

Simulasi dan Eksperimen *Two Channels Macroheater Tilt Sensor* berdasarkan Pola Radiasi *Heat Transfer*

Supomo

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia 16425, Indonesia

e-mail: supomo01@ui.ac.id; supomopoltek@gmail.com

Abstrak

Pola radiasi pemindahan panas (*radiation transfer heater*) sangat diperlukan dalam perancangan sensor berbasis temperatur. Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi pola radiasi pemindahan panas pada bidang bentuk persegi panjang dan bidang bentuk lingkaran, dengan mempergunakan perangkat lunak LabView Versi 8.5 dan dilakukan eksperimen rancangan sensor kemiringan dalam bentuk ukuran/dimensi makro dengan mempergunakan komponen utama dua buah sensor temperatur IC LM 35 tipe TO42. Dari hasil simulasi dan eksperimen pemasangan sensor temperatur yang posisinya diletakkan lebih rendah dari posisi sumber pemanas (*heater*) dapat mendeteksi perubahan panas pada posisi sudut kemiringan $>90^\circ$, sehingga kondisi tersebut dapat dipergunakan dalam perancangan *two channels macroheater tilt sensor*.

Abstract

The Simulation and Experiment of Two Channels Macroheater Tilt Sensor Based on Heat Transfer Radiation Pattern. The pattern of radiation heat transfer (*radiation transfer heater*) is necessary in the design of sensor-based temperature. This research will be conducted simulated radiation pattern of heat transfer in the area of a rectangle and the area of a circle, using Lab View software version 8.5 and conducted experiments tilt sensor design in the form of a macro by using two major components IC LM 35 temperature sensor TO42 type. From the simulation results and experimental temperature sensor mounting position is placed lower than the heat source (*heater*) can detect heat changes in the position angle of $>90^\circ$, so that the condition can be used in the design of two channels macro heater tilt sensor.

Keywords: simulation, experimental, macro heater, LM35

1. Pendahuluan

Posisi kemiringan pada kendaraan alat berat seperti *dump truck*, *bulldozer*, *excivator*, dan lain-lain saat dioperasikan kondisi posisi sudut kemiringan yang diizinkan untuk jenis *dump truck* maksimum 45° dan jenis *bulldozer* dengan sudut kemiringan maksimum 90° . Bila sudut kemiringan melebihi yang diizinkan, maka akan terjadi sistem pelumasan pada mesin tidak merata, hal ini akan mengakibatkan mesin cepat aus, sehingga lebih cepat untuk dilakukan *over haule*.

Untuk mendeteksi posisi kemiringan tersebut diperlukan sebuah sensor kemiringan, sehingga posisi kemiringan pada kendaraan alat berat tidak lebih dari yang diizinkan, jika kondisi kemiringan lebih dari yang diizinkan dan terjadi selama lebih dari 5 detik, maka sistem pengapian pada mesin akan dibuat dalam kondisi *power idle*.

Pada bagian ini akan ditinjau konsep dasar tentang *transfer heater* yang akan dipergunakan dalam

perancangan *two channels macroheater tilt sensor* meliputi rumus-rumus dan parameter-parameter yang akan digunakan.

Heat transfer terminology. Istilah dan ungkapan tertentu dalam *heat transfer* antara lain perbedaan antara panas dan temperatur, perbedaan antara panas dan usaha, hukum kedua termodinamika yang kaitannya dengan transfer panas, tiga modus transfer panas dan istilah-istilahnya.

Temperatur. Temperatur atau suhu adalah ukuran dari jumlah energi kinetik translasi rata-rata yang dimiliki oleh molekul-molekul suatu zat. Simbol untuk suhu adalah T skala umum untuk mengukur suhu adalah *Fahrenheit*, *Celsius*, dan *Kelvin*.

