

Analisis Performa Kolektor Surya Pelat Bersirip Dengan Variasi Luasan Permukaan Sirip

Made Sucipta, I Made Suardamana, Ketut Astawa

*Jurusan Tekni Mesin, Universitas Udayana, Kampus Unud, Bukit Jimbaran, Badung 80361 Indonesia
email :awatsa@yahoo.com*

Abstrak

Energi matahari yang sampai ke permukaan bumi, dapat dikumpulkan dan diubah menjadi energi panas yang berguna melalui bantuan suatu alat yang disebut kolektor surya. Ada beberapa tipe kolektor surya, salah satu diantaranya yang sudah banyak dikenal adalah kolektor surya pelat datar. Jenis kolektor ini menggunakan pelat berupa lembaran, yang berfungsi untuk menyerap pancaran energi matahari yang datang dan memindahkan panas yang diterima tersebut ke fluida kerja.

Untuk meningkatkan performa kolektor surya tersebut, dilakukan modifikasi pada pelat penyerapnya. Modifikasi yang dilakukan adalah dengan menambahkan sirip pada pelat tersebut. Sirip yang ditambahkan, diletakkan menempel pada bagian atas atau pada bagian bawah pelat penyerap, disesuaikan dengan letak aliran udaranya. Untuk mengetahui pengaruh peletakan tersebut, dilakukan pengujian perbandingan menggunakan dua buah kolektor untuk aliran udara di atas dan di bawah pelat penyerap dengan laju aliran massa dan luas permukaan sirip yang sama pada kedua kolektor. Pengujian juga menggunakan tiga variasi luas permukaan sirip, yang ditunjukkan oleh panjang pendeknya sirip yaitu 2,5 cm, 5 cm, dan 7,5 cm.

Dari hasil pengujian dan perhitungan yang dilakukan, kolektor dengan letak aliran udara di atas pelat penyerap menghasilkan temperatur keluaran dan energi berguna yang lebih besar dibandingkan kolektor dengan aliran di bawah pelat penyerap, untuk seluruh variasi luas permukaan sirip pada laju aliran massa udara yang sama.

Kata Kunci : *Kolektor surya pelat datar, Penambahan Sirip, Letak Aliran Udara, Luas Permukaan sirip, Energi berguna*

1. PENDAHULUAN

Energi radiasi matahari merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan guna menggantikan energi yang dihasilkan oleh minyak bumi. Sejak dulu, energi matahari menjadi sumber penerangan di siang hari, dan juga banyak dimanfaatkan untuk mengeringkan hasil pertanian, pakaian, kayu, memanaskan air, dan lain-lain. Suatu karunia Indonesia yang terletak pada daerah khatulistiwa, dimana tersedia energi matahari hampir di sepanjang waktu.

Sebagai salah satu sumber energi alternatif, energi matahari sudah semakin luas penggunaannya. Salah satu pemanfaatannya adalah dengan menggunakan alat yang disebut kolektor surya. Saat ini, telah dikembangkan kolektor surya pelat datar untuk pemanasan udara. Kolektor ini, menggunakan pelat berbentuk lembaran yang berfungsi untuk menyerap pancaran energi matahari yang datang dan memindahkan kalor yang diterima tersebut ke fluida kerja yaitu udara.

Pada bagian atas kolektor, digunakan penutup transparan untuk menimbulkan terjadinya efek rumah kaca. Agar tidak terjadi kerugian panas kelingkuangan pada bagian bawah dan samping dari kolektor suryanya diberi isolator.

Untuk meningkatkan kinerja dari kolektor surya ini, perlu untuk dilakukan modifikasi pada kolektor tersebut. Ada beberapa modifikasi yang dapat dilakukan, salah satunya adalah dengan menambahkan sirip pada bidang penyerapan dari kolektor surya tersebut. Dengan cara ini, maka akan didapatkan permukaan perpindahan panas yang lebih luas sehingga energi matahari yang dapat diserap dan dipindahkan ke fluida kerja nantinya akan semakin besar [1].

