

**EFEK GRAIN SIZE AMPLAS TERHADAP
PENINGKATAN ABSORPTIVITAS PELAT
KOLEKTOR SURYA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Mesin**



Disusun oleh:

Nama : BERNADUS HERY SETYO NUGROHO

NIM : 025214016

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2007**

THE EFFECT OF SANDPAPER GRAIN SIZE ON SOLAR COLLECTOR PLATE

FINAL PROJECT
Presented as Partial Fulfillment of the Requirements
to Obtain the *Sarjana Teknik* Degree
in Mechanical Engineering



By :

BERNADUS HERY SETYO NUGROHO

Student Number : 025214016

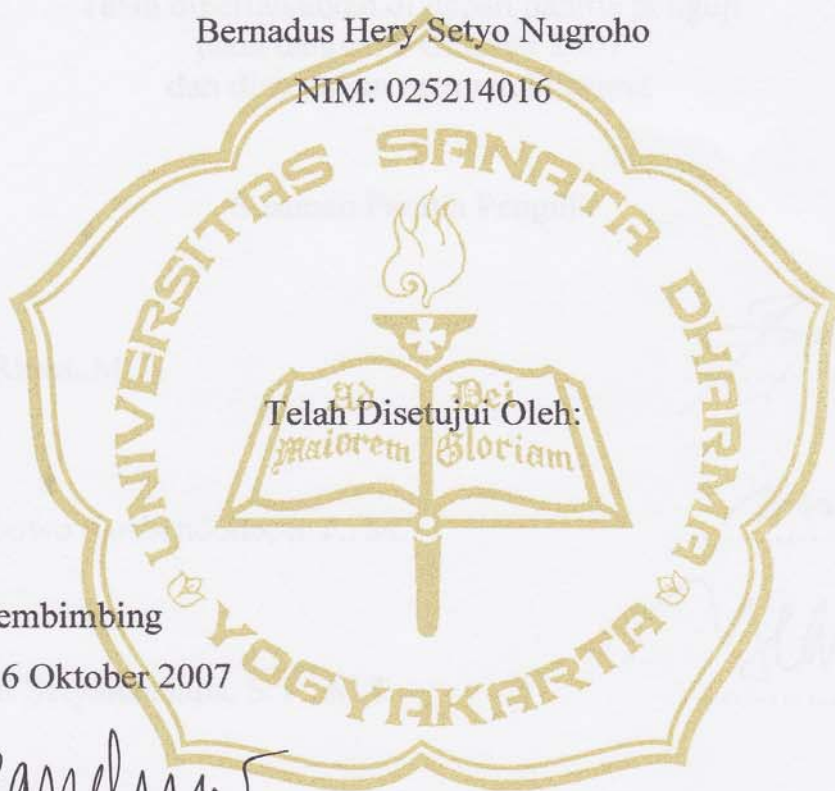
MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
SCIENCE AND TECHNOLOGY FACULTY
SANATA DHARMA UNIVERSITY
YOGYAKARTA
2007

TUGAS AKHIR
EFEK GRAIN SIZE AMPLAS TERHADAP
PENINGKATAN ABSORPTIVITAS PELAT
KOLEKTOR SURYA

Disusun oleh:

Bernadus Hery Setyo Nugroho

NIM: 025214016



Telah Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing
Tanggal 6 Oktober 2007

Budi Setyahandana, S.T., M.T.

TUGAS AKHIR

EFEK GRAIN SIZE AMPLAS TERHADAP PENINGKATAN ABSORPTIVITAS PELAT KOLEKTOR SURYA

Dipersiapkan dan ditulis oleh:

Bernadus Hery Setyo Nugroho
NIM: 025214016

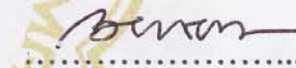
Telah dipertahankan di depan panitia penguji
pada tanggal 6 Oktober 2007
dan dinyatakan memenuhi syarat

Susunan Panitia Penguji

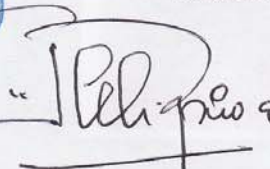
Ketua : Ir. Rines, M.T.

Sekretaris : Wibowo Kusbandono, S.T., M.T.

Anggota : Budi Setyahandana, S.T., M.T.



Yogyakarta, 8 Oktober 2007
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Sanata Dharma
Yogyakarta
Dekan



(Ir. Greg. Heliarko SJ., S.S., B.S.T., M.A., M.Sc.)

Special thanks to :

Jesus Christ

Papa FX. Slamet Sunyoto

Mama MM. Sri Wuryaningsih

Kakak Antonius Heru Wijatmiko, Amd.

Gina Aristasari, S.E.