Energi kinetik. Energi kinetik dari sebuah benda adalah energi yang dimilikinya karena gerakannya, energi kinetik dari sebuah titik *massa* (*m*) dapat diberikan dengan persamaan (1):

$$E_{\text{energi kinetik}} = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

Temperatur kinetik. Ekspresi untuk tekanan gas yang dikembangkan dari teori kinetik berhubungan tekanan dan volume ke energi kinetik molekul rata-rata.

$$PV = nRT \Leftrightarrow PV = \frac{2}{3}N \left[\frac{1}{2}mv^2 \right] \quad (2)$$

$$T = \frac{2}{3} \frac{N}{nR} \left[\frac{1}{2}mv^2 \right] = \frac{2}{3} \frac{1}{k} \left[\frac{1}{2}mv^2 \right] \quad (3)$$

Average molecular kinetic energy. Bentuk umum yang mengungkapkan energi kinetik molekul rata-rata dapat diberikan dengan persamaan sebagai berikut,

$$KE_{\text{avg}} = \left[\frac{1}{2}mv^2 \right] = \frac{2}{3}kT \quad (4)$$

Energi kinetik translasi rata-rata untuk molekul-molekul dapat disimpulkan dari distribusi Boltzmann dengan bentuk persamaan,

$$f(E) = Ae^{-E/kT} \quad (5)$$

pada gerakan molekul dalam satu dimensi,

$$f(v_z) = \sqrt{\frac{m}{2\pi kT}} e^{-\frac{mv_z^2}{2kT}} \quad (6)$$

dengan,

- V = volume
- T = temperature absolute
- P = Tekanan absolute
- k = konstanta Boltzmann.
- m = massa
- v = kecepatan

Heat. Heat atau panas adalah energi yang ditransfer dari objek temperatur tinggi ke objek dengan temperatur yang lebih rendah pada tingkat molekuler sebagai hasil dari perbedaan suhu. Simbol untuk panas adalah Q, satuan untuk mengukur panas untuk sistem Inggris adalah BTU (*British Thermal Unit*) dan kalori untuk satuan SI (*International System of Units*), keterkaitan dengan satuan Joule adalah [2],

$$1 \text{ calorie} = 4,1868 \text{ Joules}$$

$$1 \text{ BTU} = 1055,056 \text{ Joules}$$

Convection heat transfer. Transfer panas oleh gerak dan pencampuran molekul cairan atau gas disebut

konveksi, hubungan dasar untuk transfer panas melalui konveksi memiliki bentuk persamaan sebagai berikut [1]:

$$Q = h A \Delta T \quad (7)$$

dengan,

- Q = rate of heat transfer (Btu/hr)
- h = convective heat transfer coefficient (Btu/hr-ft²-°F)
- A = surface area for heat transfer (ft²)
- ΔT = temperature difference (°F)

Koefisien perpindahan panas konvektif (h) tergantung pada sifat fisik fluida dan kondisi fisik.

Conduction heat transfer. Perpindahan panas oleh konduksi yang melibatkan transfer temperatur dalam suatu material dimana materi tanpa gerak secara keseluruhan, tingkat perpindahan panas tergantung pada temperatur dan konduktivitas panas dari material. Persamaan yang paling sering digunakan adalah dalam bentuk empat persegi panjang atau silindris (pipa dan silinder), yang ditunjukkan dalam persamaan sebagai berikut [1]:

$$\text{Rectangular: } Q = k A \left(\frac{\Delta T}{\Delta x} \right) \quad (9)$$

$$\text{Cylindrical: } Q = k A \left(\frac{\Delta T}{\Delta v} \right) \quad (10)$$