Alternatif peletakan sirip yang dapat dilakukan yaitu menempel pada bagian atas atau pada bagian bawah pelat penyerap. Masing-masing peletakan mempunyai kelebihan dan kekurangan. Untuk peletakan sirip pada bagian atas, akan terjadi penyerapan energi matahari yang lebih besar. Ini terjadi karena permukaan bidang timpaan sinar matahari yang lebih luas. Letak fluida kerja yang berada di bagian atas pelat penyerap dan permukaan perpindahan panas yang luas mengakibatkan terjadi perpindahan panas yang besar ke fluida kerja. Tetapi, karena adanya kontak langsung yang terjadi antara fluida kerja dengan kaca penutup menyebabkan panas yang terbuang ke lingkungan melalui kaca penutup juga besar. Sedangkan untuk peletakan sirip pada bagian bawah, energi matahari yang terserap akan lebih sedikit karena luas bidang timpaannya yang tidak mengalami

perubahan yaitu masih sama dengan bidang timpaan untuk kolektor surya pelat datar standar. Letak fluida kerja yang berada di bawah pelat penyerap menyebabkan tidak terjadi kontak langsung antara fluida kerja dengan kaca penutup. Hal ini akan mengurangi terjadinya pelepasan panas ke lingkungan melalui kaca penutup tersebut. Sehingga panas yang terserap akan dapat dipindahkan sepenuhnya oleh fluida kerja, dengan asumsi bahwa pada bagian samping dan bawah kolektor terisolasi sempurna.

Di samping karena peletakan, perbedaan luasan permukaan sirip yang ditunjukkan oleh tinggi-rendahnya sirip akan menyebabkan pengaruh perpindahan panas yang berbeda. Dalam pelat penyerap yang bersirip, distribusi temperaturnya *asymptotic* menuju ke arah ujung sirip. Semakin ke ujung, selisih perbedaan temperatur antara sirip dengan fluida sekelilingnya akan semakin kecil. Untuk peletakan pada bagian atas pelat penyerap, semakin tinggi sirip maka semakin luas bidang timpaan sinar matahari yang diperoleh. Ini juga berarti panas yang terserap dan dipindahkan ke fluida kerja akan semakin besar. Tetapi jika terlalu tinggi, sampai terlalu dekat dengan kaca penutup, maka ada kemungkinan untuk terjadi kehilangan panas yang lebih besar melalui kaca penutup tersebut. Untuk peletakan pada bagian bawah, perbedaan tinggi sirip tidak akan berpengaruh pada luas bidang timpaannya, melainkan akan berpengaruh pada luasan perpindahan panasnya. Semakin luas permukaan sirip, maka panas yang mampu dipindahkan akan semakin banyak. Tetapi, sesuai dengan asumsi distribusi temperatur *asymptotic*, hal tersebut hanya berlaku sampai tinggi tertentu saja. Sehingga untuk mengetahui tinggi yang optimal dari sirip tersebut, perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut.

2. DASAR TEORI

Penelitian dilakukan pada kolektor surya untuk pemanas udara dengan luas 1 m². Panjang kolektor adalah 2 m dan lebarnya adalah 0,5 m. Sedangkan untuk kedalaman saluran udaranya masing-masing adalah 0,08 m. Adapun skema dari kolektor surya pemanas udara pelat datar standar yang akan digunakan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kolektor surya pelat datar untuk pemanas udara.

Dari gambar 1, prinsip kerja kolektor surya pemanas udara tenaga matahari dapat dijelaskan sebagai berikut. Berkas radiasi matahari yang menimpa kolektor pertama akan menembus penutup transparan kemudian menimpa pelat. Sebagaimana radiasi akan dipantulkan kembali menuju penutup transparan dan sebagian lagi akan diserap oleh pelat penyerap. Radiasi yang dipantulkan ke penutup beberapa akan dipantulkan kembali ke pelat penyerap, sehingga terjadi pemantulan berulang. Radiasi yang diserap oleh pelat penyerap, akan dirubah menjadi energi panas dan ditransmisikan ke fluida kerja yang mengalir di bawah pelat penyerap.

Untuk mengetahui pengaruh perubahan kecepatan fluida kerjanya yaitu udara, maka akan dilakukan variasi terhadap laju aliran massa udaranya.

