

Pengukuran Suhu dengan Variasi Jarak Sampel pada Rancang Bangun Alat Pemanas untuk Eksperimen Surface Plasmon Resonance

Dewanto Kamas Utomo^{1,a)}, Bardan Bulaka^{1,b)} dan Hendro^{2,c)}

¹Magister Pengajaran Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

² Laboratorium Instrumentasi Fisika,
Kelompok Keilmuan Fisika Teoretik Energi Tinggi dan Instrumentasi,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)} dewantokamasutomo@gmail.com (corresponding author)

^{b)} bardanbul@gmail.com

^{c)} hendro@fi.itb.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun alat pemanas sampel in situ dengan pengukuran suhu terhadap variasi jarak sampel untuk eksperimen surface plasmon resonance. Penelitian ini menggunakan alat pemanas yang dibuat dari resistor batang keramik daya 20 watt. Resistor batang keramik dirancang dengan melubangi bagian resistor hingga terlihat lilitan kawat bagian dalamnya. Resistor batang keramik dihubungkan satu daya DC sehingga pada bagian lilitan kawat akan meradiasikan panas jika dialiri arus. Sistem pengukuran panas menggunakan sensor LM35. Alat kontrol yang digunakan yaitu mikrokontroler Arduino Uno R3. Pengukuran suhu dilakukan dengan variasi jarak antara sampel dan alat pemanas sebesar 0.3 cm, 0.6, cm. dan 0.9 cm. Hasil tampilan pengukuran suhu ditampilkan menggunakan front panel pada perangkat lunak LabVIEW. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu suatu rancangan alat pemanas dengan data hasil pengukuran suhu dengan variasi jarak untuk eksperimen surface plasmon resonance.

Kata-kata kunci: Resistor, LM35, Arduino.

PENDAHULUAN

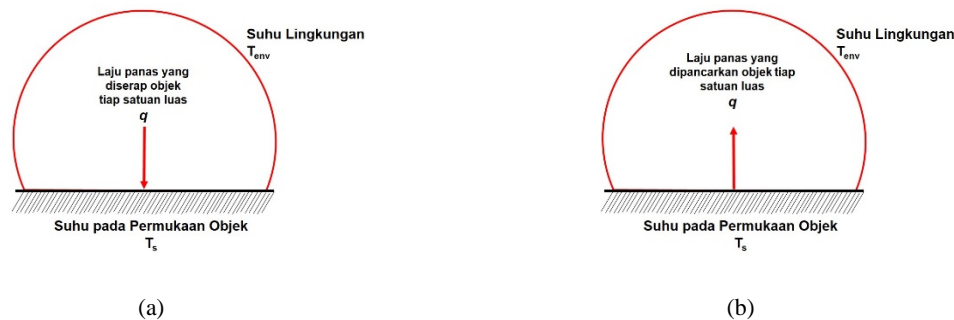
Energi panas dapat berpindah dari suatu benda yang memiliki suhu tinggi (sumber panas) ke suatu benda lainnya yang memiliki suhu rendah. Perpindahan energi panas ini dapat dilakukan secara kontak langsung atau secara radiasi (pancaran). Sistem transfer energi panas diperlukan pada suatu kebutuhan eksperimen *surface plasmon resonance* yang mengharapkan sistem pemanasan langsung (*in situ*) terhadap suatu sampel (benda yang dipanaskan). Alat sumber panas yang dibutuhkan harus memiliki suhu tinggi dan mampu memberikan energi panas secara cepat. Oleh karena itu, alat sumber panas harus memiliki jarak seminimal mungkin agar tidak kontak langsung dengan sampel eksperimen.

Berdasarkan kebutuhan eksperimen tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang desain pemanas sampel melalui sistem transfer energi panas secara radiasi. Suhu sampel harus stabil ketika mencapai suhu yang diinginkan. Oleh karena itu, alat pemanas yang digunakan harus dikontrol suhunya menggunakan

mikrokontroler. Penelitian mengenai pengukuran panas dengan *fitting* 2D telah teruji menggunakan mikrokontroler [1]. Namun, pada penelitian tersebut alat pemanas yang digunakan berdimensi cukup luas sehingga panas belum terfokus secara baik untuk meradiasikan energi panas ke sampel. Pada penelitian ini akan dipelajari pengukuran suhu terhadap variasi jarak antara alat pemanas dan sampel yang dipanaskan.

