

## Pembuatan Sensor Suhu Berbahan Kawat Kumputan dengan Indikator Intensitas Cahaya

Moh. Toifur<sup>1\*</sup>, Dina Zulfana<sup>2</sup>, dan Okimustava<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Lab. Sentral, Magister Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Ahmad Dahlan 55161  
Jl. Pramuka No. 42 Sidikan Umbulharjo Yogyakarta

<sup>2</sup> MTs. Al-Huda Al-Ilahiyah  
Jl. Pesantren Mugomulyo Sungai batang Indragiri Hilir Riau 29273

<sup>3</sup> Lab. Sentral, Universitas Ahmad Dahlan  
Jl. Kolektor Ring Road Selatan, Tamanan Banguntapan Bantul Yogyakarta 55166  
\* E-mail: toifur@mpfis.uad.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sensor suhu menggunakan kawat kumputan dengan indikator berupa intensitas cahaya lampu. Bahan kawat divariasikan 3 jenis yaitu besi, tembaga, dan nikhrom sehingga dapat diketahui perbedaan kepekaan masing-masing sensor dalam merespon suhu. Unit sensor terdiri dari kumputan 250 lilitan, dirangkai seri dengan lampu 3V/32W dan sumber tegangan tetap 3 volt. Sebagai medium digunakan ruang yang disinari lampu 100 watt dengan tegangan lampu diatur dari 50 V sampai 150 V untuk menghasilkan suhu medium dari 30°C sampai 100°C sedangkan pada lampu indikator, intensitas cahaya lampu diukur dengan luxmeter UT383. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan antara perubahan suhu medium terhadap intensitas cahaya lampu secara signifikan untuk kumputan tembaga dan besi sedangkan kawat nikhrom tidak. Regresi linier pada data suhu dan intensitas cahaya diperoleh kepekaan sensor dari kumputan kawat tembaga dan besi masing-masing  $(1,34 \pm 0,06)$  lux/°C dan  $(7,33 \pm 0,43)$  lux/°C dimana sensor suhu dari kumputan besi lebih peka dari tembaga, namun kumputan tembaga lebih teliti dalam penunjukan suhu dibanding kumputan besi. Dengan hasil ini maka telah diperoleh sensor suhu berbahan kumputan tembaga dan besi untuk mengukur suhu medium dari 30°C sampai 100°C menggunakan indikator intensitas cahaya.

**Kata kunci:** sensor suhu, tembaga, besi, nikhrom, intensitas cahaya.

### Abstract

*This study aims to make a temperature sensor using coil wire with an indicator in the form of light intensity and to test the sensitivity of iron, copper, and nichrome wires in responding to changes in temperature. The temperature sensor unit consists of a coil of 250 turns, connected in series with a 3V/32W DC lamp and a 3 volt constant voltage source. As a medium, a room illuminated by a 100 watt lamp was used, where the lamp voltage is adjusted from 50 V to 150 V via slide regulator to produce a medium temperature from 30°C to 100°C, while for the indicator lamps, the light intensity of the lamp is measured with a luxmeter UT383. The results showed that there was a significant relationship between changes in medium temperature to light intensity for copper and iron coils while the nichrome coil is not. From the linear regression on temperature and light intensity data, the sensor sensitivity of copper and iron wire coils is  $(1.34 \pm 0.06)$  lux/°C and  $(7.33 \pm 0.43)$  lux/°C, respectively. From these values can be known that the temperature sensor of the iron coil is more sensitive than copper, but the copper coil is more precise in indicating temperature than the iron coil. From this research, a temperature sensor unit made of copper and iron coils has been successfully made to measure the temperature of the medium from 30°C to 100°C using a light intensity indicator.*

**Keywords:** temperature sensor, copper, iron, nichrome, light intensity.

## PENDAHULUAN

Suhu merupakan sifat termodinamik yang sangat penting untuk menentukan keadaan bahan (Yannan et al, 2019). Mayoritas

bahan memiliki ketergantungan terhadap suhu. Banyak industri yang telah memanfaatkan suhu seperti sistem kontrol pintu otomatis menggunakan suhu tubuh (Amin dkk., 2021; Amin dkk., 2018, Endra dkk., 2019; Hasibuan dkk., 2021). Oleh karena itu kehadiran sensor

suhu serta inovasinya sampai saat ini dilakukan terus menerus, seperti bahan sensor, bentuk, serta sistem kerjanya yang menjadi terkontrol secara otomatis (Skultety et al, 2018; Benez et al, 2014; Chybowsky, 2016). Untuk menghasilkan sensor yang tepat dan teliti dibutuhkan kesesuaian antara sensor dan objek yang diukur. Selain itu dibutuhkan pula kalibrasi khusus dan tentunya hal ini membutuhkan biaya yang mahal (Meijer, 2008).