Selanjutnya, untuk mengetahui performa kolektor surya pelat bersirip ke bawah pada penelitian ini, akan dilakukan pengukuran secara langsung pada temperatur udara keluaran kolektor dan menghitung besarnya energi berguna yang diperoleh.

Besarnya energi berguna yang diperoleh akan dihitung melalui persamaan:

$$Q_{u,a} = \dot{m} \cdot c_p (T_o - T_i)$$

dimana :

$Q_{u,a}$ = energi berguna kolektor sebenarnya tiap satuan luas (W/m²)

\dot{m} = laju aliran massa fluida (kg/s)

c_p = panas jenis fluida (J/kg.K), nilai c_p didapat dari properties fluida berdasarkan temperatur

$$(T_{film} = \frac{T_o + T_i}{2})$$

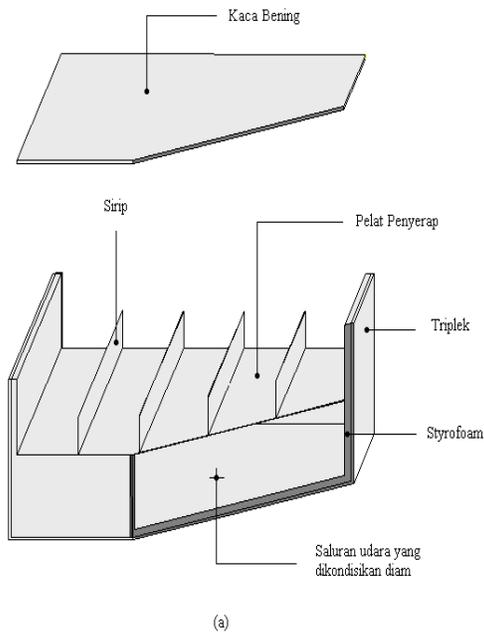
T_i = temperatur fluida masuk (K).

T_o = temperatur fluida keluar (K).

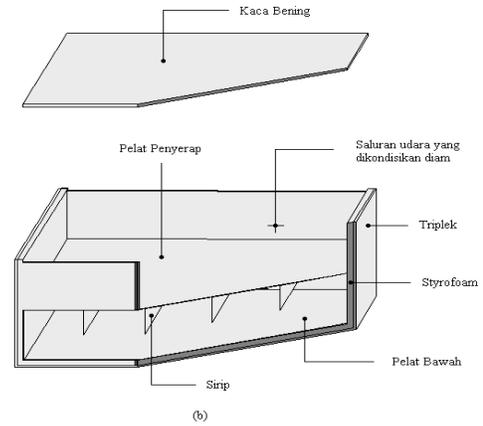
3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, akan diuji penambahan sirip pada kolektor surya pelat datar untuk pemanas udara. Pengujian dilakukan secara eksperimental yang dimulai dari studi literatur dan persiapan alat. Pertama, akan di buat dua buah kolektor surya. Kolektor pertama menggunakan pelat penyerap berupa lembaran yang ditambahkan sirip pada bagian atasnya dan akan disebut kolektor surya bersirip ke atas, sedangkan kolektor kedua adalah kolektor dengan pelat penyerap yang ditambahkan sirip pada bagian bawahnya. Untuk kolektor kedua ini selanjutnya akan disebut kolektor surya pelat bersirip ke bawah.

Untuk konstruksi dari kolektor ini hampir sama untuk ke dua jenis peletakan sirip pada masing-masing pelat penyerap. Bedanya terdapat pada udara yang dikondisikan diam. Pada masing-masing kolektor terdapat dua saluran udara yaitu saluran untuk udara mengalir (fluida kerja) dan saluran untuk udara yang dikondisikan diam. Pada peletakan sirip bagian atas, kondisi udara diam berada di bawah udara mengalir, yaitu di antara pelat penyerap dengan permukaan pelat bawah. Sedangkan untuk peletakan sirip pada bagian bawah pelat penyerap, udara yang dikondisikan ini berada di atas udara mengalir, yaitu di antara permukaan bawah kaca dengan pelat penyerap. Untuk kedalaman saluran udara yang dikondisikan ini sama dengan kedalaman saluran untuk udara mengalir yaitu 8 cm. Ini dilakukan untuk menyetarakan aliran fluida kerja untuk kedua jenis peletakan sirip. Adapun konstruksi dan bahan-bahan penyusun pada kolektor surya tersebut ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3 berikut :