TRANSFER ENERGI PANAS RADIASI

Radiasi panas merupakan radiasi yang dipancarkan oleh benda akibat suhu yang dimilikinya. Setiap benda yang berada diatas suhu nol absolut akan memancarkan radiasi panas dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Laju P_{abs} suatu objek menyerap energi panas melalui radiasi termal dari lingkungan dan laju P_{rad} suatu objek meradiasikan energi panas melalui radiasi termal ke lingkungan bergantung pada luas permukaan objek dan suhu pada daerah tersebut. Ilustrasi laju panas yang diserap tiap satuan luas pada suatu objek dapat ditunjukkan pada Gambar 1 (a) sedangkan ilustrasi laju panas yang dipancarkan tiap satuan luas pada suatu objek ditunjukkan pada Gambar 1 (b).



Gambar 1. Gambar (a) Ilustrasi laju panas yang diserap tiap satuan luas pada suatu objek. Gambar (b) Ilustrasi laju panas yang dipancarkan tiap satuan luas pada suatu objek.

Persamaan laju P_{abs} suatu objek menyerap energi panas dapat ditunjukkan pada persamaan (1) sedangkan laju P_{rad} suatu objek memancarkan energi radiasi elektromagnetik dapat ditunjukkan pada persamaan (2). Laju P_{abs} dan P_{rad} ini bergantung pada suatu luas permukaan objek dan suhu (Kelvin) T_{abs} dan T_{rad} pada daerah tersebut [2].

$$P_{abs} = \sigma \epsilon T_{abs}^4 \tag{1}$$

$$P_{rad} = \sigma \epsilon T_{rad}^4 \tag{2}$$

Nilai $\sigma = 5.6703 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ merupakan suatu nilai konstanta *Stefan-Boltzmann*. Simbol ϵ merupakan nilai emisivitas permukaan objek yang memiliki nilai 0 sampai 1. Permukaan objek dengan nilai emisivitas 1 adalah permukaan radiator benda hitam namun permukaan dengan nilai tersebut merupakan yang memiliki nilai ideal dan tidak ditemukan di alam.

Alat pemanas yang didesain pada penelitian ini akan meradiasikan panas ke sensor suhu sehingga suhu lingkungan di sekitar sensor suhu akan meningkat. Sensor suhu akan menyerap panas akibat radiasi panas yang dipancarkan oleh alat pemanas. Nilai emisivitas yang diasumsikan pada penelitian ini adalah nilai emisivitas bahan semikonduktor silikon sensor suhu yaitu 0.48 [3]. Nilai emisivitas 0.48 ini dapat digunakan untuk menganalisa laju panas yang diserap oleh sensor suhu tiap luas permukaan menggunakan persamaan (3) sedangkan laju panas yang diradiasikan dapat dianalisa pada persamaan (4). Nilai q pada persamaan (3) dan persamaan (4) merupakan nilai fluks panas yaitu daya yang diserap atau diradiasikan tiap satuan luas permukaan dengan satuan (W/m^2) [4]. Hasil analisa ini dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan laju panas yang diterima sampel pada eksperimen *surface plasmon resonance*.

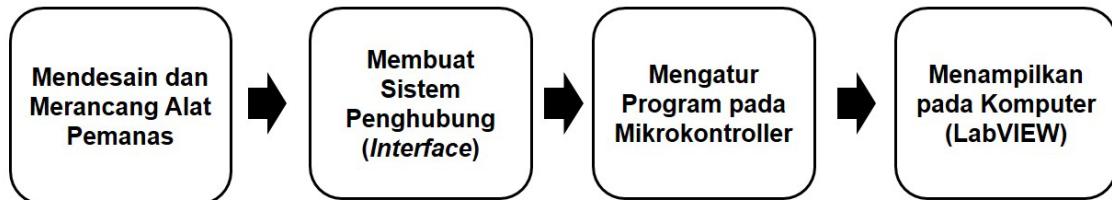
$$q_{abs} = \frac{P_{abs}}{A} = \sigma \varepsilon T_{abs}^4 \quad (3)$$

$$q_{rad} = \frac{P_{rad}}{A} = \sigma \varepsilon T_{rad}^4 \quad (4)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Alat pemanas yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari resistor batang keramik daya 20 watt dengan nilai resistansi 1 ohm. Resistor batang keramik didesain dengan melubangi bagian resistor sampai terlihat lilitan kawat bagian dalam. Resistor batang keramik dihubungkan catu daya DC sehingga pada bagian lilitan kawat akan meradiasikan panas langsung menuju sensor suhu ketika dialiri arus.

