

## APLIKASI BAHAN (TEMBAGA, KUNINGAN, DAN BESI) SEBAGAI HOUSING NTC TERHADAP SENSITIVITAS RESISTANCE PADA SENSOR ENGINE COOLANT TEMPERATURE (ECT)

Mohamad Aziz Kurniawan, Imam Muda Nauri, Sumarli  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang (UM)  
Jl. Semarang 5, Malang (65145)  
E-mail: mohamadazizkurniawan20@gmail.com

**Abstrak.** Pada lingkup pendidikan masih kurangnya sumber belajar khususnya dalam bidang vokasi, sehingga transformasi sumber literatur perkembangan dunia otomotif yang dipublikasi masih kurang, khususnya sebagai referensi dalam melakukan riset pembuatan komponen atau part pada unit kendaraan secara akurat. Salah satu alternatif dengan adanya kurang memadai fasilitas sumber literatur, maka digunakan aplikasi bahan tembaga, kuningan, dan besi sebagai housing NTC terhadap sensitivitas *resistance* pada sensor *Engine Coolant Temperature* (ECT). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan sensitivitas *resistance* antara bahan tembaga, bahan kuningan dan bahan besi sebagai housing NTC pada sensor *Engine Coolant Temperature* (ECT). Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian eksperimen. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis bahan housing NTC (tembaga, kuningan dan besi) pada sensor *Engine Coolant Temperature* (ECT), variabel terikat dalam penelitian ini adalah sensitivitas *resistance*. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap suhu yang diuji yaitu 30°C sampai 97°C dengan tahap kenaikan 10°C, kecuali 90°C sampai 97°C. Uji hipotesis dilakukan menggunakan aplikasi analisis statistik SPSS 24 dengan metode statistik parametrik *One-way Anova*. Hasil penelitian menunjukkan pada pengujian dengan waktu 4 detik adanya perbedaan antara sensor *Engine Coolant Temperature* yang menggunakan housing NTC berbahan tembaga, kuningan dan besi dengan rasio perbedaan menunjukkan angka (tembaga yaitu 0,3 ; kuningan yaitu 0,8 ; besi yaitu 1,2). Pengujian dengan waktu 4 detik pada keseluruhan bahan setiap kenaikan suhu terjadi penurunan perbedaan grafik sensor terhadap grafik NTC, sehingga pada kenaikan suhu terjadi peningkatan.

**Kata Kunci:** Tembaga, Kuningan, Besi, *Engine Coolant Temperature* (ECT), NTC, Sensitivitas *Resistance*.

**Abstract.** In the scope of education there is still a lack of learning resources, especially in the vocational field, so that the transformation of published automotive world literature sources is still lacking, especially as a reference in researching the manufacture of components or parts on vehicle units accurately. One alternative with the lack of adequate literature source facilities, the application of copper, brass, and iron as NTC housing against resistance sensitivity in the *Engine Coolant Temperature* (ECT) sensor. This study aims to determine differences in resistance sensitivity between copper, brass and iron as NTC housings on *Engine Coolant Temperature* (ECT) sensors. This study uses an experimental research design. The independent variable in this study is the type of housing material NTC (copper, brass and iron) on the *Engine Coolant Temperature* sensor (ECT), the dependent variable in this study is resistance sensitivity. Data collection was carried out 3 times at each temperature tested, namely 30°C to 97°C with an increase in 10°C, except 90°C to 97°C. Hypothesis testing is done using the SPSS 24 statistical analysis application with the *One-way Anova* parametric statistical method. The results showed in the test with 4 seconds there was a difference between the *Engine Coolant Temperature* sensor using NTC housing made of copper, brass and iron with a difference ratio showing the numbers (copper is 0.3; brass is 0.8; iron is 1.2). Testing with a time of 4 seconds on the whole material every temperature rise decreases the difference in the sensor graph against the NTC graph, so that the temperature increase increases.