Temen-temen TM '02 :

ateng, tombel, bendot, si-sur, baja, rony, kiR_, jembenk,

sarno, sengir, tapir, choky, nano, wedhuz, ucup, cb,

cu_penthong, subangyo, landung, simbah,

plankton, Lkz, aLex, buddybutton,

candra, ippi', agiet

&

My soulmate Santi...



i love you...

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 5 Oktober 2007
Penulis

Bernadus Hery Setyo Nugroho

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan bagi Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kasih karunianya yang besar, yang senantiasa selalu menuntun langkah demi langkah hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar sarjana Teknik di jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih atas segala bantuan yang berupa moril maupun materiil dari semua pihak terutama kepada:

1. Romo Ir. Greg. Heliarko SJ.,S.S.,B.S.T.,M.A.,M.Sc., Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
2. Bapak Budi Setyahandana, S.T., M.T., Dosen Pembimbing yang telah membimbing dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Laboran Laboratorium Teknologi Mekanik dan Laboratorium Perpindahan Panas Universitas Sanata Dharma yang telah membantu penelitian penulis.
4. Segenap dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin FT-USD yang telah membantu dan selalu membimbing dalam masa-masa kuliah.
5. Segenap Keluarga Besar FX. Slamet Sunyoto (Papa), MM. Sri Wuryaningsih (Mama) dan Antonius Heru, Amd. (Kakak) atas segala doa dan dukungan moral dan materi yang diberikan secara tulus ikhlas.

Tiada kata yang bisa penulis ucapkan selain terima kasih dan semoga Tuhan selalu memberkati dan membalas segala kebaikan anda semua.

Demikian usaha yang telah penulis lakukan sudah semaksimal mungkin, namun penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu dengan terbuka dan senang hati menerima saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kemajuan yang akan datang.

Semoga penulisan Tugas Akhir ini dapat berguna dan memberikan wawasan lebih tentang ilmu pengetahuan dan teknologi bagi semua pembaca.

Yogyakarta, 5 Oktober 2007

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI DAN DEKAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
INTISARI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Batasan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1. Pengertian.....	5
2.2. Perpindahan Kalor.....	6
2.2.1. Perpindahan Kalor Konduksi.....	6
2.2.2. Perpindahan Kalor Konveksi.....	6
2.2.3. Perpindahan Kalor Radiasi.....	7

2.3. Pelat Absorber.....	11
2.3.1. Pembuatan Permukaan Selektif.....	12
2.3.2. Bahan Pelat Absorber.....	14
2.4. Aluminium.....	14
2.4.1. Jenis-Jenis Aluminium Dan Paduannya.....	15
2.4.2. Unsur-unsur Kandungan Pada Aluminium.....	19
2.5. Amplas.....	23
2.5.1. Abrasif.....	24
2.5.2. Amplas.....	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	26
3.2. Bahan.....	27
3.3. Proses Pengamplasan.....	27
3.4. Pengujian Bahan.....	29
3.4.1. Pengujian Absorptivitas Surya.....	29
3.4.2. Pengujian Emisivitas Thermal.....	31
3.4.3. Pengujian dengan Sinar Matahari.....	34
BAB IV DATA PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1. Analisis Pengujian Absorptivitas.....	37
4.2. Analisis Pengujian Emisivitas.....	40
4.3. Analisis Pengujian dengan Sinar Matahari Dan Halogen.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN PENUTUP.....	51
5.1. Kesimpulan.....	51

5.2. Penutup.....	52
5.3. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi Paduan Aluminium Cor.....	18
Tabel 2.2. Klasifikasi Paduan Aluminium Tempa.....	19
Tabel 2.3. Klasifikasi Dari Abrasif.....	24
Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Absorptivitas Surya Material Awal.....	37
Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Absorptivitas Surya Benda Dicat Hitam.....	37
Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian Absorptivitas Surya Amplas 1500.....	37
Tabel 4.4. Data Hasil Pengujian Absorptivitas Surya Amplas 2000.....	38
Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian Emisivitas Thermal Material Awal.....	40
Tabel 4.6. Data Hasil Pengujian Emisivitas Thermal Benda Dicat Hitam.....	41
Tabel 4.7. Data Hasil Pengujian Emisivitas Thermal Amplas 1500.....	41
Tabel 4.8. Data Hasil Pengujian Emisivitas Thermal Amplas 2000.....	42
Tabel 4.9. Data Hasil Pengujian dengan Sinar Matahari.....	45
Tabel 4.10. Data Hasil Pengujian dengan Halogen.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sudut Azimut dan Sudut Polar.....	8
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian.....	26
Gambar 3.2. Bentuk Benda Uji.....	27
Gambar 3.3. Penempatan Spesimen.....	28
Gambar 3.4. Mesin Amplas M-2500.....	28
Gambar 3.5. Alat Pengujian Absorptivitas.....	30
Gambar 3.6. Pemasangan Spesimen.....	32
Gambar 3.7. Panel Indikator.....	33
Gambar 3.8. Pemasangan Spesimen.....	35
Gambar 4.1. Diagram Absorptivitas Untuk Seluruh Spesimen.....	39
Gambar 4.2. Diagram Emisivitas Untuk Seluruh Spesimen.....	44
Gambar 4.3. Diagram Pemanasan Dengan Sinar Matahari Terhadap Waktu.....	46
Gambar 4.4. Diagram Pemanasan Dengan Halogen Terhadap Waktu.....	48
Gambar 4.5. Foto Permukaan Aluminium.....	49