Sensor untuk mengukur panas yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor suhu LM35. Karakteristik utama sensor suhu LM35 memiliki faktor skala linier antara tegangan dan suhu dengan nilai 10 mVolt/°C. Jangkauan operasi sensor suhu LM35 adalah -55°C sampai +150°C. Penelitian instrument sistem akuisisi data suhu telah dilakukan sebelumnya menggunakan sensor suhu LM35 yang menunjukkan spesifikasi akurasi 99.6 %, presisi 0.1°C, resolusi 0.1°C, dan sensitivitas 50 mVolt/°C dengan jangkauan pengukuran 0°C – 100°C [5]. Secara umum alur penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 2.

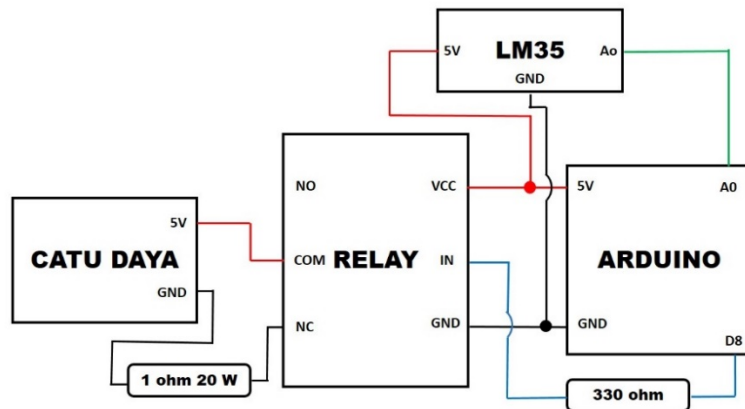


Gambar 2. Blok diagram metode eksperimen

Berdasarkan Gambar 2, tahap pertama yang dilakukan yaitu mendesain dan merancang alat pemanas. Rancang bangun alat dirancang dengan memposisikan posisi sensor suhu LM35 sejajar terhadap bagian resistor batang keramik yang dilubangi sehingga terlihat secara langsung lilitan kawat bagian dalam resistor. Bagian lilitan kawat yang dilubangi pada resistor batang keramik ketika dialiri arus akan meradiasikan panas langsung menuju ke sensor suhu LM35.

Tahap kedua yaitu membuat sistem *interface*. Pada tahap ini signal yang berasal dari sensor suhu LM35 terlebih dahulu harus dikondisikan agar signal tersebut dapat diproses. Dengan kata lain, sistem *interface* merupakan penghubung antara sensor dan *processing device*. Oleh karena itu, sebuah rangkaian *interface* harus memiliki masukan (*input*) yang bersesuaian dengan sensor dan hasil keluarannya (*output*) dapat diproses oleh *processing device*.

Tahap ketiga yaitu mengatur program pada mikrokontroller. Penelitian ini menggunakan mikrokontroller Arduino Uno R3. Untuk mengatur kestabilan panas, penelitian ini menggunakan relay 5V DC dengan arus maksimum 10 A yang terhubung pada mikrokontroller arduino untuk diberikan program kontrol suhu. Secara detail, Gambar 3 menunjukkan skema rancangan alat penelitian.