Tembaga telah dikenal sebagai sebagai salah satu bahan sensor suhu. Hal ini karena konduktivitas listrik tembaga yang tinggi ( $59,6 \times 10^6$  S/m) sementara resistivitas listriknya rendah yaitu  $1,68 \Omega \cdot m$ . Bandingkan dengan bahan lain seperti nikhrom resistivitasnya  $100 \Omega \cdot m$ , dan besi  $9,61 \Omega \cdot m$

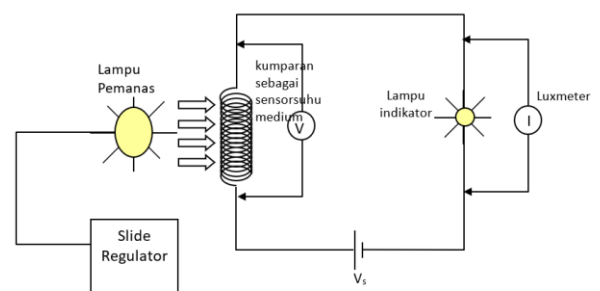
Aljubouri et al (2018) membuat sensor suhu dari tembaga oksida berbasis RTD (*Resistance Temperature Detector*). Dari hasil analisisnya bahan ini cocok untuk sensor suhu dari  $20^\circ\text{C}$  sampai  $180^\circ\text{C}$ , namun hubungan antara R dan T membentuk kurva eksponensial sehingga kepekaannya bervariasi tergantung pada suhu. Sang et al (2015), Hwang et al (2105) dan Park et al (2012) membuat sensor suhu dari PCB tembaga untuk membuat kode genetik dan menganalisisnya. Sensor ini telah mampu menunjukkan kinerja yang baik untuk mengukur suhu air namun rentang suhu ukur masih terbatas dari  $55^\circ\text{C}$  sampai  $95^\circ\text{C}$ . Singgih dkk. (2020) dan (Toifur et al, 2022) telah membuat sensor suhu rendah berbasis lapisan Ni yang dilapiskan di atas pelat Cu dengan metode elektroplating. Hasilnya sensor mampu mendeteksi suhu dengan bagus yaitu masih menunjukkan hubungan linier antara suhu dan tegangan output hingga  $-150^\circ\text{C}$ . Penelitian ini berbasis RTD sama seperti yang dilakukan oleh Aljubouri hanya karena suhu yang diukur sangat rendah maka dibutuhkan peralatan yang lebih kompleks melibatkan mikrokontroler sebagai penguat. Selain itu luarannya berupa tegangan.

Pada penelitian ini dibuat sensor suhu dari kumparan tembaga, besi, dan nichrome dengan indikator suhu berupa intensitas cahaya lampu. Mengenai kemungkinan bahan-bahan tersebut untuk dibuat kumparan dan

difungsikan sebagai sensor suhu sudah dilaporkan oleh Sen dkk. (2011) dan Ghaly (2019). Hanya saja Sen menggunakan kawat berbahan timah. Yang kedua pemanfaatan intensitas cahaya lampu sebagai indikator suhu belum ada yang melakukan. Hariyanto (2020) memanfaatkan LED hanya 2 jenis warna yaitu merah dan hijau sebagai indikator panas dan dingin medium dan bukan intensitasnya. Jika suhu diatas  $25^\circ\text{C}$  maka LED merah menyala dan jika suhu dibawah  $25^\circ\text{C}$  maka hijau menyala.

Selanjutnya pada penelitian ini, pemakaian bahan kumparan yang bervariasi adalah untuk menginformasikan jenis bahan yang dapat digunakan sebagai sensor suhu dan yang tidak, yang peka dan yang tidak. Pengolahan data melibatkan teknik regresi linier serta untuk menganalisis ketepatan data secara statistik digunakan varian.