INTISARI

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pengamplasan dengan variasi kekasaran amplas dan waktu pengamplasan terhadap absorptivitas dan emisivitas pelat aluminium. Bahan yang dipakai adalah pelat aluminium dengan tebal 2 mm.

Dalam pembuatan spesimen ada 6 variasi pengamplasan dan waktu. Sebagai dasar perlakuan mula-mula semua spesimen diampelas dasar dengan ukuran 600 dan 1000 sampai terlihat hitam, setelah itu baru dilakukan perlakuan dengan variasi amplas dan waktu. Untuk variasi A ada 3 spesimen dengan proses pengamplasan yang sama yaitu menggunakan amplas ukuran 1500. Perbedaannya adalah waktu pengamplasan benda tersebut, untuk variasi A1 10 menit, A2 20 menit dan A3 30 menit. Untuk variasi B ada 3 spesimen dengan perlakuan yang sama dengan variasi A, yang membedakan adalah jenis ukuran amplas yaitu 2000, untuk variasi B1 10 menit, B2 20 menit dan B3 30 menit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *grinding* (permukaan dikasarkan dengan cara diampelas) dapat meningkatkan absorptivitas 5 - 7 kali lipat, emisivitas juga meningkat 2 - 3 kali lipat serta kenaikan suhu yang diserap benda uji 2 °C - 10 °C dibandingkan dengan Al tanpa perlakuan. Dalam pengujian ini waktu pengamplasan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap besar kecilnya nilai absorptivitas dan emisivitas serta suhu yang diserap benda uji.

Kata kunci : absorptivitas, emisivitas, reflektivitas

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi semua makhluk hidup dan kita manusia adalah energi. Energi yang banyak digunakan untuk saat ini adalah minyak bumi dan batu bara dimana energi tersebut berasal dari alam sendiri, energi tersebut masih merupakan energi yang utama yang banyak dipakai. Namun seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk yang meningkat begitu cepat membuat orang semakin besar untuk memanfaatkan energi yang tersimpan di perut bumi sementara cadangan energi fosil yang ada di perut bumi semakin berkurang jumlahnya maka suatu saat akan habis.

Maka hal ini membuat orang semakin berpikir kreatif dan berusaha untuk menyelesaikan masalah krisis energi yang mungkin akan terjadi dengan mencari solusi sumber energi pengganti yang banyak tersedia di alam, sebagai jawaban yang tepat untuk dipilih sebagai sumber energi pengganti energi fosil dimasa mendatang yang keberadaannya tidak akan habis, cuma-cuma, ramah lingkungan dan masih melimpah. Energi yang berpotensi untuk dimanfaatkan di Indonesia ini diantaranya seperti biomassa, panas bumi, energi surya, energi air, energi angin, dan energi samudra. Energi-energi tersebut jumlahnya cukup besar sehingga mempunyai peluang untuk dikembangkan. Indonesia memiliki keuntungan

sebagai negara tropis yang berpotensi cukup besar dengan energi surya dengan jumlah yang besar, bahkan sangat melimpah dan tidak kalah pentingnya energi tersebut ramah lingkungan. Dalam memanfaatkan energi surya tersebut digunakan teknologi radiasi thermal (*thermal radiation*), yaitu radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu benda karena suhunya, yakni dengan mengkonversi radiasi surya menjadi panas, untuk mengambil panas dari surya menggunakan alat penerima/pengumpul (kolektor) yang berfungsi untuk mengumpulkan radiasi surya sebanyak mungkin dan mengalirkan energi yang didapat melalui fluida kerja.

Kolektor mempunyai sifat mengumpulkan radiasi dan harus diperhatikan efisiensi dalam mengkonversi radiasi surya menjadi panas sangat erat sekali hubungannya dengan sifat dari pelat absorber itu sendiri. Namun demikian juga harus diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi pelat absorber, dalam penggunaannya untuk menyerap radiasi surya (radiasi gelombang pendek), dalam hal ini disebut faktor absorptivitas, semakin besar nilai absorptivitasnya maka semakin besar efisiensi konversi pelat absorber tersebut. Dengan keadaan pelat absorber yang menyerap radiasi surya maka temperatur pelat akan naik, sehingga dengan sifat alami suatu benda yang bertemperatur lebih tinggi dari benda/sekitar akan memancarkan energi secara radiasi (radiasi gelombang panjang).

Permukaan suatu benda sangat mempengaruhi sifat absorptivitas, semakin kasar permukaan suatu benda biasanya semakin baik pula sifat absorptivitasnya. Pengaruh kekasaran permukaan terhadap sifat-sifat radiasi

thermal bahan merupakan masalah yang akan menjadi bahan penelitian. Untuk dapat memperoleh sifat ideal pelat absorber tersebut sangat tidak mungkin diperoleh dari alam, tetapi dapat diperoleh dengan beberapa metode diantaranya *vacuum evaporation*, *vacuum sputtering*, *ion exchange*, *chemical vapour disposition*, *chemical oxidation*, *dipping in chemical baths*, *electroplating*, *spraying*, *screen printing*, *brass painting*, *mekanik (grinding)*, dll.

1.2. Batasan Masalah

1. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelat aluminium dengan tebal 2 mm.
2. Metode untuk meningkatkan nilai absorptivitas yang digunakan adalah secara *grinding*.
3. Dengan metode *mekanik (grinding)* benda uji permukaannya dikasarkan dengan cara diampelas menggunakan mesin ampelas dengan variasi ukuran butiran ampelas dan waktu pengerjaan.
4. Hanya dilakukan pengujian untuk mencari besar absorptivitas dan emisivitas.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk :

1. Mengetahui absorptivitas dan emisivitas surya termal pada pelat aluminium yang telah diampelas dengan cara biasa.
2. Mencari metode pengampelasan yang dapat menghasilkan absorptivitas termal paling tinggi.

3. Mencari data untuk mendukung pengadaan energi alternative yang lebih hemat dan bermanfaat.
4. Membandingkan hasil penelitian dengan penelitian lain yang sudah ada.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pengertian

Mekanisme dari peralatan konversi energi surya sangat erat hubungannya dengan perpindahan panas dan yang sangat mempengaruhi besar kecilnya energi yang di konversi adalah aliran fluidanya, pada umumnya menggunakan fluida cairan karena koefisien aliran laminar dan koefisien perpindahan panas dalam pipa sama. Untuk memperbesar perpindahan panas biasanya aliran laminar dibuat supaya aliran menjadi turbulen dengan memberikan gangguan pada aliran itu.

Panas dalam kolektor yang disebabkan oleh energi surya menggunakan prinsip perpindahan kalor secara konduksi, konveksi dan radiasi. Panas yang diserap oleh pelat penyerap secara konduksi dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dialirkan sepanjang pelat tersebut dan melalui dinding saluran, kemudian panas dialirkan ke fluida dalam saluran secara konveksi. Selanjutnya pelat penyerap yang panas itu melepaskan panas ke pelat penutup kaca (umumnya menutupi kolektor) secara radiasi.

Dalam sebuah kolektor surya yang terpenting adalah bagaimana cara menggunakan energi surya itu secara optimal, yaitu dengan mengatur kedudukan permukaan kolektor pada berbagai sudut terhadap bidang horisontal. Untuk bidang permukaan yang miring harus dihitung secara khusus dengan mengukur radiasi pada permukaan tersebut.

2.2. Perpindahan Kalor

Sebagai dasar prinsip sebuah kolektor perlu mengetahui suatu gambaran bahwa perpindahan panas yang diserap melalui tiga cara yang berbeda yaitu :

2.2.1. Konduksi

Perpindahan panas dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah secara langsung/dengan bantuan media padat sebagai penghantar. Laju perpindahan panas yang terjadi dinyatakan dengan hukum *Fourier* seperti dibawah ini :

$$q = -kA \left(\frac{dT}{dx} \right) \quad \text{W(watt)}$$

Di mana :

K = konduktivitas termal, W/(m.K)

A = luas penampang tegak lurus pada aliran panas, m²

dT/dx = gradien temperatur dalam arah aliran panas, -K/m.

2.2.2. Konveksi

Perpindahan panas dengan media penghantar yang bergerak, seperti halnya jika udara yang mengalir di atas suatu permukaan panas kemudian permukaan lain menjadi panas. Apabila aliran udara/fluida disebabkan oleh sebuah blower maka disebut konveksi paksa. Dalam perancangan sebuah kolektor surya biasanya perpindahan panas konveksi dinyatakan dengan hukum pendinginan *Newton*, sebagai berikut :

$$q = hA(T_w - T) \quad \text{W(watt)}$$

Yang diketahui di mana :

H = koefisien konveksi, W/(m².K)

A = luas permukaan, m²

T_w = temperatur dinding

T = temperatur fluida, K

2.2.3. Radiasi

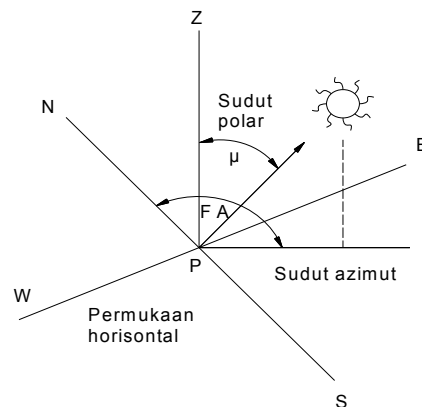
Perpindahan panas yang terjadi tanpa media perantara atau transfer panasnya berupa gelombang elektromagnetik. Perpindahan panas secara radiasi yang mengenai sebuah benda akan dipantulkan (*reflected*), sebagian akan diserap (*absorbed*), dan jika benda tersebut transparan maka sisanya akan diteruskan (*transmitted*). Hubungan antara reflektivitas (ρ), absorptivitas (α), dan transmisivitas (τ) pada suatu panjang gelombang tertentu (λ) adalah:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

Bila ditinjau dengan hukum Kirchoff, maka suatu benda yang berada dalam kesetimbangan termodinamik akan mempunyai absorptivitas (α) yang sama dengan emisivitas (ϵ) pada suatu panjang gelombang tertentu (λ) atau dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\epsilon_\lambda = \alpha_\lambda$$

Perlu diketahui bahwa persamaan di atas hanya berlaku pada permukaan yang tidak bergantung pada sudut azimut (ϕ), dan sudut polar (μ). Seperti tersaji pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sudut azimut dan sudut polar

Tetapi jika permukaan tersebut tergantung pada sudut azimut (ϕ), dan sudut (μ) maka persamaan di atas menjadi :

$$\varepsilon_{\lambda}(\mu, \phi) = \alpha_{\lambda}(\mu, \phi)$$

Tetapi pada permukaan yang tidak transparan (*opaque*), radiasi yang diterima hanya akan diserap dan dipantulkan karena pada permukaan yang tidak transparan tidak meneruskan radiasi ($\tau = 0$), sehingga persamaannya menjadi:

$$\alpha_{\lambda} + \rho_{\lambda} = \varepsilon_{\lambda} + \rho_{\lambda} = 1$$

atau secara umum :

$$\varepsilon_{\lambda}(\mu, \phi) = \alpha_{\lambda}(\mu, \phi) = 1 - \rho_{\lambda}(\mu, \phi)$$

Dari persamaan di atas dapat disimpulkan emisivitas dan absorptivitas dapat diketahui jika reflektivitas diketahui.

Efisiensi pada kolektor surya dalam mengkonversi energi surya menjadi energi termal tergantung pada :

- a. Faktor absorptivitas surya pelat absorber pada radiasi surya yang datang.
- b. Emisivitas termal pelat absorber pada panjang gelombang yang panjang.
- c. Kerugian panas karena konduksi, konveksi, dan radiasi.

Untuk efisiensi sebuah kolektor surya dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\eta = F_R (\tau\alpha) - F_R U_L \left(\frac{T_i - T_a}{G_T} \right)$$

di mana :

F_R = faktor pelepasan panas

$(\tau\alpha)$ = faktor transmittan-absorpan kolektor

U_L = koefisien kerugian ($W/(m^2 \cdot K)$)

T_i = temperatur fluida masuk kolektor (K)

T_a = temperatur sekitar (K)

G_T = radiasi yang datang (W/m^2)

Dengan melihat persamaan efisiensi bahwa jika faktor absorptivitas surya (α) membesar maka efisiensi (η) akan membesar. Koefisien kerugian (U_L) dipengaruhi oleh faktor emisivitas termal di mana semakin besar begitu juga dengan koefisien kerugian yang terjadi, hal ini juga akan mengakibatkan berkurangnya efisiensi termal. Jadi bila ditinjau dari keadaan tersebut untuk idealnya pelat absorber harus memiliki faktor

absorptivitas surya yang besar dan emisivitas surya termal yang rendah. Dari beberapa metode peningkatan efisiensi kolektor, penggunaan permukaan selektif merupakan cara yang paling efektif dan ekonomis dan dari beberapa penelitian yang dilakukan ternyata peningkatan harga faktor absorptivitas surya memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan penurunan faktor emisivitas termal terhadap peningkatan efisiensi kolektor.

Faktor lain yang mempengaruhi koefisien kerugian adalah kualitas isolasi, makin baik isolasi maka makin kecil harga koefisien kerugian. Perolehan panas berguna dari kolektor dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$q_u = \eta G_T \text{ (W/m}^2\text{)}$$

dengan persamaan di atas terlihat jumlah panas berguna tergantung dari efisiensi kolektor, selain itu bahan pelat absorber harus memiliki konduktivitas termal yang baik dan panas jenis yang kecil. Dalam tinjauan ini emisivitas thermal adalah perbandingan total energi yang dipancarkan suatu permukaan dengan total energi yang dipancarkan benda hitam pada temperatur yang sama. Bila ditinjau pada permukaan nyata maka perpindahan panas netto emisivitas termal merupakan fungsi panjang gelombang radiasi, sudut datang, temperatur permukaan dan keadaan permukaan (kekasaran, warna, bahan, dll). Dengan persamaan *Stefan-Boltzmann* dinyatakan sebagai berikut :

$$q = \varepsilon\sigma(T_s^4 - T_A^4)$$

Di mana :

q = energi yang dipancarkan (W/m^2)

ε = emisivitas termal

σ = konstanta Stefan-Boltzmann, $5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

T_s = temperatur permukaan pelat penyerap, K.

T_A = temperatur sekitar/permukaan kaca, K.

Pada benda hitam faktor emisivitas termal (ε) = 1, sehingga persamaan menjadi :

$$q_b = \sigma(T_s^4 - T_A^4)$$

dan :

$$\varepsilon = \frac{q}{q_b}$$

Pada penelitian ini energi yang dipancarkan (q) diukur dengan radiometer sehingga emisivitas termal (ε) dapat diketahui.

2.3. Pelat Absorber

Untuk mendapatkan efisiensi yang baik dalam pemanfaatan energi surya harus diperhatikan mengenai sifat-sifat dari bahan pelat absorber.

Sifat-sifat pelat absorber yang perlu dibutuhkan dalam hal ini adalah :

1. Faktor absorptivitas yang besar (mendekati satu)

2. Faktor Emisivitas termal yang kecil (mendekati nol)
3. Sifat optik dan fisik yang stabil
4. Kualitas kontak pelat dengan lapisan selektif yang baik
5. Mudah diaplikasikan
6. Proses pelapisan permukaan selektif yang murah dan tidak merusak lingkungan (*Pandey dan Banerjee, 1998*).

2.3.1. Pembuatan Permukaan Selektif

Untuk proses pembuatan permukaan selektif ini, ada banyak cara untuk memperolehnya. Namun yang memerlukan perhatian lebih adalah bagaimana cara memperoleh permukaan selektif yang ideal dengan proses yang ada. Dimana dari hasil permukaan selektif yang diperoleh harus memiliki faktor absorptivitas surya (α) yang besar berkisar 0 (nol) sampai 1 (satu), dengan angka semakin mendekati 1 (satu) akan semakin baik, dan faktor emisivitas termal (ϵ) yang kecil berkisar 0 (nol) sampai 1 (satu), dengan angka semakin mendekati 0 (nol) semakin baik. Dari beberapa percobaan dan penelitian yang pernah ada, diantaranya seperti berikut :

- a. Permukaan selektif dengan lapisan oksida tembaga.

Lapisan oksida tembaga dibentuk dengan konversi kimia, yaitu dengan mencelupkan pelat tembaga yang telah dibersihkan dan dipolis ke dalam larutan *sodium hydroxide* dan *sodium chloride* panas selama waktu tertentu. Faktor absorptivitas surya (α) yang

didapatkan sebesar 0,89 dan faktor emisivitas termal (ϵ) yang didapatkan sebesar 0,17 (Choudhury, 2002).

b. Permukaan selektif oksida *cobalt*.

Dapat dibuat dengan metode *electroplating* pada pelat baja-nikel, dengan metode ini didapatkan faktor absorptivitas surya (α) antara 0,87 – 0,92 dan faktor emisivitas termal (ϵ) antara 0,07 – 0,08 (Choudhury, 2002).

c. Permukaan selektif dengan metode *sputtering*.

Dengan mengganti lapisan anti korosi dari *nickel-chromium* menjadi *copper-nickel*. Dengan metode ini dapat menaikkan absorptivitas surya (α) dari 0,89 – 0,91 menjadi 0,97, dan menurunkan faktor emisivitas termal dari 0,12 menjadi 0,06 (Gelin, 2004).

d. Permukaan selektif dengan metode elektrokimia.

Dengan oksidasi alumunium dan pigmentasi nikel, dapat menghasilkan absorptivitas surya (α) sebesar 0,91 dan emisivitas termal sebesar 0,17 (Kadirgan et al, 1999).

e. Permukaan selektif dengan metode *grinding*.

Untuk memperoleh permukaan selektif dengan metode *grinding* ini, menggunakan kekasaran permukaan $1\mu\text{m}$ - $2\mu\text{m}$. Absorptivitas surya (α) yang dihasilkan sebesar 0,90 dan emisivitas termal (ϵ) yang dihasilkan sebesar 0,25 (Kontinen et al, 2003). Namun dengan metode *grinding* ini, setelah diuji dengan

mikrostruktur terdapat variasi pada penggunaan komposisi dan struktur dari alat *grinding*. Penggunaan komposisi dan struktur yang tepat dapat mempengaruhi hasil absorptivitas surya (α) sampai diatas 0,94.

2.3.2. Bahan Pelat Absorber

Dalam pemilihan bahan pelat absorber yang ditentukan dengan pertimbangan antara lain efisiensi, biaya proses yang relatif murah, mudah dalam mendapatkannya serta tidak berdampak mencemaran lingkungan maka dipilih aluminium sebagai pelat absorber. Selain hal tersebut pembuatannya mudah dilakukan, karena aluminium sangat mudah dikerjakan dengan teknologi mekanik dan sifat aluminium tidak mudah berubah secara fisik.

2.4. Aluminium

Aluminium merupakan logam non-ferro mempunyai tahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Aluminium sendiri pertama kali ditemukan sebagai suatu unsur kemudian mengalami reduksi sebagai logam. Secara terpisah aluminium diperoleh dari alumina dengan cara elektrolisa dari garamnya yang terfusi, sampai sekarang proses ini masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya

menempati urutan kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam non-fero.

.Aluminium memiliki sifat-sifat seperti tahan terhadap korosi, tahan aus, koefisien pemuaian rendah, dsb. Material ini dipergunakan dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dsb.

2.4.1. Jenis-jenis Alumunium Dan Paduannya

a. Aluminium murni

Aluminium murni diperoleh dengan cara elektrolisa dengan tingkat kemurnian Yang dapat mencapai 99,99 %. Ketahanan Aluminium terhadap korosi tergantung pada kemurniannya, semakin murni semakin tahan terhadap korosi.

b. Al-Cu dan Cu-Mg

Sebagai bahan coran dipakai aluminium paduan dengan komposisi 4-5 % Cu, karena mudah terjadi retakan pada coran maka perlu ditambahkan Si. Sedangkan untuk memperhalus butir, ditambahkan Ti, setelah mengalami perlakuan panas kekuatannya akan meningkat menjadi $\pm 25 \text{ kg/mm}^2$. Paduan Al-Cu adalah paduan yang mengandung 4 % Cu dan 0,5 % Mg, dengan penuaan pada temperatur biasa dalam beberapa hari paduan ini dapat

mengeras sehingga sangat dalam. Paduan ini disebut juga *Duralium*.

c. Paduan Al-Mn

Mn dipakai untuk memperkuat Al, tanpa mengurangi ketahanan terhadap korosinya. Paduan Al-Mn merupakan paduan tahan korosi yang tidak mengalami perlakuan panas.

d. Paduan Al-Si

Paduan antar aluminium dengan silikon ini mempunyai sifat :

1. Mudah mencairkannya
2. Permuakaanya sangat bagus
3. Tidak getas karena pemanasan
4. Sangat baik sebagai paduan coran
5. Tahan terhadap korosi
6. Ringan dan Koefisien pemuaiannya kecil
7. Merupakan penghantar panas yang baik

e. Paduan Al-Mg

Mempunyai sifat tahan terhadap korosi, dan sejak lama dikenal dengan nama *Hidronalium*. Dengan 2-3 % Mg, paduan ini mempunyai sifat-sifat : mudah ditempa, mudah dirol dan mudah diekstrusi.

f. Paduan Al-Mg-Si

Pengerasan dengan penuaan sangat jarang terjadi bila Al hanya dicampur sedikit dengan Mg. Dengan penambahan Si, paduan dapat dikeraskan dengan penuaan panas setelah perlakuan pelarutan. Paduan ini mempunyai sifat-sifat :
Kurang baik sebagai bahan tempaan, mempunyai mampu bentuk yang baik, sangat liat dan tahan terhadap korosi.

g. Paduan Al-Mg-Zn.

Paduan ini dapat dibuat menjadi sangat keras dengan penuaan setelah perlakuan pelarutan, mempunyai sifat patah getas oleh retakan korosi tegangan. Sifat-sifat yang tidak baik ini berhasil dihilangkan dengan menambahkan 0,3 Mn atau Cr (hal ini akan membuat butiran kristal padatnya menjadi halus dan bentuk presipitasinya berubah). Paduan ini dinamakan *Duralumin Super Extra*. Paduan ini juga merupakan paduan Al dengan kekuatan paling tinggi diantara paduan-paduan lainnya. Paduan ini paling banyak dipakai sebagai bahan konstruksi pesawat terbang dan sebagai bahan konstruksi umum.