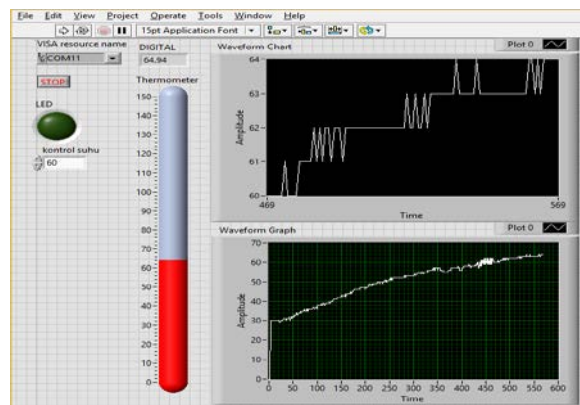


Gambar 3. Skema rancangan alat

Pada tahap keempat yaitu menampilkan hasil proses signal pada komputer menggunakan *front panel* dalam perangkat lunak LabVIEW. Penelitian ini menggunakan komunikasi *VISA Configure Serial Port* untuk menghubungkan *port* arduino ke perangkat lunak LabVIEW. Tahap akhir dari alur penelitian ini yaitu melakukan pengukuran dan analisa hasil pengukuran. Penelitian ini dilakukan dengan dua metode pengukuran. Metode pertama yang dilakukan yaitu pengukuran dengan mengontrol suhu pada nilai tertentu untuk mengetahui nilai *error* (simpangan dari titik kontrol) pada hasil pengukuran. Metode kedua yang dilakukan yaitu dengan membatasi waktu pengukuran ketika melakukan proses pemanasan dan ketika melakukan proses pendinginan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai laju absorpsi panas pada sampel (objek yang menerima energi panas dari lingkungan) dan laju radiasi panas pada sampel (objek yang memancarkan energi panas ke lingkungan). Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu sensor suhu LM35.

HASIL DAN DISKUSI

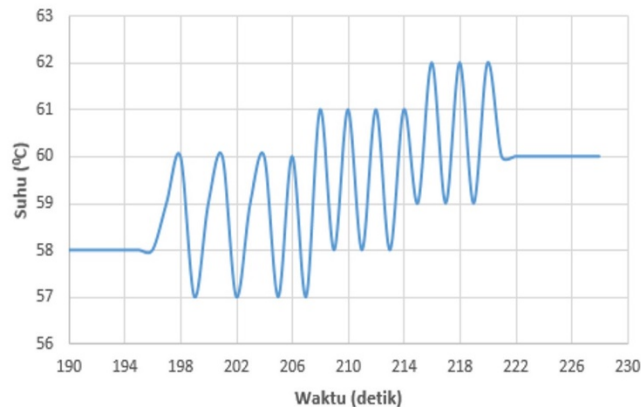
Hasil tampilan pengukuran suhu terhadap waktu dapat ditunjukkan pada *front panel* dalam perangkat lunak LabVIEW seperti Gambar 4. Pengambilan data dimulai ketika program dijalankan dengan melakukan klik tombol *run* dan dihentikan pada waktu tertentu dengan melakukan klik tombol *stop* pada *front panel* dalam perangkat lunak LabVIEW. Data grafik secara otomatis tersimpan pada *drive* komputer berbentuk file *.txt* yang kemudian dapat dianalisis menggunakan *microsoft excel*.



Gambar 4. Hasil tampilan *front panel* dalam perangkat lunak LabVIEW

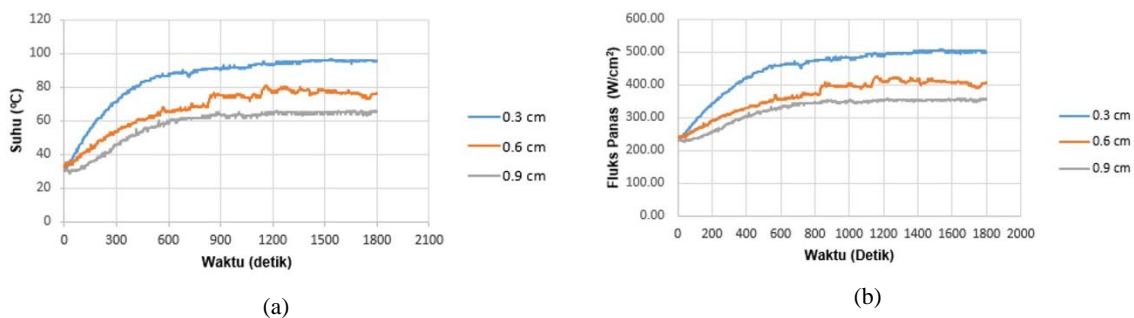
Pengukuran pertama dilakukan dengan mengontrol suhu 60°C pada perangkat lunak LabVIEW dan menganalisa hasil pengukuran. Pengukuran ini dilakukan dengan mengatur jarak 0.3 cm antara lilitan resistor batang keramik dan sensor suhu LM35. Hasil pengukuran suhu kontrol terhadap waktu dapat ditunjukkan

pada Gambar 5. Hasil pengukuran ketika $t=190$ detik hingga $t=228$ detik memiliki simpangan dari titik pengontrolan sebesar 5%.