Gambar 1 merupakan skema rangkaian sensor suhu yang memanfaatkan kumparan. Rangkaian pokok terdiri dari sumber tegangan tetap  $V_s$ , kumparan, dan lampu yang dirangkai seri sedangkan sebagai pembangkit suhu digunakan lampu yang dihubungkan dengan sumber tegangan AC dari slide regulator. Jika kumparan menjadi panas maka tahanan kumparan menjadi naik menurut persamaan sehingga tegangan pada kumparan  $V_k$  menjadi naik pula. Karena  $V_s$  tetap maka tegangan pada lampu  $V_L$  menjadi turun. Indikator hal ini adalah lampu menjadi meredup.



Gambar 1. Skema rangkaian untuk penelitian

Pada rangkaian ini tegangan sumber digunakan oleh kumparan dan lampu, sesuai dengan persamaan:

$$V_s = V_k + V_L \quad (0.1)$$

dengan  $V_s$  tegangan sumber,  $V_k$  tegangan

kumparan dan  $V_L$  tegangan lampu indikator. Nilai  $V_k$  merupakan fungsi suhu karena tahanannya berubah dengan kenaikan suhu menurut persamaan

$$R_T = R_0(1 + \alpha \Delta T) \quad (0.2)$$

dengan  $R_0$  tahanan kumparan pada suhu mula-mula (sebelum dipanasi),  $R_T$  tahanan kumparan pada suhu  $T$ ,  $\Delta T$  selisih suhu, dan  $\alpha$  koefisien suhu-tahanan.

Sehingga

$$V_k = IR_0(1 + \alpha \Delta T)$$

Jika eksperimen dijalankan dengan memvariasi suhu pada kumparan dan tegangan lampu sebagai luarannya maka pers. (0.1) ditulis menjadi:

$$V_L = V_s - V_k \quad (0.3)$$

dengan mengingat bahwa tegangan kumparan  $V_k$  merupakan fungsi suhu maka

$$V_L = V_s - IR_0(1 + \alpha \Delta T) \quad (0.4)$$

Tegangan  $IR_0$  merupakan tegangan kumparan mula-mula sebelum dipanasi, dan dimisalkan dengan  $V_0$ .

$$V_L = V_s - V_0(1 + \alpha \Delta T)$$

Karena tegangan sumber  $V_s$  tetap maka nilai tegangan lampu  $V_L$  menjadi semakin turun dengan semakin naiknya suhu kumparan. Dengan mengingat kesebandingan antara intensitas cahaya lampu  $J_L$  dengan tegangan lampu  $V_L$  maka

$$V_L = kJ_L \quad (0.5)$$

Substitusi (0.5) ke (0.4) kemudian membagi kedua ruas dengan  $k$  diperoleh

$$J_L = \frac{V_s}{k} - \frac{V_0}{k}(1 + \alpha \Delta T) \quad (0.6)$$

Dengan  $J_L$  intensitas cahaya lampu,  $k$  besi,  $V_s$  tegangan side regulator,  $V_0$  tahanan kumparan mula-mula,  $\alpha$  koefisien suhu-tahanan, dan  $\Delta T = T - T_0$  yaitu selisih suhu sekarang dan suhu mula-mula sebelum dipanaskan. Persamaan

(0.6) dapat ditulis menjadi

$$J_L = \frac{1}{k} [V_s - V_0(1 - \alpha T_0)] - \frac{\alpha V_0}{k} T \quad (0.7)$$

Jika  $a = \frac{V_0 \alpha}{k}$ ,  $b = \frac{1}{k} [V_s - V_0(1 - \alpha T_0)]$ ,  $J_L = y$ , dan  $T = x$  maka pers. (0.7) dapat ditulis dalam persamaan garis lurus menjadi

$$y = ax + b \quad (0.8)$$

Dari konfirmasi pers. (0.7) dengan pers. (1.8) diperoleh nilai  $a$  negatif sehingga  $J_L$  berkorelasi negatif terhadap  $\Delta T$ . Ini berarti semakin tinggi  $\Delta T$  nilai  $J_L$  semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena tegangan sumber yang diambil kumparan semakin besar sehingga tegangan pada lampu menjadi semakin kecil. Nilai  $a$  merupakan ukuran kepekaan sensor. Semakin besar nilai  $a$  semakin peka sensor.

## METODE EKSPERIMEN

### Prosedur Pengambilan Data

Eksperimen dijalankan mengikuti prosedur sebagai berikut:

1. Merangkai alat sebagaimana pada skema Gambar 1.
2. Menghidupkan slide regulator dan mengatur pada tegangan 50 volt.
3. Tunggu beberapa saat kemudian mengukur suhu udara di dekat kumparan
4. Mengukur intensitas cahaya pada lampu.
5. Mengulangi langkah 1 sampai dengan 4 untuk setiap kenaikan tegangan 10 volt.

### Teknik Analisis Data

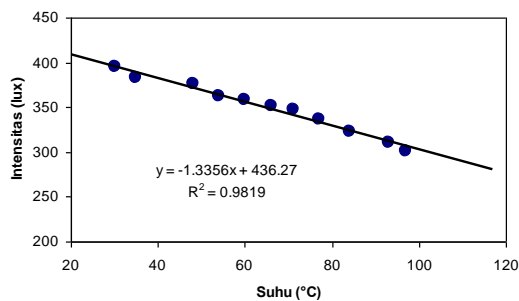
1. Membuat titik-titik data tegangan lampu terhadap suhu  $(T_i, J_{L_i})$ .
2. Mencocokkan titik data tersebut sesuai dengan persamaan garis lurus (0.8) serta indeks determinasi.
3. Menentukan slope kurva  $a$ .
4. Membandingkan nilai slope kurva antara kumparan dari tembaga, besi, dan nikhrom.
5. Menentukan kepekaan tertinggi dari ketiga jenis kumparan tersebut.

Data hasil pengukuran diolah menggunakan Microsoft Excel 2013 dan untuk menentukan karakteristik statistik data digunakan analisis varian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Kumparan Kawat Tembaga

Kurva intensitas cahaya lampu terhadap suhu medium yang diukur oleh kumparan tembaga ditampilkan pada Gambar 2. Dari gambar diketahui bahwa kumparan tembaga telah mampu menunjukkan fungsinya sebagai sensor suhu. Hal ini ditunjukkan dengan perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh luxmeter ketika kumparan menerima cahaya lampu dengan daya yang berbeda-beda. Pada suhu lingkungan dari 30°C sampai 97°C kumparan tembaga mampu mempengaruhi intensitas cahaya lampu indicator pada jangkau 395 – 301 lux.



Gambar 2. Kurva hubungan antara suhu dan intensitas cahaya untuk sensor suhu berbahan tembaga

Dari grafik diperoleh hubungan linier antara suhu dan intensitas cahaya pada rentang suhu dari 30C sampai dengan 120C. Persamaan yang menghubungkan kedua variabel adalah

$$J_i = -1.34T + 436.27 \quad (0.9)$$

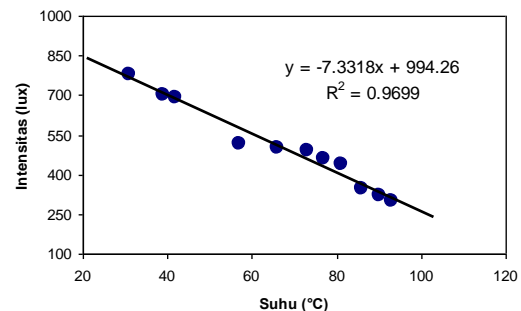
dengan  $J_i$  intensitas cahaya dan  $T$  suhu. Hubungan antara kedua variabel berbanding terbalik, yaitu semakin tinggi suhu semakin kecil intensitas. Masalah ini sudah di jelaskan pada bagian landasan teori pers. (0.8). Selain itu kedua variable memiliki hubungan kesebandingan yang kuat yang ditunjukkan oleh indek determinasi  $R^2 = 0,98$  (mendekati 1). Dengan hubungan ini maka bahan tembaga layak dijadikan sensor suhu pada rentang suhu sekitar 30 sampai 100°C. Jika alat ini digunakan sebagai sensor nilai suhu medium sebagai fungsi dari intensitas diperoleh melalui inversi dari persamaan (0.9) yaitu

$$T = -0.75J_L + 326.64 \quad (0.10)$$

Dengan persamaan ini maka untuk setiap nilai  $J_L$  berkorelasi dengan suhu medium  $T$ .