**Keyword:** Copper, Brass, Iron, *Engine Coolant Temperature* (ECT), NTC, Resistance Sensitivity.

Dewasa ini, studi-studi mengenai pembelajaran teknologi di Indonesia masih sedikit dilakukan, studi teknologi di Indonesia ini lebih mengarah pada interaksi pembelajaran teknologi antara perusahaan

berdasarkan jenis modal yang telah ada (Prihadyanti, 2015). Selain itu, pada lingkup pendidikan masih kurangnya sumber belajar khususnya dalam bidang vokasi, sehingga transformasi sumber literatur perkembangan

dunia otomotif yang dipublikasi masih kurang, khususnya sebagai referensi dalam melakukan riset pembuatan komponen atau *part* pada unit kendaraan secara akurat (Wahid, 2016). Hal ini sejalan dengan hasil wawancara kepada sejumlah mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang yang menunjukkan keberadaan sumber literatur di lingkup pengetahuan otomotif saat ini kurang memadai dalam memfasilitasi pendukung riset dalam pengetahuan dasar dan analisis bahan yang berbeda baik digunakan untuk pembuatan *sparepart* dan khususnya terkait sensitivitas *resistance* sensor *Engine Coolant Temperature* (ECT) pada kendaraan yang menggunakan mesin dengan teknologi *Elektronik Fuel Injection* (EFI).

Salah satu alternatif dengan adanya kurang memadai fasilitas sumber literatur terkait analisis kandungan bahan yang berbeda pada sensor *Engine Coolant Temperature* (ECT), maka digunakan aplikasi bahan tembaga, kuningan, dan besi sebagai *housing* NTC terhadap sensitivitas *resistance* pada sensor *Engine Coolant Temperature* (ECT). *Thermistor* NTC dapat dimodifikasi oleh penutup dari sumber panas sehingga hasil pengukuran yang dilakukan dapat berbeda (Aleksic & Nikolic, 2017). Berdasarkan Vishay (2017: 2) pada sensor *Engine Coolant Temperature* (ECT) menggunakan *thermistor* NTC tipe NTCLE203E3. NTC tipe NTCLE20-3E3 terbuat dari bahan keramik NTC, perangkat terdiri dari sebuah chip dengan dua timah nikel bagian-bagiannya dilapisi dan ditandai dengan pita warna (Vishay, 2012). Berikut ini tabel data *Resistance Values At Intermediate Temperatures* NTC tipe NTCLE203E3.

<i>Resistance Values At Intermediate Temperatures With R25 At 2 K</i>			
Toper (°C)	RT (Ω)	TCR (%/K)	R/R DUE TO BTol. (%)
30	1653	- 3.75	0.10
40	1149	- 3.53	0.28
50	814.7	- 3.32	0.46
60	587.4	- 3.14	0.62
70	429.8	- 2.97	0.78
80	318.6	- 2.81	0.93
90	238.8	- 2.66	1.08
95	207.6	- 2.59	1.15
100	180.9	- 2.53	1.22

**Gambar 1 Resistance Values At Intermediate Temperatures NTC tipe NTCLE203E3**

(Sumber: Vishay, 2012.)

Penelitian Agustina (2015) konduktivitas termal pada bahan tembaga yaitu 346 Wm-1K-1, bahan kuningan yaitu 120 Wm-1K-1, besi yaitu 80 Wm-1K-1, sehingga dalam perbedaan konduktivitas termal pada penelitian sebelumnya maka dapat dipastikan hasil sensitivitas *resistance* akan berbeda karena suhu yang mengenai pada *thermistor* NTC akan berbeda pada masing-masing bahan tersebut. Perbedaan sensitivitas resistansi pada sensor *Engine Coolant Temperature* dapat diukur dan dibandingkan dengan perhitungan laju perpindahan kalor secara teoritis menggunakan persamaan teori perpindahan panas oleh Kreith (1997). Pada teori tersebut sama dengan bentuk konstruksi *housing* ECT mempunyai konstruksi tabung yang berlubang satu sisi, sehingga aliran panas radial dengan cara konduksi melalui silinder berpenampang lingkaran yang berlubang. Jika silinder itu homogenya dan cukup panjang sehingga pengaruh ujung-ujungnya dapat diabaikan dan suhu permukaan dalamnya konstan pada  $T_i$  sedangkan suhu luarnya dipertahankan seragam pada  $T_0$ , maka dari persamaan laju konduksi panasnya adalah:

$$Q_k = -k \frac{d}{d}$$

dimana  $dT/dr =$  gradien suhu dalam arah radial (Kreith, 1997: 28).