Gambar 5. Grafik pengontrolan suhu $60^{\circ}C$

Pengukuran kedua dilakukan dengan tiga kali variasi jarak antara lilitan resistor batang keramik terhadap sensor suhu LM35. Variasi jarak yang dilakukan yaitu 0.3 cm, 0.6 cm, dan 0.9 cm. Pengukuran fluks panas pada proses absorpsi dilakukan selama 30 menit atau 1800 detik. Selama 30 menit, resistor akan terus meradiasikan panas sehingga suhu lingkungan disekitar sensor suhu LM35 meningkat. Hasil pengukuran fluks panas terhadap waktu pada proses absorpsi dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



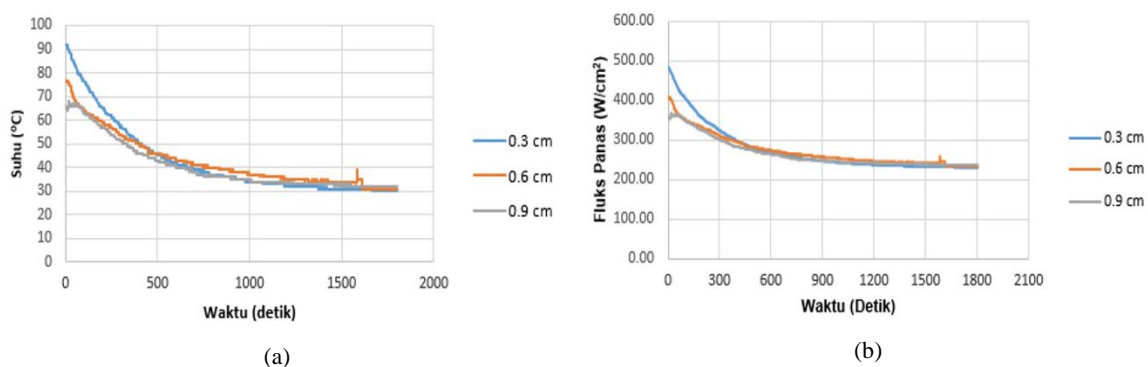
Gambar 6. Gambar (a) Grafik hubungan suhu terhadap waktu pada proses absorpsi. Gambar (b) Grafik hubungan fluks panas terhadap waktu pada proses absorpsi.

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6, fluks panas tertinggi pada proses absorpsi dengan jarak 0.3 cm menunjukkan nilai 499.16 W/cm^2 dengan suhu maksimum $95^{\circ}C$ atau 368 K . Fluks panas maksimum pada proses absorpsi 499.16 W/cm^2 dengan jarak 0.3 cm ini dapat dicapai dengan waktu 19.1 menit atau 1146 detik dari pemanasan yang berawal pada kondisi suhu normal ruangan. Hasil pengukuran kedua pada jarak 0.6 cm menunjukkan fluks panas absorpsi maksimum 403.78 W/cm^2 dengan suhu maksimum $76^{\circ}C$ atau 349 K . Waktu tempuh fluks panas maksimum 403.78 W/cm^2 pada jarak 0.6 cm ini dapat dicapai dengan waktu 29.5 menit atau 1771 detik dari pemanasan yang berawal pada kondisi suhu normal ruangan. Hasil pengukuran ketiga pada jarak 0.9 cm menunjukkan fluks panas absorpsi maksimum 359.46 W/cm^2 dengan suhu maksimum $66^{\circ}C$ atau 339 K . Waktu tempuh fluks panas maksimum 359.46 W/cm^2 pada jarak 0.9 cm ini dapat dicapai dengan waktu 29.75 menit atau 1785 detik dari pemanasan yang berawal pada kondisi suhu normal ruangan.

Berdasarkan analisa grafik pada Gambar 6, hasil pengukuran menunjukkan dari tiga variasi jarak bahwa pada jarak 0.3 cm merupakan jarak terbaik untuk mendapatkan energi panas tercepat dan nilai fluks panas absorpsi tertinggi. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat dianalisa bahwa untuk mendapatkan energi panas

maksimum dapat dilakukan dengan dua cara. Cara pertama yaitu dengan mengatur jarak terkecil mungkin antara lilitan kawat resistor batang keramik dengan sensor suhu LM35. Cara kedua yaitu dengan menggunakan nilai resistansi kecil pada resistor batang keramik atau alat pemanas yang digunakan sehingga arus yang dihasilkan akan menjadi besar untuk mempercepat proses pemanasan.

Pengukuran berikutnya dilakukan selama 30 menit dengan memutuskan arus listrik dari catu daya 5V untuk mengetahui laju radiasi panas yang dipancarkan oleh sensor suhu LM35 ke lingkungan setelah dipanaskan oleh alat pemanas selama 30 menit. Hasil pengukuran fluks panas pada proses radiasi terhadap waktu dapat ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil pengukuran pada jarak 0.3 cm dibutuhkan waktu 27.75 menit atau 1665 detik untuk meradiasikan panas dari nilai fluks panas maksimum 499.16 W/cm^2 dengan suhu maksimum 95°C untuk kembali ke suhu normal ruangan. Pada jarak 0.6 cm dibutuhkan waktu 26.88 menit atau 1613 detik untuk meradiasikan panas dari nilai fluks panas maksimum 403.78 W/cm^2 dengan suhu maksimum 76°C untuk kembali ke suhu normal ruangan. Pada jarak 0.9 cm dibutuhkan waktu 24.26 menit atau 1456 detik untuk meradiasikan panas dari nilai fluks panas maksimum 359.46 W/cm^2 dengan suhu maksimum 66°C untuk kembali ke suhu normal ruangan.



Gambar 7. Gambar (a) Grafik hubungan suhu terhadap waktu pada proses radiasi. Gambar (b) Grafik hubungan fluks panas terhadap waktu pada proses radiasi.

Berdasarkan analisa grafik pada Gambar 7, hasil pengukuran menunjukkan bahwa waktu tempuh yang digunakan untuk kembali ke suhu normal ruangan masih relatif lama. Pada penelitian ini, proses reduksi suhu dari sampel yang telah dipanaskan masih dilakukan tanpa pengaruh pendingin dari luar. Proses reduksi suhu dari sampel bersuhu tinggi untuk kembali pada suhu normal lingkungan dapat dilakukan lebih cepat dengan memberikan pengaruh pendingin dari luar. Salah satu cara yang dilakukan dapat menggunakan *cooler* atau kipas pendingin untuk mempercepat proses radiasi dari sampel yang telah dipanaskan untuk kembali ke suhu normal lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa telah dirancang alat pemanas sampel untuk eksperimen *surface plasmon resonance* dengan spesifikasi alat pemanas terbuat dari resistor batang keramik dengan resistansi 1 ohm daya 20 watt tegangan 5V DC. Hasil penelitian menunjukkan data pengukuran suhu terhadap variasi tiga jarak yaitu 0.3 cm, 0.6 cm dan 0.9 cm antara alat pemanas dan sampel, suhu maksimum yang diterima oleh sampel adalah 95°C , 76°C , dan 66°C . Hasil data pengukuran suhu dengan variasi jarak ini dapat digunakan sebagai referensi data pengukuran untuk pemanasan *in situ* sampel pada eksperimen *surface plasmon resonance*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pak Dadang sebagai Teknisi Bengkel Fisika FMIPA ITB yang telah membantu dalam pembuatan rancang bangun alat pada penelitian ini.

REFERENSI

1. Alfian Yuanata dan Hendro, “Rancang Bangun Sistem Pemanas Untuk Mengkaji Efek Suhu Pada Film Tipis”, Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains ITB (2014).
2. Halliday, D. and Resnick, R, *Fundamental of Physics 9ed.* John Wiley & Sons (2003).
3. H. Madura, H. Polakowski, B. Wiecek. *Spectral Emissivity Evaluation for Material Used In Microelectronics.* QIRT-Eurotherm Series 50-Edizioni ETS-PISA (1997).
4. Peter R. N. Childs. *Practical Temperature Measurement.* Butterworth-Heinemann (2001).
5. Arsul Rahman, Hendro dan Neny Kurniasih, “Rancang Bangun Instrumen Akuisisi Data Temperatur Menggunakan IC LM35DZ dan Mikrokontroler ATMEGA8535 Berbasis Perangkat Lunak LabVIEW.” Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains ITB (2013).