### 2. Kumparan Kawat besi

Kurva intensitas cahaya lampu terhadap suhu medium yang diukur oleh kumparan besi ditampilkan pada Gambar 3. Dari gambar diketahui bahwa kumparan besi telah mampu menunjukkan fungsinya sebagai sensor suhu. Hal ini ditunjukkan dengan perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh luxmeter ketika kumparan berada pada suhu medium yang berbeda-beda. Pada suhu lingkungan dari 31°C sampai 93°C kumparan besi mampu menampilkan mempengaruhi intensitas cahaya lampu indicator pada jangkau 781 lux sampai 300 lux.



Gambar 3. Kurva hubungan antara suhu dan intensitas cahaya untuk sensor suhu berbahan kumparan besi

Dari grafik diperoleh hubungan linier antara suhu dan intensitas cahaya pada rentang suhu dari 31°C sampai dengan 93°C. Persamaan yang menghubungkan kedua variabel adalah

$$J_i = -7.33T + 994.26 \quad (0.11)$$

Hubungan antara  $J_i$  dan  $T$  juga berkebalikan, yaitu semakin tinggi suhu semakin kecil intensitas, sesuai dengan penjelasan dari pers. (0.8). Selain itu dari nilai  $R^2 = 0,97$  kedua variable memiliki hubungan kesebandingan yang kuat. Dengan hubungan ini maka bahan besi layak dijadikan sensor suhu pada interval sekitar 31°C sampai 100°C. Jika alat ini digunakan sebagai sensor maka nilai suhu medium sebagai fungsi intensitas diperoleh melalui inversi persamaan (0.11) yaitu

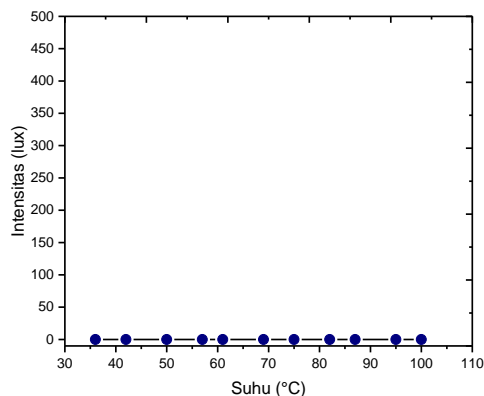
$$T = -0,14 J_i + 135,64 \quad (0.12)$$

Dengan persamaan ini maka alat telah dapat

digunakan untuk menentukan suhu medium dengan penunjukan berupa intensitas cahaya yang dipancarkan oleh lampu indikator.

### 3. Kumparan Kawat nikhrom

Kurva hubungan intensitas cahaya lampu terhadap suhu medium yang diukur oleh kumparan nikhrom ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva hubungan antara suhu dan intensitas cahaya untuk sensor suhu berbahan nikhrom

Dari gambar diketahui bahwa kumparan nikhrom tidak mampu menunjukkan karakterinya sebagai sensor suhu. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh luxmeter ketika kumparan nikhrom berada pada suhu yang bervariasi dari sekitar 30°C sampai 100°C yaitu tetap 0 lux.

Dari hasil-hasil yang telah diperoleh mengenai kinerja kumparan tembaga, besi, dan nikhrom sebagai sensor suhu dapat diringkas seperti ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik kumparan tembaga, besi, dan nikhrom sebagai sensor suhu dari 30°C sampai 100°C

Bahan sensor	Jangkauan intensitas (lux)	Persamaan $J_L(T)$	Kepekaan ( $\text{lux}/^\circ\text{C}$ )	Indek determinasi ( $R^2$ )
Tembaga	301-395	$J_L = -1.34T + 436.27$	1.34	0.98
Besi	300-781	$J_L = -7.33T + 994.26$	7.33	0.96
Nikhrom	0	$J_L \neq f(T)$	0	0

Dari Tabel 1 tampak bahwa ketiga bahan memiliki kurva hubungan antara intensitas dan suhu yang berlainan jangkauan intensitas, persamaan kurva, serta kepekaan. Jangkauan intensitas lampu untuk sensor suhu berbahan besi dalam mengukur suhu dari 30°C sampai 100°C lebih besar dari tembaga, yaitu 481 lux sedang untuk tembaga 94 lux. Oleh karena itu besi lebih peka dalam merespon perubahan suhu dibanding tembaga yaitu 7,33 ( $\text{lux}/^\circ\text{C}$ ) diikuti tembaga 1,34 ( $\text{lux}/^\circ\text{C}$ ), sedangkan nikhrom tidak respek terhadap suhu. Untuk nikhrom kurva pada gambar 4 menunjukkan bahwa suhu telah berubah dari 30°C sampai 100°C namun intensitas tidak mengalami perubahan. Memang nikhrom dari sisi peruntukannya sebagai kawat atau kumparan didedikasikan sebagai sebagai bahan

pemanas. Oleh karena itu, nikhrom mempunyai hambatan yang sangat besar dibandingkan kawat tembaga dan kawat besi. Konsekuensinya perubahan kecil dari pemanas yang berasal dari cahaya lampu belum mampu mengubah tahanan nikhrom ini. Maka bahan ini tidak cocok digunakan sebagai sensor suhu. Dari analisis varian  $R^2$  diperoleh bahwa tembaga lebih teliti dalam menunjukkan suhu dari besi. Dalam penunjukan suhu, tembaga lebih dekat suhu riil dibanding besi, namun sayangnya kurang peka dibanding besi. Walau demikian Skutely et al (2018) menyarankan jika alat ini akan digunakan untuk mengukur suhu, supaya dilakukan kalibrasi ulang terlebih dulu. Demikian pula untuk membenarkan hasil kalibrasi tersebut jika ada cara yang lain lebih dipakai.

## PENUTUP

Dari penelitian ini telah berhasil dibuat rancang bangun sensor suhu berbasis kumparan tembaga dan besi. Pada rentang suhu 30°C – 100 °C besi lebih peka dibanding tembaga dengan kepekaan 7.33 lux/°C untuk kumparan besi dan 1.34 lux/C untuk kumparan tembaga. Sementara itu kawat nichrome tidak dapat difungsikan sebagai sensor suhu karena tidak menunjukkan perubahan intensitas cahaya lampu pada saat suhu medium diatur dari 30°C sampai 100°C. Kelebihan dari alat ini adalah desainnya yang sederhana dan memiliki sifat linier terhadap perubahan suhu. Peluang pengembangan untuk peneliti berikutnya adalah perluasan range suhu diatas 100°C dan dibawah 30°C.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala MTs. Al-Huda Al-Ilahiyah Mugomulyo Sungai Batang Indragiri Hilir Riau yang telah berkenan memfasilitasi peralatan eksperimen di masa Pandemi Covid-19, sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar sampai selesai dengan bekerjasama melalui jaringan online.

## REFERENSI

- Aljubouri, A. A., Faisal, A. D., & Khalef, W. K. (2018). Fabrication of temperature sensor based on copper oxide nanowires grown on titanium coated glass substrate. *Materials Science-Poland*, 36(3), 460–468. <https://doi.org/10.2478/msp-2018-0051>
- Amin, A. (2018) Monitoring Water Level Control Berbasis Arduino Uno Menggunakan LCD LM016L. *Jurnal EEICT (Electric, Electronic, Instrumentation, Control, Telecommunication)*, 1(1): 45. <http://dx.doi.org/10.31602/eeict.v1i1.1421>
- Amin, Rizaldi, M. A., Neforawati, I., (2021). Implementation Of Automatic Door System Based On Body Temperature Using Arduino Uno And Nodemcu V3, *Journal Of Information Technology And Its Utilization*, 4(2), 51-55. <https://doi.org/10.30818/jitu.4.2.4302>
- Chybowski, L., Gawdzińska, K. and Wiśnicki, B. (2016). Qualitative importance measures of systems components – a new approach and its applications”. *Management Systems in Production Engineering*, 24 (4), 237-246. <https://doi.org/10.2478/mspe-04-04-2016>.
- Das, S., & Akhtar, J. (2014). Comparative Study on Temperature Coefficient of Resistance (TCR) of the E-beam and Sputter Deposited Nichrome Thin Film for Precise Temperature Control of Microheater for MEMS Gas Sensor. *Environmental Science and Engineering*, 495–497. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-03002-9\\_124](https://doi.org/10.1007/978-3-319-03002-9_124).
- Endra, R. Y., Cucus, A., Affandi, F. N., & Bintang, S. M. (2019). Model Smart Room Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Untuk Efisiensi Sumber Daya. *Explore – Jurnal Sistem Informasi dan Telematika*.10(1), 1-9.
- Ghaly, S.M.A. (2019). LabVIEW Based Implementation of Resistive Temperature Detector Linearization Techniques, *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 9(4), 4530-4533. <https://doi.org/10.48084/etasr.2894>
- Hariyanto, M.W., Hendrawan, A.H., Ritzkal. (2020). Monitoring the Environmental Temperature Using Arduino and Telegram, *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 1(3), 96-101. <https://doi.org/10.18196/jrc.1321>
- Hasibuan, A., Kartika, Qodri, A., Isa, M. (2021). Temperature Monitoring System using Arduino Uno and Smartphone Application, *Bulletin of Computer Science and Electrical Engineering*, 2(2), 46–55. <https://doi.org/10.25008/bcsee.v2i2.1139>
- Hwang, J.S., Kim, S.Y., Kim, Y. S., Song, H. J., Park, C. Y., Kim, J. D. (2015). Implementation of PCB-Based PCR Chip Using Double-Sided Tape, *International Journal of Control and Automation*, Vol.8, 117. <http://dx.doi.org/10.14257/ijca.2015.8.2.12>
- Meijer, G. C. M. (n.d.). Smart Temperature Sensors and Temperature-Sensor

- Systems. *Smart Sensor Systems*, 185–223.  
<https://doi.org/10.1002/9780470866931.ch7>
- Mowade, S. M. , Katre, A., Nandanwar, A., Singh, A. , Choudhary, A., Gaydhane, A. (2022). Automatic Door Control System with Body Temperature Sensor, *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)* 10(4).  
<https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.41770>
- P. Beneš, J. Chlebný, J. Král, J. Langer and M. Martinásková. (2014). *Automatizace a automatizační technika 3 – Prostředky automatizační techniky*. Brno: Computer Press.
- Park, C.-Y., Kim, J.-D., Ku, J.-H., Kim, Y.-S., Song, H.-J., Kim, J.. (2012). Printed Circuit Board-Based Polymerase Chain Reaction Chip, *Sensor Letters*, 10, 1197-1202.  
<https://doi.org/10.1166/sl.2012.2277>
- Sang-Yoon Kim, Jong-Dae Kim, Yu-Seop Kim, Hye-Jeong Song, and Chan-Young Park, Resistance Temperature Detector Sensor with a Copper Pattern on the Printed Circuit Board, *International Journal of Control and Automation Vol.8, No.8 (2015)*,67-74.  
<http://dx.doi.org/10.14257/ijca.2015.8.8.08>.
- Sen, S.K., Pan, T.K., Ghosa, P. (2011). An Improved Lead Wire Compensation Technique for Conventional Four Wire Resistance Temperature Detectors (RTDs), *Measurements*, 44, 842-846.  
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2011.01.019>
- Singgih, S., Toifur, M., Suryandari.(2020). Experimental Design in Constructing Low Temperature Sensor Based on Resistance Temperature Detector (RTD), *Indonesian Journal of Science and Education*, (2), 99-110.  
<https://doi.org/10.31002/ijose.v4i2.2758>
- Škultéty, E., Pivarčiová, E., Karrach, L., (2018). The comparing of The Selected Temperature Sensors Compatible With The Arduino Platform, *Management Systems in Production Engineering*, 2018, 26(3), 168-171. DOI: 10.1515/mspe-2018-0027
- Toifur, M., Jaladri, E.A., Kurniasari, E., Latifah, Y., Taufiqurrahman, M. (2022). Magnetodeposited Nickel on Cu Substrate with the Angle Variation of Magnetic Field, *Indonesian Review of Physics (IRiP)* 5 (1), 1-7.  
<https://doi.org/10.12928/irip.v5i1.5816>
- Yannan, D., Bin, R., Longxian, L., Xiaoying, T., Xiaolong, X., Weiping, Z., Weiping, O. (2019), Effect of High Temperature on Mechanical Properties of 13MnNiMoR, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 330 (042047), 1-5