Untuk silinder berlubang dan tertutup satu sisi, luasnya merupakan fungsi jari-jari dan

$$A = 2\pi r l + \pi r^2$$

dimana  $r$  adalah jari-jari dan  $l$  panjang silinder maka laju aliran panas dengan cara konduksi dapat dinyatakan sebagai

$$Q_k = -k(2\pi r l + \pi r^2) \frac{dT}{dr}$$

Keterangan:  $Q_k$  = laju perpindahan panas

$k$  = konduktivitas *thermal*

$r$  = diameter sensor

$l$  = panjang sensor

$dT = T_2 - T_1$

$dr$  = tebal sensor

Berdasarkan hasil perhitungan teori laju perpindahan kalor pada setiap suhu pengujian dapat dihitung perbandingan laju perpindahan kalor dengan resistansi bahan kuningan berdasarkan *datasheet* (Delphi, 2014). Dengan demikian, dapat dianalisis perbedaan sensitivitas resistansi pada tabel hasil perhitungan teoritis dari perbandingan laju perpindahan kalor dengan *datasheet* resistansi sensor *Engine Coolant Temperature* pada bahan kuningan yang telah ada dengan control waktu pengujian dengan waktu 4 detik (Amphenol, 2016), sehingga semakin tinggi laju perpindahan kalor maka waktu pencapaian kalor kepada NTC semakin cepat. Selain itu, semakin suhu meningkat mengakibatkan sensitivitas resistansi juga meningkat yang dipengaruhi oleh laju perpindahan kalor semakin meningkat ketika suhu pengujian semakin lebih tinggi (Marfizal, 2015).

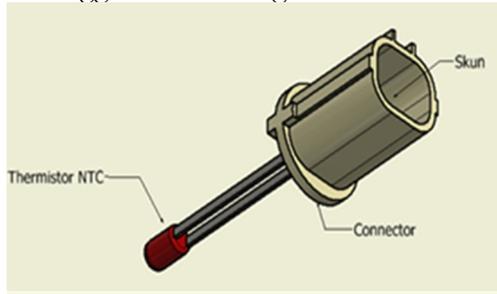
### METODE PENELITIAN

X <sub>1</sub> (Treatment)	O <sub>1</sub> (Observasi)
Pengaplikasian bahan tembaga sebagai <i>housing</i> NTC pada sensor <i>Engine Coolant Temperature</i> (ECT).	Pengujian sensitivitas <i>resistance</i> dengan penggunaan bahan tembaga sebagai <i>housing</i> NTC pada sensor <i>Engine Coolant Temperature</i> (ECT).
X <sub>2</sub> (Treatment)	O <sub>2</sub> (Observasi)
Pengaplikasian bahan kuningan sebagai <i>housing</i> NTC pada sensor <i>Engine Coolant Temperature</i> (ECT).	Pengujian sensitivitas <i>resistance</i> dengan penggunaan bahan kuningan sebagai <i>housing</i> NTC pada sensor <i>Engine Coolant Temperature</i> (ECT).
X <sub>3</sub> (Treatment)	O <sub>3</sub> (Observasi)
Pengaplikasian bahan besi sebagai <i>housing</i> NTC pada sensor <i>Engine Coolant Temperature</i> (ECT).	Pengujian sensitivitas <i>resistance</i> dengan penggunaan bahan besi sebagai <i>housing</i> NTC pada sensor <i>Engine Coolant Temperature</i> (ECT).