dengan,

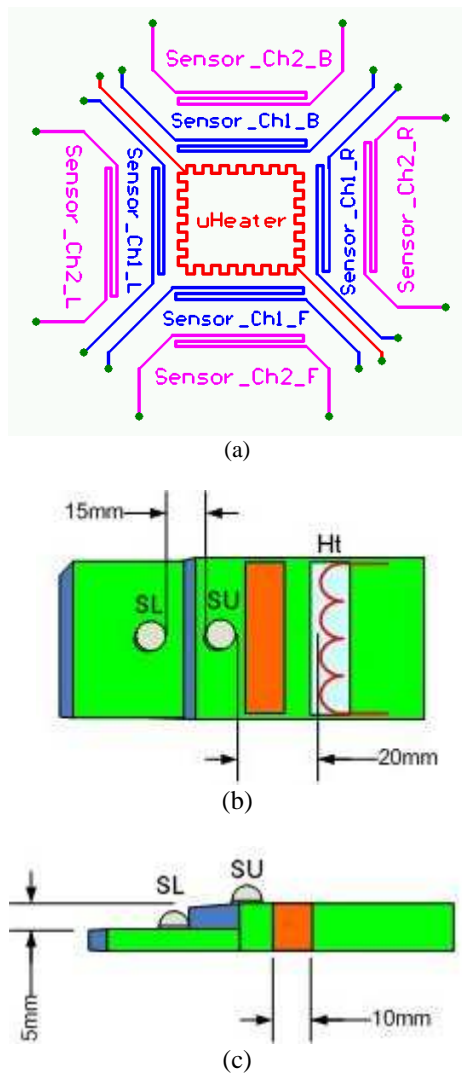
- Q = rate of heat transfer (Btu/hr)
- A = cross-sectional area of heat transfer (ft²)
- Δx = thickness of slab (ft)
- Δr = thickness of cylindrical wall (ft)
- ΔT = temperature difference (°F)
- k = thermal conductivity of slab (Btu/ft-hr-°F)

2. Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan 2 cara, yaitu secara simulasi dan secara eksperimen dalam bentuk fisik makro, kegiatan yang dilakukan sebagai berikut:

Metode simulasi. Proses simulasi yang akan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak LabView V8.5, objek yang akan disimulasikan, yaitu untuk menentukan pola radiasi panas pada material logam dengan bentuk bidang persegi panjang dan bentuk lingkaran.

Metode eksperimen. Eksperimen akan dilakukan dengan cara membuat sensor kemiringan dua kanal berbasis mikro heater dalam skala makro untuk mengetahui/memastikan bahwa pemasangan sensor tempertur pada permukaan yang tidak sama tingginya dapat dipergunakan sebagai sensor kemiringan.



Gambar 1. Bentuk Konstruksi Two Channels Macroheater Tilt Sensor: (a) Susunan Sensor dan Heater untuk 4 Sisi, (b) Potongan Satu Sisi Dilihat dari Atas, (c) Potongan Satu Sisi Dilihat dari Samping (SL= Sensor Lower; SU= Sensor Upper; H = Heater)

Konstruksi rancangan. Konstruksi sensor kemiringan yang dipergunakan dalam eksperimen terlihat seperti Gambar 1(a) sampai Gambar 1(c), komponen utama yang dipakai adalah dua buah sensor temperatur LM 35 tipe TO46 yaitu SU (sensor upper), SL (sensor lower) dan sebuah pemanas Ht (heater) berupa kawat nikelin dengan diameter 0,2 mm dan panjang 20 cm.

4. Hasil dan Pembahasan

Simulasi. Penyusunan blok diagram untuk mensimulasikan pola radiasi panas pada bidang persegi panjang dengan perangkat lunak *LabView* disusun seperti ditunjukkan pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 4.

Dari hasil simulasi tersebut di atas, dengan mengset nilai temperatur awal pada bentuk bidang persegi panjang di sumbu x bagian bawah dan sumbu y bagian kanan diberi temperatur lebih tinggi dari sisi yang lain diperoleh pola radiasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2(b). Dari hasil tampilan tersebut temperatur di sudut antara sisi sumbu x bagian atas dengan sisi sumbu y bagian kiri terlihat tidak terjadi perubahan temperatur, artinya radiasi temperatur yang diberikan kedua sumber panas tidak mencapai di sudut tersebut, sehingga pola radiasi pada bidang persegi panjang penyebarannya tidak merata.

Dan dengan mengset nilai temperatur awal pada bentuk bidang lingkaran datar dan bentuk bidang lingkaran posisi miring dititik tengah (titik pusat) diberi temperatur lebih tinggi, diperoleh pola radiasi seperti ditunjukkan pada Gambar 3(b) dan Gambar 4(b). Dari hasil tampilan tersebut temperatur terjadi perubahan temperatur yang membentuk pola lingkaran, artinya radiasi temperatur dari sumber panas yang diletakkan dititik pusat akan membentuk pola rasiasi lingkaran,, sehingga pola radiasi pada bidang lingkaran penyebarannya sama setiap sudut sesuai jarak yang ditentukan panjang jari-jari lingkaran (r).