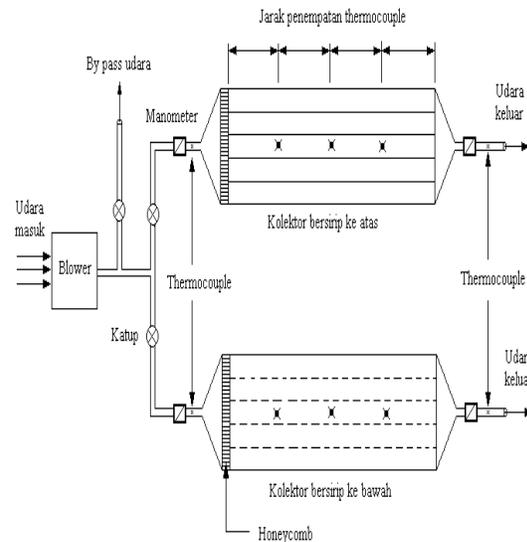
Gambar 2. Kolektor bersirip ke atas



Gambar 3. Kolektor bersirip ke atas

Besarnya luasan kolektor dipilih adalah 1 m^2 , yaitu lebar kolektor, $W = 0,5 \text{ m}$ dan panjang kolektor, $L_c = 2 \text{ m}$. Pelat penyerap, sirip, dan pelat bawah menggunakan pelat besi dengan ketebalan $1,2 \text{ mm}$ yang dicat hitam kusam (*doff*). Untuk penutup transparannya menggunakan kaca bening dengan ketebalan sebesar 5 mm . Bagian bawah dan samping kolektor diberi isolasi yang terdiri dari gabus (*styrofoam*) dengan ketebalan 10 mm dan triplek dengan ketebalan 4 cm . Saluran udara dengan kedalaman 8 cm . Untuk jumlah sirip yang digunakan pada kolektor pelat bersirip ke bawah adalah 4 buah, dengan jarak peletakan sirip sama, baik antar sirip maupun dengan isolasi samping. Sifat-sifat fisik material penyusun kolektor ini diperoleh dari Ref. [1]

Pada pengujian yang dilakukan, kolektor akan dipasang secara paralel dan diuji secara bersamaan, skema pengujiannya ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 4. Skema pengujian kolektor.

Pada penelitian ini digunakan tiga variasi luasan permukaan sirip. Dimana untuk luas permukaan sirip ini dapat ditunjukkan oleh tinggi-rendahnya sirip, t_s . Dengan demikian, untuk mewakili variasi luas permukaan sirip ini digunakan tiga (3) variasi tinggi sirip yaitu: $t_{s,1} = 2,5$ cm; $t_{s,2} = 5$ cm; dan $t_{s,3} = 7,5$ cm

Dari pengujian yang dilakukan akan diperoleh besarnya temperatur udara keluaran kolektor. Dan melalui perhitungan akan diperoleh besarnya perbandingan energi berguna pada masing-masing kolektor

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

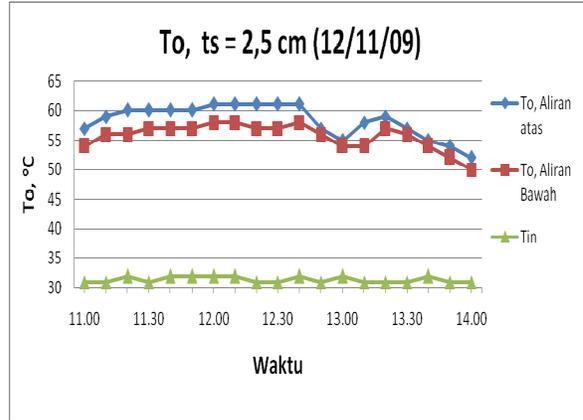
Pengambilan data dilakukan selama dua hari untuk masing-masing variasi luasan permukaan sirip yang sama.