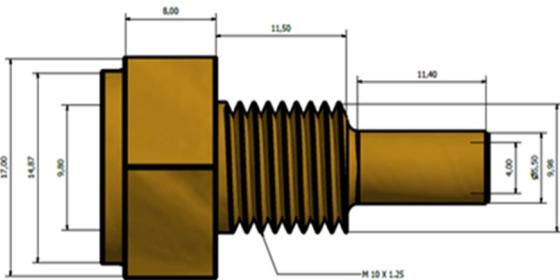
**Gambar 2. Desain Penelitian Eksperimen Semu Jenis Perbandingan Kelompok Statis**

Subjek penelitian ini adalah sensor *Engine Coolant Temperature* (ECT) untuk sepeda motor merek Yamaha. Objek penelitian ini adalah jenis bahan *housing* NTC pada sensor *Engine Coolant Temperature* (ECT). Instrumen penelitian menggunakan *multimeter* merek Krisbow untuk mengambil data resistansi dan sebagai pengontrol menggunakan *thermometer* alkohol. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap suhu yang diuji yaitu 30°C sampai 97°C dengan tahap kenaikan 10°C, kecuali 90°C sampai 97°C. Uji hipotesis dilakukan menggunakan aplikasi analisis statistik SPSS 24 metode statistik parametrik *One-way Anova* dengan uji prasyarat

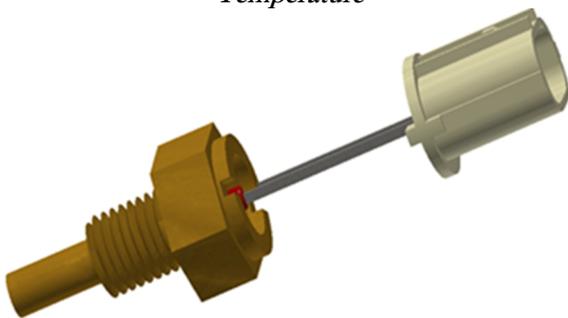
berupa uji homogenitas dan uji normalitas data menggunakan *Kolmogorov Smirnov Test*.



Gambar 3. NTC Dan Konektor



Gambar 4. *Housing Sensor Engine Coolant Temperature*



Gambar 5. *Assembly Konektor Dan NTC Dengan Housing Sensor ECT*

**HASIL**

***Sensitivitas Resistance***

Berdasarkan pengujian penelitian “Aplikasi Bahan (Tembaga, Kuningan Dan Besi) Sebagai *Housing* NTC Terhadap *Sensitivitas Resistance* Pada Sensor *Engine Coolant Temperature (ECT)*” yang telah dilakukan. Diperoleh data berupa satuan Ohm ( $\Omega$ ). Waktu pengujian data dilakukan dengan dipertahan waktu selama 4 detik disetiap suhu pengujian. Suhu pengujian pada penelitian ini menggunakan suhu 30°C sampai 97°C dengan tahap kenaikan 10°C, kecuali 90°C sampai 97°C. Pada pengujian dipilih suhu 97°C tidak langsung pada suhu 100°C, disebabkan adanya sumber panas yang digunakan untuk mempertahankan suhu tidak tersedia

kapasitasnya. Berikut ini data penelitian yang diperoleh setelah dilakukan pengujian.

Tabel 1. Deskripsi Data Resistansi NTC Berbahan Tembaga, Kuningan Dan Besi Dengan Waktu Pengujian 4 Detik

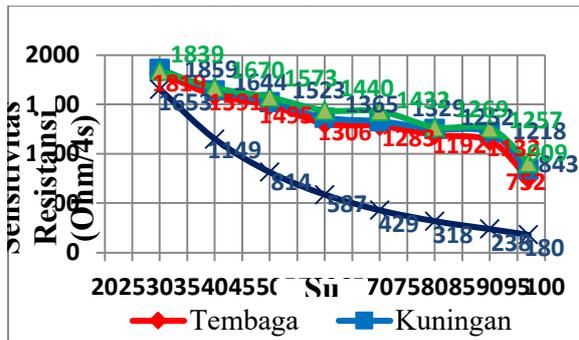
Descriptive Statistics		
Suhu	Bahan	Mean
30	Tembaga	1819
	Kuningan	1859
	Besi	1839
40	Tembaga	1591
	Kuningan	1644
	Besi	1670
50	Tembaga	1495
	Kuningan	1523
	Besi	1573
60	Tembaga	1306
	Kuningan	1365
	Besi	1440
70	Tembaga	1283
	Kuningan	1329
	Besi	1432
80	Tembaga	1192
	Kuningan	1252
	Besi	1269
90	Tembaga	1132
	Kuningan	1218
	Besi	1257
97	Tembaga	752
	Kuningan	843
	Besi	909

Tabel di atas merupakan statistic deskriptif yang menggambarkan data hasil penelitian sensitivitas resistansi pada rumah *thermistor* NTC dengan menggunakan bahan tembaga, kuningan dan besi pada pengujian waktu 4 detik. Dari rata-rata (*mean*) pengujian resistansi setiap masing-masing suhu pengujian tersebut dapat dibuat jumlah keseluruhan setiap masing-masing bahan dan dibagi sama sehingga menjadi sebuah rasio perbedaan secara menyeluruh. Selain itu, rata-rata (*mean*) pengujian resistansi setiap masing-masing suhu pengujian dibandingkan dengan data spesifikasi NTC yang digunakan yaitu

tipe NTCLE203E3 (Vishay, 2017), sehingga dapat dibuat menjadi grafik. Berikut ini merupakan grafik data rata-rata sensitivitas resistansi NTC berbahan tembaga, kuningan dan besi dibandingkan dengan data asli NTC pada waktu pengujian 4 detik..

## PEMBAHASAN

### *Sensitivitas Resistance*



Gambar 6. Grafik Perbedaan Sensitivitas Resistansi Menggunakan Waktu Pengujian 4 Detik Antara NTC Pada Sensor Engine Coolant Temperature Dengan Housing Menggunakan Bahan Tembaga, Kuningan Dan Besi

Berdasarkan gambar 6 secara keseluruhan terjadi perbedaan grafik pada masing-masing suhu, selain itu juga pada kenaikan suhu 30°C sampai 97°C sehingga sensitivitas resistansi sensor *Engine Coolant Temperature* dengan *housing* berbahan tembaga, kuningan dan besi tidak ada penurunan sensitivitas resistansinya. Pada gambar 6 pada grafik tidak memiliki perbedaan grafik yang menonjol untuk sensor *Engine Coolant Temperature* dengan *housing* berbahan tembaga secara teori konduktivitas *thermal* bahan tembaga seharusnya memiliki perbedaan grafik yang menonjol dengan bahan kuningan dan besi, selain itu dapat dilihat berdasarkan rasio perbedaan tembaga dengan bahan kuningan dan besi secara keseluruhan antara teoritis sebesar 0,28 dan pengujian laboratorium sebesar 0,34 maka terdapat selisih 0,06 lebih sensitive secara teoritis, hal tersebut terjadi karena pada celah *housing* tembaga dengan NTC terdapat celah sehingga ditambahkan *thermal grease* dengan spesifikasi konduktivitas *thermal* per 0,025 mm adalah 5 W/mK (Kerafol, 2017). Pada suhu 97°C terjadi peningkatan sensitivitas resistansi