Eksperimen. Pada eksperimen akan dilakukan dengan membuat konstruksi sensor kemiringan dalam skala makro, pengambilan data pengujian dilakukan pada perubahan posisi kemiringan 45° dan posisi kemiringan 120° . Hasil eksperimen untuk semua posisi seperti ditunjukkan pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 8.

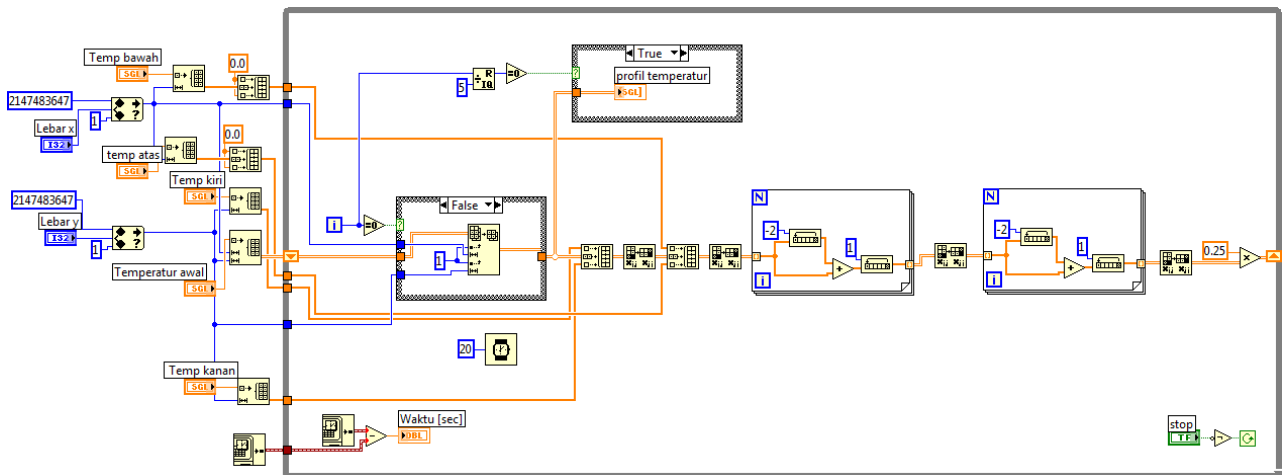
Dari hasil eksperimen di atas, dengan memberikan sumber tegangan 9 Vdc dan arus 0,8 A pada sumber pemanas, akan dilakukan analisis dari hasil pengujian untuk perubahan posisi sudut kemiringan dari 0° ke 45° dan perubahan dari 0° ke 120° .

Perubahan posisi sudut kemiringan dari 0° ke 45° .

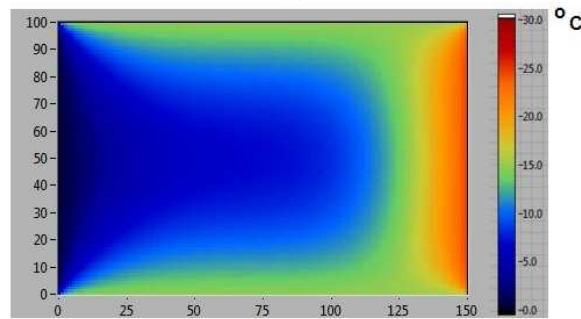
Dari hasil pengujian untuk perubahan posisi sudut kemiringan dari 0° ke 45° dan perubahan dari 0° ke 45° kembali ke 0° diperoleh data pengujian seperti ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 9.

Dari hasil tampilan pada Gambar 5 terlihat bahwa pada sensor lower (SL) terjadi perubahan temperatur yang nilainya lebih kecil dibandingkan perubahan pada sensor upper (SU). Terjadinya perbedaan ini kemungkinan disebabkan dua hal, yaitu a) pertama jarak antara sensor lower lebih jauh dibandingkan jarak sensor upper terhadap sumber panas, b) kedua posisi sensor lower lebih rendah posisinya dibandingkan posisi sensor upper terhadap sumber panas.