Untuk pengujian yang dilakukan pada masing-masing tinggi sirip yang sama didapatkan bahwa, temperatur keluaran kolektor untuk aliran udara di atas pelat penyerap lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur keluaran kolektor aliran di bawah pelat penyerap. Ini terjadi untuk semua variasi luasan permukaan sirip

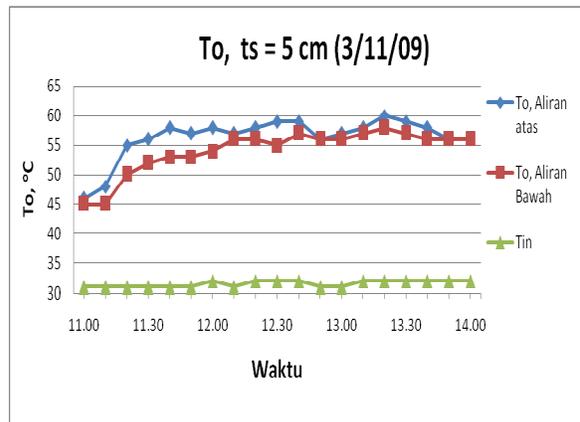
Besarnya temperatur udara keluaran kolektor dipengaruhi oleh besarnya radiasi matahari yang dapat diserap oleh pelat penyerap melalui bidang timpaan sinar radiasi matahari yang dimiliki. Bidang timpaan sinar radiasi matahari yang lebih luas, akan dapat menyerap lebih banyak panas matahari, sebaliknya bidang timpaan yang lebih sempit akan akan menyerap lebih sedikit panas matahari.

Adanya perbedaan peletakan sirip, mengakibatkan terjadinya perbedaan bidang timpaan sinar radiasi matahari pada pelat penyerap. Pada kolektor dengan aliran di atas pelat penyerap, selain memperluas bidang timpaan radiasi sinar matahari sirip juga akan memperluas bidang perpindahan panas ke udara. Sedangkan untuk aliran di bawah pelat penyerap, sirip yang terpasang tidak memperluas bidang timpaan, tetapi hanya memperluas bidang perpindahan panasnya saja.

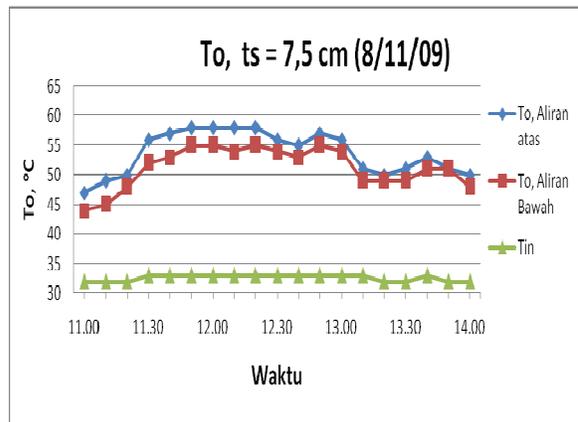
Dengan bidang timpaan radiasi sinar matahari yang lebih luas, kolektor dengan aliran udara di atas pelat penyerap akan menghasilkan temperatur udara keluaran yang lebih tinggi dibandingkan kolektor dengan aliran udara di bawah pelat penyerap. Pengamatannya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5.a. Perbandingan temperatur udara keluar aktual dan udara masuk untuk tinggi sirip 2,5 cm

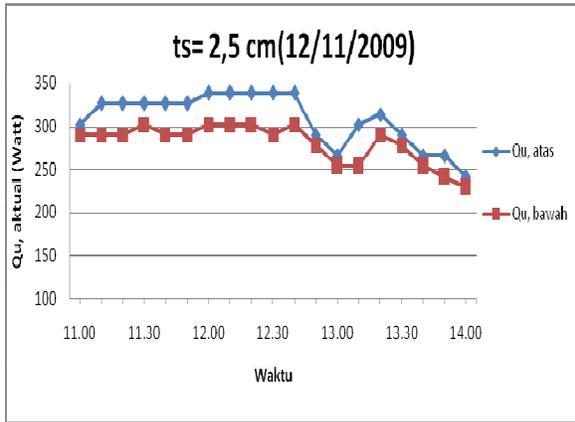


Gambar 5.b. Perbandingan temperatur udara keluar aktual dan udara masuk untuk tinggi sirip 5 cm