tertinggi terhadap garis grafik NTC berdasarkan gambar 6, hal tersebut dikarenakan pada spesifikasi NTC suhu yang ada adalah 95°C dan 100°C (Vishay, 2012). Pada kapasitas pemanas maksimal hanya 97°C terkadang tidak stabil sampai 98°C untuk pengujian yang dilakukan dan dasar yang dibuat grafik NTC adalah suhu 95°C, sehingga hasil temuan lebih tinggi untuk grafik sensitivitas resistansinya dibanding suhu pengujian lainnya yang sesuai antara suhu pengujian dengan suhu NTC yang digunakan. Ketidak stabilnya nilai sensitivitas resistansi terhadap grafik NTC pada setiap kenaikan suhu diakibatkan karena adanya ketidak stabilan sumber panas sehingga suhu air yang dikontrol oleh kompor dan kipas angin tidak 100% bisa stabil atau konstan pada suhu pengujian. Pada penelitian Faisal (2017) tiupan angin mempengaruhi penyerapan panas pada media uji, sehingga panas dari kompor terserap angin yang mengakibatkan panas pada pengujian dengan suhu 50°C dan 70°C terjadi penurunan. Pada kondisi sensitivitas resistansi mengalami kenaikan terjadinya pengujian suhu yang stabil pada air sehingga sejalan dengan penjelasan secara teori dan penelitian sebelumnya. Perbedaan antara grafik NTC dengan grafik sensor *Engine Coolant Temperature* dengan *housing* berbahan tembaga, kuningan dan besi sangat signifikan, hal tersebut disebabkan karena adanya perbedaan waktu pengujian antara sensor dengan spesifikasi waktu pengujian NTC yaitu dengan waktu 13 detik (Vishay, 2017). Temuan pada pengujian dengan waktu 4 detik sejalan dengan teori yaitu semakin suhu meningkat mengakibatkan sensitivitas resistansi juga meningkat yang dipengaruhi oleh laju perpindahan kalor semakin laju perpindahan panas meningkat ketika suhu pengujian semakin lebih tinggi, hal tersebut dibuktikan berdasarkan penelitian Marfizal (2017) serta berdasarkan sesuai dengan teori laju perpindahan panas Kreith pada tahun 1997 yang didukung oleh penelitian Agustina (2015) dan Kasap (2017) tentang konduktivitas *thermal* bahan tembaga, kuningan dan besi. Pada *housing* NTC yang

menggunakan bahan kuningan menunjukkan hasil sensitivitas resistansi lebih tinggi dibanding yang menggunakan besi dan lebih sensitivitas resistansi rendah dibanding yang menggunakan bahan tembaga baik pengujian secara teori maupun pengujian laboratorium. Pada *housing* NTC yang menggunakan bahan besi menunjukkan hasil sensitivitas resistansinya paling rendah dibanding dengan yang menggunakan bahan kuningan dan bahan tembaga baik pengujian secara teori maupun pengujian laboratorium. Hasil dari segi rasio perbedaan rata-rata antara sensor *Engine Coolant Temperature* yang menggunakan *housing* NTC berbahan tembaga, kuningan dan besi pada pengujian waktu 4 detik memiliki hasil sama terkait besar kecilnya jarak perbedaan resistansinya (rasio perbedaan) antara pengujian laboratorium menunjukkan angka (tembaga yaitu 0,34 ; kuningan yaitu 0,8 ; besi yaitu 1,2) apabila dibulatkan menjadi (tembaga yaitu 0,3 ; kuningan yaitu 0,8 ; besi yaitu 1,2) dengan pengujian secara teoritis menunjukkan angka (tembaga yaitu 0,28 ; kuningan yaitu 0,8 ; besi yaitu 1,2) apabila dibulatkan menjadi (tembaga yaitu 0,3 ; kuningan yaitu 0,8 ; besi yaitu 1,2). Berdasarkan penelitian Agustina (2015) pada penelitiannya menyebutkan panas (Q) sebanding dengan waktu (t) dan luas permukaan (A). Dengan demikian, jika permukaan benda uji sama tetapi waktu berbeda, sehingga menyebabkan antara pengujian laboratorium dengan waktu 4 detik. Pada pengujian waktu 4 detik menunjukkan rasio perbedaan rata-rata resistansi sama dengan rasio perbedaan resistansi secara teoritis, maka dapat disimpulkan tingkat sensitivitas karakter bahan *housing* NTC pada sensor *Engine Coolant Temperature* dapat terlihat dan selaras sesuai teori dilakukan dengan waktu 4 detik.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Pada pengujian dengan waktu 4 detik adanya perbedaan antara sensor *Engine Coolant Temperature* yang menggunakan *housing* NTC berbahan tembaga, kuningan dan besi dengan rasio perbedaan menunjukkan angka (tembaga

yaitu 0,3 ; kuningan yaitu 0,8 ; besi yaitu 1,2). Pengujian dengan waktu 4 detik pada keseluruhan bahan setiap kenaikan suhu terjadi penurunan perbedaan grafik sensor terhadap grafik NTC, sehingga pada kenaikan suhu terjadi peningkatan.

### Saran

Penggunaan sumber pemanas seharusnya menggunakan pemanas tertutup sehingga lebih stabil pada setiap suhu pengujiannya. Selain itu, waktu pengujian seharusnya dilakukan berdasarkan waktu pengujian spesifikasi NTC dan pembuatan *housing* sensor dengan menggunakan mesin CNC supaya lebih presisi hasilnya.

## DAFTAR RUJUKAN

- Agustina, I.D.A. 2015. Penentuan Konduktivitas Termal Logam Tembaga, Kuningan, dan Besi dengan Metode Gandengan. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (SNFPF), 06 (1), 2302-7827.
- Aleksic, O.S & Nikolic, P.M. 2017. Recent Advances In NTC Thick Film Thermistor Properties And Applications. Journal Electronics and Energetics, 30 (3), 267-284. Dari <http://casopisi.junis.ni.ac.rs/index.php/FUElectEnerg/article/viewFile/2295/1601>.
- Amphenol. 2016. Engine Temperature Sensor, (Online), ([httpswww.mouser.comcatalogs/specsheetsAmphenol\\_08192016\\_GE197.pdf](httpswww.mouser.comcatalogs/specsheetsAmphenol_08192016_GE197.pdf)), diakses 12 September 2018.
- Delphi. 2014. Temperature Sensor Product Data. (Online), ([http://pe.ltd.com/assets/coolant\\_temp.pdf](http://pe.ltd.com/assets/coolant_temp.pdf)), diakses 01 Oktober 2018.
- Faisal, I. H, & Rangkuti, C. 2017. Pengaruh Besar Laju Aliran Air Terhadap Suhu Yang Dihasilkan Pada Pemanas Air Tenaga Surya Dengan Pipa Tembaga Melingkar. Seminar Nasional Cendekiawan, 01 (03).
- Kasap, S., & Capper, P. 2017. Springer Handbook of Electronic and Photonic

- Materials. (Online), (DOI10.1007/978-3-319-48933-9\_19), diakses 1 April 2018.
- Kerafol. 2017. Thermal Grease. (Online), ([https://www.silram.co.ilwpcontentuploads201712Datenblaetter\\_TM\\_KP96979812.pdf](https://www.silram.co.ilwpcontentuploads201712Datenblaetter_TM_KP96979812.pdf)), diakses 29 April 2018.
- Kreith, F. 1997. Prinsip Perpindahan Panas. Jakarta: Erlangga.
- Marfizal., Johanes., & Putra, R.D. 2015. Membandingkan Nilai Konduktivitas Termal Bahan Tembaga Dengan Kuningan Menggunakan Alat Uji Konduktivitas Thermal. Jurnal Ilmiah Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Jambi, 05 (1) 1–11.
- Prihadyanti, D. 2015. Pembelajaran Teknologi Di Perusahaan Manufaktur Berintegritas Teknologi Tinggi Dan Menengah Tinggi. Jurnal Manajemen Teknologi, 14 (1), 01-14. Dari [Journal.sbm.itb.-ac.id](http://Journal.sbm.itb.-ac.id).
- Vishay. 2012. NTC Thermistors, Radial Leaded, Accuracy Line, (Online), (<https://www.vishay.com/docs/2904/ntcle203.pdf>), diakses 01 April 2018.
- Vishay. 2017. NTC Thermistors, (Online), (<http://www.vishay.com/docs/29053/ntcapnote.pdf>), Diakses 02 April 2018.
- Wahid, N.S & Wakid, M. 2016. Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis WEB Untuk Mata Pelajaran Pemeliharaan Sasis Dan Pemindah Tenaga. Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif, 15 (1), 16-26. Dari [Journal.studen-t.uny.ac.id](http://Journal.studen-t.uny.ac.id).