Dari hasil tampilan pada Gambar 6 terlihat bahwa perubahan temperatur dari posisi 0° ke 45° responnya jauh lebih cepat (waktu yang diperlukan ± 20 detik)

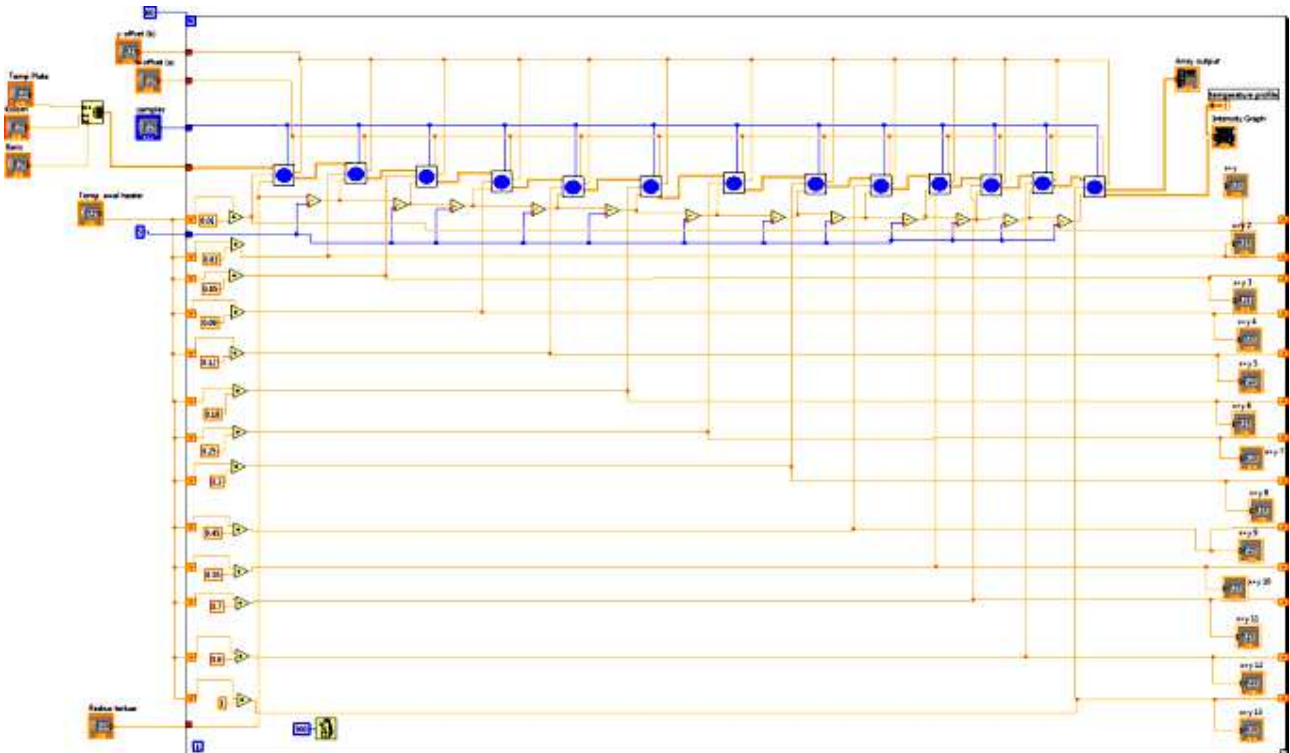


(a)

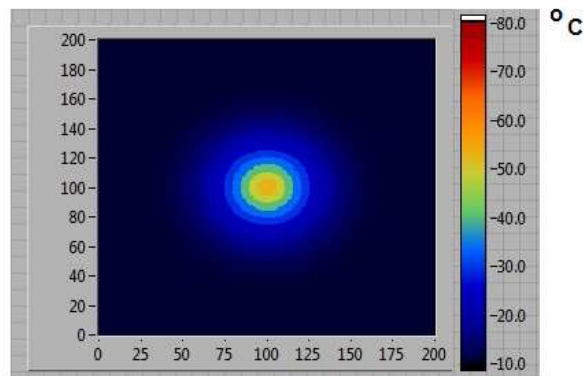


(b)