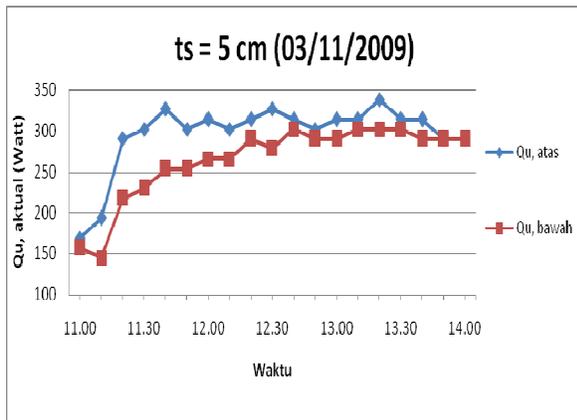


Gambar 5.c. Perbandingan temperatur udara keluar aktual dan udara masuk untuk tinggi sirip 7,5 cm

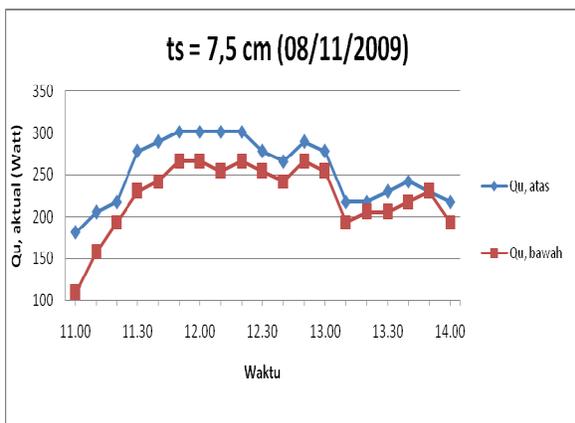
Dari hasil perhitungan untuk energi bergunanya didapatkan hasil sebagai berikut.



Gambar 6. a. Perbandingan energi berguna aktual untuk kolektor dengan tinggi sirip 2,5 cm



Gambar 6. b. Perbandingan energi berguna aktual untuk kolektor dengan tinggi sirip 5 cm



Gambar 6. b. Perbandingan energi berguna aktual untuk kolektor dengan tinggi sirip 7,5 cm

Dari persamaan energi berguna, didapatkan bahwa besarnya energi berguna yang dihasilkan

merupakan fungsi dari laju aliran massa udara, koefisien panas jenis udara dan selisih udara keluaran kolektor dengan udara masuk. Jika laju aliran massa udara pada kedua kolektor adalah sama, koefisien panas jenis udara dan udara masuk kolektor diasumsikan relatif sama karena memiliki selisih yang tidak terlalu jauh. Maka, besarnya energi berguna aktual hanya dipengaruhi oleh selisih temperatur udara keluarannya. Dengan temperatur udara keluaran yang lebih tinggi maka energi bergunanya juga lebih besar.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan perhitungan yang telah dilaksanakan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk ketiga variasi luasan permukaan sirip yang diuji pada laju aliran massa yang sama, diperoleh temperatur udara keluaran kolektor untuk kolektor dengan aliran udara di atas pelat penyerap lebih tinggi dibandingkan temperatur udara keluar kolektor dengan aliran udara di bawah pelat penyerap.
2. Kolektor dengan aliran udara di atas pelat penyerap menghasilkan energi berguna lebih besar dibandingkan kolektor dengan aliran udara di bawah pelat penyerap, untuk ketiga variasi luasan permukaan sirip.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Duffie, J. A., and Backman, W. A., (1991), *Solar Enggining of Thermal Processes*, 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc, New York
- [2]. Incropera, F. P., and De Witt, D. P., (1994), *Fundamental of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons, Inc, Singapore
- [3]. Murti, M. R., (2006), Diktat Perpindahan Panas I , Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali
- [4]. Sucipta, M., (2001), Analisa Pengaruh Variasi Tinggi dan Jumlah Sirip dengan Luasan Permukaan Sirip Tetap Terhadap Unjuk Kerja Alat Pemanas Udara Tenaga Matahari, Thesis, Program Paska Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya