PPG) Tipe Gelang Tangan Untuk Menghitung Detak Jantung Berbasis Arduino, *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 06, No.3, 2017, pp. 0-230.
- [4] C. Anisa, Akuisisi Data Sinyal Photoplethysmograph (PPG) Menggunakan Photodiode, *Jurnal ELEMENTER*, Vol. 2, No. 2. 2016.

- [5] A. Luhur Prasati, Perancangan filter analog multistep pada photoplethysmograph untuk mengamati detak jantung manusia menggunakan Arduino, Universitas Telkom, 2016, ISSN. 1412-0100.
- [6] T. Widhiyanto, Daya ledak, kekuatan otot tungkai dan daya tahan paru jantung pada atlet junior di club bola voli pervas sleman, *Skripsi*, Program Studi Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Yogyakarta, 2018.
- [7] E. C. Pearce, Anatomi dan fisiologi untuk paramedis, Cetakan kedua puluh Sembilan. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 2006, p. 141-142.
- [8] P. Karina and A. H. Thohari, Perancangan Alat Pengukur Detak Jantung Menggunakan Pulse Sensor Berbasis Raspberry, *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)*, Vol. 2, No.2, 2018, pp. 57-61.
- [9] M. Christina , dkk., 2020, Anatomi dan fisiologi untuk mahasiswa kebidanan, Cetakan 1. Yayasan kita menulis, ISBN : 978-623-6761-44-1.
- [10] D. Prayoga, Desain dan implementasi system monitoring detak jantung dan suhu tubuh dengan nodemcu dan thingspeak berbasis iot, *Skripsi*, Program Studi Teknik Elektronika, Universitas Nusa Putra Sukabumi, 2020.
- [11] S. Hadiyoso, Sistem monitoring photoplethysmograph digital dengan wireless LAN 802.11b sebagai pengirim data, Konferensi Nasional Sistem dan Informatika, 2010, KNS&II 1-014.
- [12] K. Kalasmoro, Rancang Bangun Instrumen Perekam Detak Jantung Manusia Berbasis Transmission Photoplethysmograph, *Skripsi*, Program Studi Fisika, Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta, 2019.
- [13] K. B. Anjasmara, Y. Divayana dan P. Rahardjo, Rancang Bangun Alat Monitoring Switch pada PDG (Pressure Different Gauge) Berbasis SMS dengan Mikrokontroler Arduino, *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 19, No.1, 2020, pp. 41-48.
- [14] A. Sasongko, Penggunaan SMS Gateway untuk Menghidupkan dan Mematikan Lampu Listrik dari Jarak Jauh, *Skripsi*, Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2019, pp. 20-30.
- [15] P. Giashinta, Alat Pengatur Suhu Kelembaban dan Monitoring Masa Panen pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Arduino Uno, *Skripsi*, Prodi Teknik Elektronika, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2018, pp. 39-43.