



Rancang Bangun Takometer Digital dengan Sensor Inframerah Berbasis Arduino dan MATLAB

Dicky Januarizky Silitonga

Program Studi Teknik Mesin
Institut Teknologi Sumatera
Jl. Terusan Ryaudu, Way Huwi,
Jatiagung, Lampung Selatan,
Lampung 35365
dicky.silitonga@ms.itera.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mencakup rancang bangun takometer berbasis Arduino yang dapat digunakan sebagai alat ukur sekaligus sarana pembelajaran mekatronika. Alat ini mengintegrasikan komponen elektronik sederhana, pemrograman Arduino, dan tampilan *Graphical User Interface* MATLAB untuk mengukur kecepatan putaran cakram secara *real-time*. Rancang bangun dilakukan dengan mempertimbangkan aspek edukatif, efisiensi biaya, serta ketersediaan komponen di pasaran. Evaluasi performa alat ukur dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap nilai referensi dari alat ukur yang telah terkalibrasi. Hasil menunjukkan penyimpangan di bawah 2% pada semua kecepatan yang diuji, dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error* sebesar 0,6%, menandakan tingkat akurasi yang tinggi. Takometer ini bukan hanya bisa digunakan sebagai alat ukur, namun juga dapat menjadi alat pembelajaran yang mudah direplikasi. Lebih lanjut, rancang bangun takometer ini sangat relevan dalam mendukung kurikulum teknik mesin modern yang banyak mengarah pada aspek-aspek mekatronika untuk memenuhi kebutuhan industri.

Kata kunci: takometer; Arduino; inframerah; mekatronika

ABSTRACT

This study presents the design and development of an Arduino-based tachometer as a measurement instrument as well as a tool for learning mechatronics. The device combines simple electronic components, Arduino programming, and a MATLAB-based Graphical User Interface application to measure disc rotation speed in real time. The design emphasizes educational value, cost efficiency, and component availability. Measurement performance was evaluated by comparing the device's readings with those from a calibrated reference instrument. Results showed deviations below 2% at all tested speeds, with a Mean Absolute Percentage Error of 0.6%, indicating high measurement accuracy. Beyond its function as a measuring tool, the tachometer serves as a replicable educational platform. The project supports the modern mechanical engineering curriculum, which increasingly incorporates mechatronic systems to address current industrial demands.

Keywords: tachometer; Arduino; infrared; mechatronics

1. PENDAHULUAN

Pendidikan di bidang teknik mesin telah mengalami perkembangan yang signifikan dalam mengintegrasikan prinsip-prinsip mekatronika sebagai bagian penting dari kurikulum [1,2]. Mahasiswa teknik mesin saat ini tidak hanya perlu menguasai konsep-konsep mekanik, tetapi juga memiliki pemahaman mendalam tentang bidang-bidang terkait seperti elektronik, robotik, dan pemrograman. Integrasi ini mencerminkan pentingnya adaptasi terhadap perkembangan teknologi industri modern yang memanfaatkan mekatronika untuk menghasilkan solusi yang efisien dan inovatif.

Corresponding Author:
✉ Dicky Januarizky Silitonga
Accepted on: 2025-06-16

Dalam artikel ini, penulis membahas rancang bangun takometer sebagai metode demonstrasi dan pelatihan yang efektif serta holistik dalam meningkatkan pemahaman teknis melalui kegiatan praktis dan tidak hanya teoretis [3]. Takometer adalah alat pengukur kecepatan putaran yang pada akhirnya nanti dinyatakan dalam satuan rpm (*revolution per minute* atau putaran per menit) pada layar komputer. Proses pembuatannya sendiri memadukan aspek-aspek dasar mekatronika, termasuk kemampuan pemrograman, pemahaman tentang komponen dasar elektronika, serta penggunaan sensor dan akuisisi data.

Selain dari pertimbangan teknis pedagogis, alat ini juga dirancang dengan mempertimbangkan aspek biaya dan ketersediaan komponen di pasaran [4,5]. Komponen-komponen yang digunakan dapat ditemukan dengan mudah dan dengan biaya yang terjangkau. Selain itu, aplikasi atau program yang digunakan untuk mengendalikan modul dirancang dengan menggunakan MATLAB, suatu lingkungan pemrograman (*programming environment*) yang umum digunakan di kalangan pendidikan. Dengan cara ini, alat yang dirancang dan metode yang dijelaskan dalam artikel ini dapat diakses dan diadopsi oleh para pendidik, pelajar, maupun para pembelajar umum yang ingin memulai membangun keterampilan mekatronika.

Alat yang dibuat pada proyek rancang bangun ini juga dievaluasi kinerjanya dalam hal akurasi, yang mana menunjukkan performa pengukuran yang sangat akurat. Aspek unjuk kerja akurasi pengukuran ini juga akan dibahas secara rinci dan kuantitatif pada artikel ini.

2. MATERIAL DAN METODE

2.1. Komponen elektronik serta konstruksi alat

Komponen utama yang diperlukan untuk merancang takometer ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Komponen yang digunakan dalam rancang bangun takometer

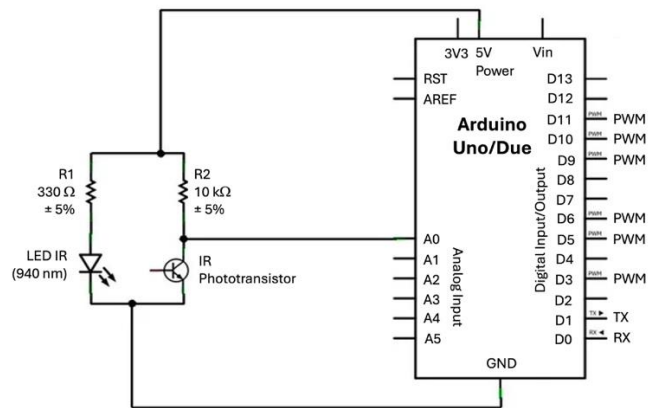
No	Komponen	Jumlah
1.	Arduino Board	1
2.	LED Infrared BM 1331	1
3.	Phototransistor BPT 1331	1
4.	Resistor 10kΩ	1
5.	Resistor 150 kΩ	1
6.	Kabel dan konektor	secukupnya
7.	Breadboard atau Perfboard	1
8.	Motor (3-5 Volts)	1
9.	Potensiometer	1

Adapun bagian cakram yang dipasang pada poros motor bukanlah fokus utama dalam proyek rancang bangun ini, sehingga dapat digunakan material apapun yang mudah ditemukan. Hal yang terpenting adalah agar pada cakram tersebut terdapat jendela/bukaan pada posisi sedemikian rupa sehingga pasangan LED dan phototransistor [6] dapat saling berhadapan langsung saat bukaan ini lewat.

Pada alat yang dibuat ini, penulis menggunakan bahan pelat styrofoam yang dapat dengan mudah dipotong dan dilubangi. Namun demikian, bahan lain pun dapat digunakan sesuai dengan ketersediaan maupun kemampuan pembuatan. Pengaturan pemegang (*mounting*) motor dan LED/Phototransistor, maupun landasan (*platform*) yang diperlukan pun dapat disesuaikan dengan kondisi ketersediaan material.

2.2. Pembuatan rangkaian elektronik

Rangkaian elektronik sebagai sensor dan koneksi pin pada mikrokontroler Arduino adalah sesuai dengan skematik pada Gambar 1 dibawah ini.

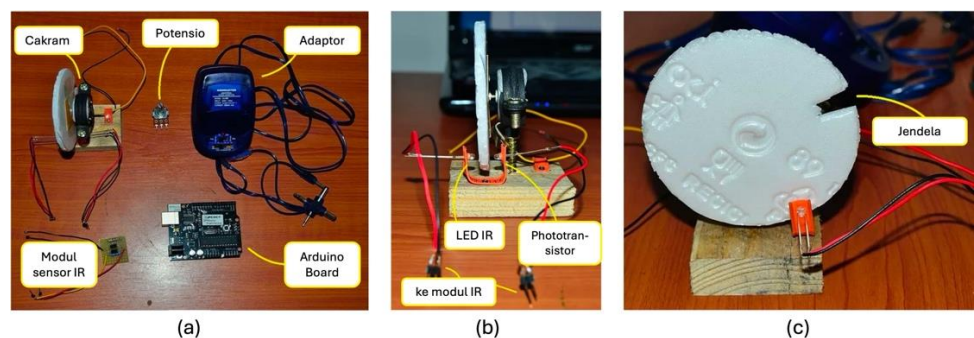


Gambar 1. Probabilitas bersyarat variabel A dan B

Modul rangkaian sensor inframerah terdiri dari sebuah percabangan parallel dari output +5V Arduino yang masing-masing jalur terdiri dari sebuah resistor, yang dirangkai seri dengan LED atau photoresistor inframerah. Dari jalur photoresistor dikirim sinyal analog sebagai input ke Arduino, dalam hal ini pin analog A0 sebagaimana terlihat pada skematik.

Pada modul takometer ini, kami menggunakan sumber daya eksternal untuk menggerakkan motor dan tidak terhubung dengan Arduino. Pengaturan putaran dilakukan secara manual dengan potensiometer. Hal ini sesuai dengan tujuan pembuatan modul demonstrasi takometer ini, yaitu untuk monitoring kecepatan saja dan bukan untuk mengontrolnya melalui Arduino. Selain itu, rangkaian dan sumber daya eksternal dengan pengaturan kecepatan manual akan menyederhanakan proyek ini.

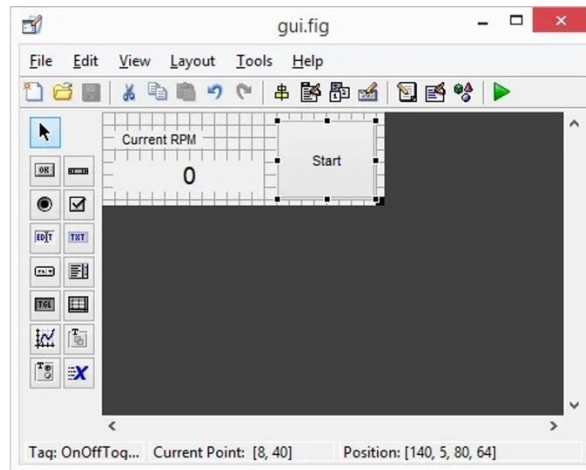
Keseluruhan komponen alat takometer ini ditampilkan pada Gambar 2(a). LED inframerah dan Photoresistor dipasang menghadap satu sama lain seperti pada Gambar 2(b), sedemikian sehingga dalam posisi yang memungkinkan mereka melihat satu sama lain saat jendela pada cakram (Gambar 2(c)) lewat diantara LED dan Photoresistor.



Gambar 2. (a) Komponen dan rangkaian elektronik yang digunakan, (b) Pandangan samping menunjukkan LED IR dan Photoresistor dipasang berhadapan, (c) Pandangan depan cakram menunjukkan jendela yang memperbolehkan inframerah dari LED terlihat oleh Photoresistor satu kali tiap putaran.

2.3. Pembuatan aplikasi untuk menampilkan hasil pengukuran

Setelah membuat rangkaian elektronik, diperlukan pemrograman untuk menampilkan hasil pengukuran kecepatan putaran pada layar komputer. Sebagaimana disebutkan sebelumnya, bagian software ini dilakukan dengan MATLAB versi 2022. Pada MATLAB, pembuatan program dengan metode GUI (*Graphical User Interface*) [7] yang dapat diakses dengan perintah `guide` pada *command window*.



Gambar 3. Perancangan layout program pada tampilan GUI

Dengan GUI ini, tata letak tombol dan teks dapat diatur dengan mudah. Untuk membuat tampilan modul takometer ini, komponen GUI yang dibutuhkan hanyalah 1 tombol *toggle* dan 2 teks *static*. Tata letak dapat diatur sebagaimana contoh pada Gambar 3, namun pada prakteknya dapat dibuat sesuai dengan selera dan kebutuhan perancang karena tata letak tidak mempengaruhi fungsi yang ingin dicapai. Bagi pembaca yang menginginkan detail kode program MATLAB, dapat menyampaikan permintaan kepada penulis untuk disediakan.

Data yang dikirim oleh Arduino ke port serial dari komputer diambil sebagai variabel. Kemudian isi variabel tersebut ditampilkan sebagai teks pada aplikasi komputer yang dibuat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengukuran dan tampilan program pada layar

Tampilan aplikasi yang dibuat untuk mengukur kecepatan putaran dapat dilihat pada Gambar 4. Adapun aktivasi pembacaan dilakukan dengan menekan/klik tombol “*Start*”, kemudian bacaan kecepatan putaran akan ditampilkan dengan pengkinian setiap 1 detik.

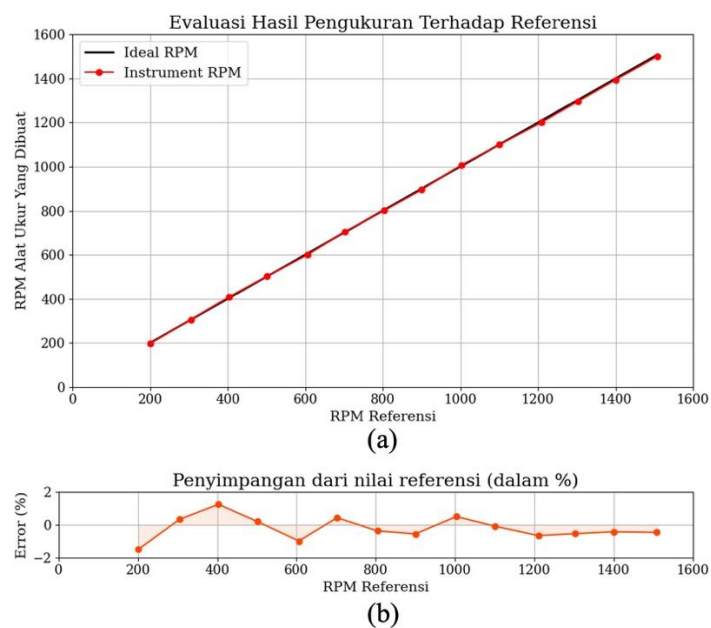


Gambar 4. Tampilan aplikasi untuk membaca kecepatan putaran dalam rpm.

3.2 Evaluasi akurasi pengukuran kecepatan putaran

Kebenaran bacaan takometer yang dibuat ini dievaluasi dengan membandingkan terhadap bacaan takometer komersial sebagai acuan. Perbandingan ini penting karena alat ukur baru harus diuji dengan alat ukur lain yang telah diketahui akurasinya, serta dikalibrasi jika perlu [8].

Untuk hal ini, dilakukan pengukuran beberapa kecepatan putaran dan secara simultan pengukuran putaran cakram juga dilakukan dengan takometer komersial Fluke 931 *handheld digital tachometer* [9] secara non-kontak. Hasilnya diplot pada diagram sebagaimana Gambar 5, dimana sumbu horizontal mewakili nilai rpm berdasarkan Fluke 931 sebagai referensi, dan sumbu vertikal adalah nilai rpm hasil bacaan alat yang dibuat. Pada kondisi ideal dimana bacaan alat yang dibuat sama persis dengan bacaan alat ukur referensi, maka hasil plot adalah garis linear [10] dengan gradien 1 yaitu garis hitam putus-putus pada diagram Gambar 5 yang pada artikel ini untuk kemudahan istilah akan disebut sebagai garis ideal.



Gambar 5. Diagram evaluasi kesesuaian hasil bacaan instrumen alat ukur yang dibuat dengan alat ukur referensi, menunjukkan (a) kedekatan nilai instrumen dengan nilai ideal dan (b) penyimpangan dibawah 2% pada semua nilai pengukuran.

Dapat dilihat pada diagram di Gambar 5(a), hasil pengukuran dengan takometer yang dibuat ini memiliki sedikit penyimpangan-penyimpangan dari garis ideal karena pembacaan alat ukur yang dibuat ini tidak persis sama dengan nilai dari alat ukur referensi Fluke 931. Namun demikian, observasi lebih detail menunjukkan bahwa penyimpangan-penyimpangan tersebut tidaklah signifikan. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5(b), pada tiap kecepatan yang diukur, nilai penyimpangan besarnya selalu dibawah 2%.

Penyimpangan dikuantifikasi dengan parameter *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang menyatakan rata-rata persentase absolut dari perbedaan nilai alat ukur yang diuji dengan alat ukur referensi [11]. MAPE diberikan oleh rumus (1) berikut ini:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Dimana y_i adalah bacaan alat ukur referensi \hat{y}_i adalah bacaan alat ukur takometer yang dibuat. Dengan menggunakan rumus (1), diperoleh MAPE sebesar 0.6%. Hal ini menunjukkan bahwa takometer berbasis sensor inframerah dan Arduino ini menghasilkan bacaan pengukuran yang akurat sesuai dengan acuan alat komersil terkalibrasi dan telah diketahui memiliki kualitas tinggi.

4. KESIMPULAN

Pada artikel ini penulis telah mendemonstrasikan bahwa pembuatan takometer berbasis Arduino dan MATLAB telah berhasil dilakukan dengan komponen yang murah dan mudah didapat. Ini menunjukkan kelayakan implementasi proyek mekatronika ini sebagai sarana pembelajaran keterampilan mekatronika. Secara teknis, takometer yang dibuat ini telah teruji menghasilkan nilai pengukuran yang akurat, mampu-ulang, serta handal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan apresiasi setinggi-tingginya pada Institut Teknologi Sumatera (ITERA) khususnya Program Studi Teknik Mesin dan UPT Laboratorium Terpadu yang telah menyediakan sarana prasarana serta fasilitas penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Karkoub, S. Abdulla, "Transformative learning experiences in mechanical engineering through mechatronics: From high school to college," *Int. J. Mech. Eng. Edu.*, vol. 48(1), pp. 3–31, 2018, doi:10.1177/0306419018781532
- [2] M.R. Khan, H. Antong, A.N. Wahid, K.A. Md Nor, S.B.A. Hamid, A. Sophian, "Mechatronics Engineering Curriculum in the New Perspective," *Int. Conf. on Eng. Prof. Ethics Edu.* 2021, pp. 80–85, 2018.
- [3] S. Imai, H. Matsui, "Practice of Control Education by Experiment using Robot," *J Robot, Network Artif Life*, vol. 5, pp. 190–193, 2018, doi: 10.2991/jrnal.2018.5.3.10
- [4] Z. Shiller, "A Bottom-Up Approach to Teaching Robotics and Mechatronics to Mechanical Engineers," *IEEE Trans. Edu.*, vol. 56, no. 1, pp. 103-109, 2013, doi: 10.1109/TE.2012.2226176.
- [5] I. Yabanova, S. Taskin, H. Ekiz, "Development of remote monitoring and control system for mechatronics engineering practice: The case of flexible manufacturing system," *Int. J. of Elect. Eng. & Edu.*, vol. 52, no. 3, pp. 264-275, 2015, doi: 10.1177/0020720915586421
- [6] B.A. Matveev, "LED-Photodiode Opto-pairs," *Mid-infrared Semiconductor Optoelectronics. Springer Series in Optical Sciences*, vol. 118, pp. 395-428, 2006, doi: 10.1007/1-84628-209-8_12
- [7] C.S. Lent, *Learning to program with MATLAB: Building GUI Tools*, 2nd ed., 2022.
- [8] T.P.Tunggal, L.A. Kirana, A.Z. Arfianto, E. T.Helmy, and F. Waseel, "The Design of Tachometer Contact and Non-Contact Using Microcontroller", *J Robot Control*, vol. 1, no. 3, pp. 65–69, 2020, doi: 10.18196/jrc.1315

- [9] FLUKE, "930/931 Tachometer Users Manual," https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/931_____umeng0200.pdf?VersionId=mL_1Ye3QddXOjIyKajDB188r.zRJHcWd, [Diakses pada tanggal 20 Juni 2025 jam 16.23 WIB].
- [10] F. Raposo, "Evaluation of analytical calibration based on least-squares linear regression for instrumental techniques: A tutorial review," *TrAC Trends Anal. Chem.*, vol. 77, pp. 167-185, 2015, doi: 10.1177/0020720915586421
- [11] S. Kim, H. Kim, "A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts," *Int. J. Forecasting*, vol. 32, no. 3, pp. 669-679, 2016, doi: 10.1016/j.ijforecast.2015.12.003