Gambar 2. (a) Diagram Blok Simulasi Pola Radiasi Panas untuk Bentuk Persegi Panjang, (b) Tampilan Hasil Simulasi Pola Radiasi Panas untuk Bentuk Persegi Panjang

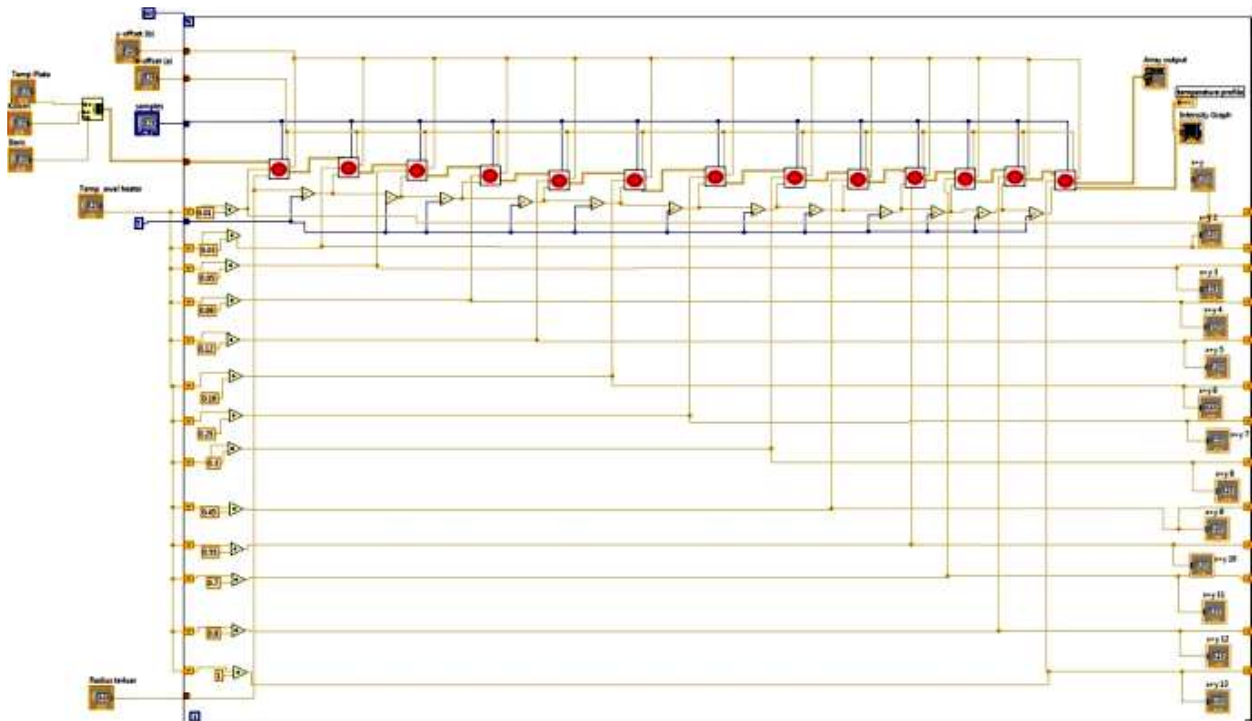


(a)

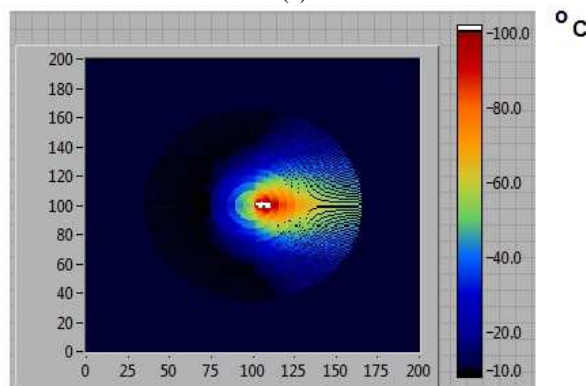


(b)

Gambar 3. (a) Diagram Blok Simulasi Pola Radiasi Panas untuk Bentuk Lingkaran, (b) Hasil Tampilan Simulasi Pola Radiasi Panas untuk Bentuk Lingkaran



(a)



(b)

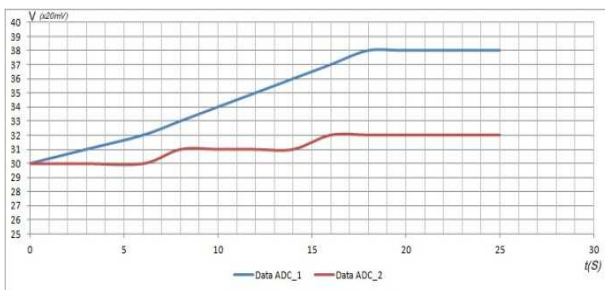
Gambar 4. (a) Diagram Blok Simulasi Pola Radiasi Panas untuk Bentuk Lingkaran Pada Posisi Miring, (b) Tampilan Hasil Simulasi Pola Radiasi Panas untuk Bentuk Lingkaran Pada Posisi Miring

dibandingkan perubahan temperatur dari posisi 45° ke 0° (waktu yang diperlukan ±130 detik). Terjadinya perbedaan ini kemungkinan disebabkan dua hal, yaitu, a) pertama terjadinya perpindahan panas konveksi pada logam pelindung sensor itu sendiri, b) kedua terjadinya akumulasi temperatur di sekitar ruangan yang tertutup, sehingga untuk kembali ke temperatur normal (30°) diperlukan waktu yang lebih lama.

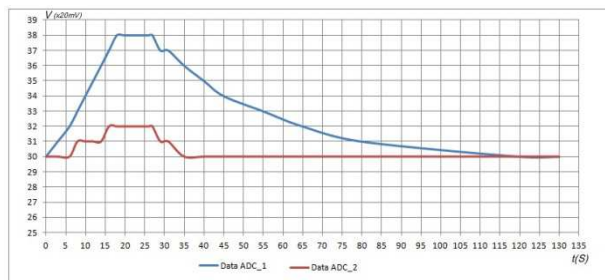
Perubahan posisi sudut kemiringan dari 0° ke 120°. Dari hasil pengujian untuk perubahan posisi sudut kemiringan dari 0° ke 120° dan perubahan dari 120° kembali ke 0° diperoleh data pengujian seperti ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Pada Gambar 7 terlihat bahwa pada sensor *lower* (SL) terjadi perubahan temperatur yang nilainya lebih kecil dibandingkan perubahan pada sensor *upper* (SU). Terjadinya perbedaan ini kemungkinan disebabkan dua hal, yaitu, a) pertama jarak antara *sensor lower* lebih jauh dibandingkan jarak *sensor upper* terhadap sumber panas, b) kedua posisi *sensor lower* lebih rendah posisinya dibandingkan posisi *sensor upper* terhadap sumber panas.

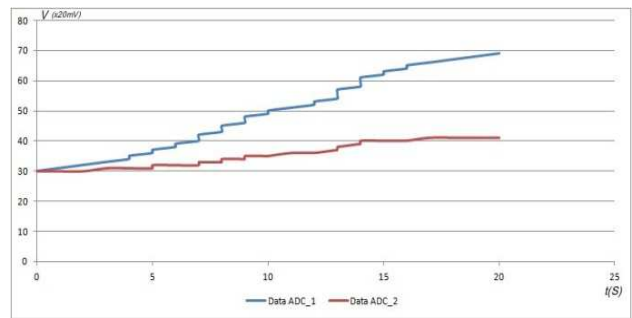
Dari hasil tampilan pada Gambar 8 terlihat bahwa perubahan temperatur dari posisi 0° ke 120° responnya jauh lebih cepat (waktu yang diperlukan ±20 detik) dibandingkan perubahan temperatur dari posisi 120° ke 0° (waktu yang diperlukan ±160 detik). Terjadinya



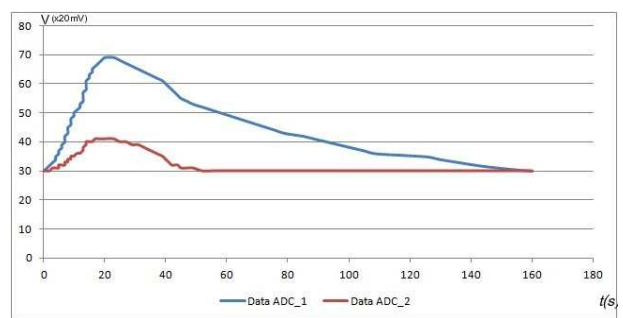
Gambar 5. Kurva Perubahan Temperatur terhadap Waktu Hasil Eksperimen Pembacaan Sensor Upper-Lower dari Posisi 0° ke 45°



Gambar 6. Kurva Perubahan Temperatur terhadap Waktu Hasil Eksperimen Pembacaan Sensor Upper-Lower dari Posisi 0° ke 45° Kembali Posisi 0°



Gambar 7. Kurva Perubahan Temperatur terhadap Waktu Hasil Eksperimen Pembacaan Sensor Upper-Lower dari Posisi 0° ke 120°



Gambar 8. Kurva Perubahan Temperatur terhadap Waktu Hasil Eksperimen Pembacaan Sensor Upper-Lower dari Posisi 120° Kembali Posisi 0°

perbedaan ini kemungkinan disebabkan dua hal, yaitu, a) pertama terjadinya perpindahan panas konveksi pada logam pelindung sensor itu sendiri, b) kedua terjadinya akumulasi temperatur di sekitar ruangan yang tertutup, sehingga untuk kembali ke temperatur normal (30°) diperlukan waktu yang lebih lama.

Dari hasil simulasi, bahwa *sensor lower* (SL) pada sudut kemiringan lebih dari 90° masih bisa merespon temperatur dari sumber panas.

4. Simpulan

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa pola radiasi temperatur dari sumber panas (*heater*) dengan bentuk lingkaran dengan bentuk kotak atau persegi panjang diperoleh hasil yang berbeda.

Dari hasil eksperimen bahwa peletakkan posisi sensor temperatur dengan peletakkan ketinggian yang berbeda terhadap sumber pemanas akan didapatkan perubahan yang berbeda, dan perbedaan tersebut adalah sebagai berikut: a) sensor dengan posisi peletakkan yang lebih rendah akan merespon setelah posisi kemiringan lebih besar/miring, b) waktu perubahan sensor temperatur dari posisi normal (mendatar) ke posisi miring

responnya lebih cepat dibandingkan dari posisi miring ke posisi normal, c) waktu perubahan sensor temperatur (respon) masih sangat lambat (dalam orde satuan detik) baik perubahan naik maupun turun, hal tersebut disebabkan dimensi rancangan masih dalam ukuran makro (pada skala ukuran mm).

Daftar Acuan

- [1] W.S. Janna, Engineering Heat Transfer, 3rd. ed., CRC Press, Boca Raton London, New York Washington, D.C., 2009, p.680.
- [2] J.H. Wu, K.Y. Horng, S.L. Lin, R.-S. Chang, Meas. Sci. Technol. 17 (2006) N9.
- [3] M. Kutz, Heat-Transfer Calculations, McGraw-Hill Education, New York, 2006, p.768.
- [4] L. Zhao, E.M. Yeatman, Proc. Body Sensor Networks, Aachen-Germany, 2007, p.195.
- [5] T.G. Constandinou, J. Georgiou, Circuits and Systems, ISCAS 2008, IEEE International Symposium, Seattle-WA, 2008, p.3158.
- [6] S. Santra, P.K. Guha, S.Z. Ali, I. Haneef, F. Udrea, IEEE Sensors Conference, Lecce, 2008, p.78.
- [7] P. Ituero, J.L. Ayala, M. Lopwz, IEEE Sensors J. 8/12 (2008) 2036.
- [8] F. Udrea, S. Santra, J.W. Gardner, IEEE Semiconductor Conference, CAS 2008, Sinaia, Romania, 1 (2008) 31.
- [9] L. Guo, Q. Liao, S. Wei, The Ninth International Conference on Electronic Measurement & Instruments ICEMI, Beijing, China, 2009, p.350.
- [10] J.C. Choi, C.M. Park, J.K. Kim, H. Jung, S.H. Kong, Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems Conference, Transducers 2009, Denver, CO, USA, 2009, p.300.