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara. Paduan aluminium dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok umum, yaitu :

- a. Paduan aluminium tuang/cor (cast aluminium alloys)
 - Paduan dengan perlakuan panas (heat treatable alloys)
 - Paduan tanpa perlakuan panas (non heat treatable alloys)
- b. Paduan aluminium tempa (wrought aluminium alloys)
 - Paduan dengan perlakuan panas (heat treatable alloys)
 - Paduan tanpa perlakuan panas (non heat treatable alloys)

Sistem penandaan untuk kedua kelompok paduan tersebut dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 2.1 Klasifikasi paduan aluminium cor

Seri paduan	Unsur paduan utama
1xx.x	Al \geq 99 %
2xx.x	Cu
3xx.x	Si + Cu atau Mg
4xx.x	Si
5xx.x	Mg
6xx.x	Tidak digunakan
7xx.x	Zn
8xx.x	Sn

Tabel 2.2 Klasifikasi paduan aluminium tempa

Seri paduan	Unsur paduan utama
1xx.x	Al \geq 99 %
2xx.x	Cu atau Cu + Mg
3xx.x	Mn
4xx.x	Si
5xx.x	Mg
6xx.x	Mg + Si
7xx.x	Zn + Mg atau Zn + Mg +Cu
8xx.x	Unsur lainnya

2.4.2. Unsur-unsur yang terkandung dalam Aluminium

a. Silikon (Si)

Keuntungan dari unsur silikon dalam paduan aluminium :

- Mempermudah proses pengecoran
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- Memperbaiki sifat-sifat atau karakteristik coran

- Menurunkan penyusutan dalam hasil cor

Kerugian unsur silikon adalah :

- Penurunan keuletan bahan terhadap beban kejut
- Hasil cor akan rapuh jika kandungan silicon terlalu tinggi

b. Tembaga (Cu)

Keuntungan unsur Cu :

- Meningkatkan kekerasan bahan
- Memperbaiki kekuatan tarik
- Mempermudah proses pengerjaan dengan mesin

Kerugian unsur Cu :

- Menurunkan daya tahan terhadap korosi
- Mengurangi keuletan bahan
- Menurunkan kemampuan dibentuk dan dirol

c. Mangan (Mn)

Keuntungan unsur Mangan (Mn) adalah :

- Meningkatkan kekuatan dan daya tahan terhadap temperatur tinggi
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi

- Mengurangi pengaruh buruk unsur besi

Kerugian unsur Mangan (Mn)

- Menurunkan kemampuan penuangan
- Meningkatkan kekasaran butiran partikel

d. Magnesium (Mn)

Keuntungan unsur Magnesium :

- Mempermudah proses penuangan
- Meningkatkan kemampuan pengerjaan mesin
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- Meningkatkan kekuatan mekanis
- Menghaluskan butiran kristal secara efektif
- Meningkatkan ketahanan terhadap beban kejut/impak

Kerugian unsur Mg :

- Meningkatkan kemungkinan timbulnya cacat pada hasil cor

e. Nikel (Ni)

Keuntungan unsur Ni :

- Meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap temperatur tinggi

- Menurunkan pengaruh buruk Fe (besi) dalam paduan
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi

Unsur nikel tidak menimbulkan kerugian dalam paduan

f. Besi (Fe)

Keuntungan unsur Fe :

- Mencegah terjadinya penempelan logam cair pada cetakan selama proses penuangan

Kerugian dari unsur Fe :

- Penurunan sifat mekanis
- Penurunan tekanan tarik
- Timbulnya bintik keras pada hasil cor
- Peningkatan cacat porositas

g. Seng (Zn)

Keuntungan unsur Zn :

- Meningkatkan sifat mampu cor
- Meningkatkan kemampuan di mesin
- Mempermudah dalam pembentukan
- Meningkatkan keuletan bahan
- Meningkatkan kekuatan terhadap beban kejut/impak

Kerugian unsur Zn :

- Menurunkan ketahanan terhadap korosi
- Menurunkan pengaruh baik dari unsur besi
- Bila kadar Zn terlalu tinggi akan dapat menimbulkan cacat rongga udara

h. Titanium (Ti)

Keuntungan Ti :

- Meningkatkan kekuatan hasil cor pada temperatur tinggi
- Memperhalus butir kristal pada permukaan
- Mempermudah proses penuangan

Kerugian unsur Ti :

- Meningkatkan viskositas logam cair dan mengurangi fluiditas logam cair

2.5. Amplas

Bahan anorganik keras yang dipergunakan sebagai bahan pemotong dan pemoles: logam, kayu, plastik keramik dsb, dinamakan bahan abrasif. Bahan ini dipergunakan dalam bentuk butir atau bubuk, dan dibuat dalam bentuk perkakas seperti batu gerinda kain dan kertas amplas. Berbagai macam proses permesinan mempergunakan bahan abrasif. Pengelapan (lapping) mempergunakan bahan abrasif dicampur pelumas, penggosokan menggunakan

kompon abrasif dicampur minyak atau fet, dalam pemolesan laras bahan pemoles dimasukan ke dalam laras dan digosokan dengan gerakan memutar, dalam proses injeksi bahan abrasif disemprotkan, dan dalam proses ultrasonik bahan abrasif membentur bahan. Sebagai perkakas bahan abrasif dibuat batu gerinda, batu hon, batu superfinis, kain amplas dan kertas amplas.

Adapun sifat dan penggunaan bahan abrasif adalah:

2.5.1 Abrasif

Dapat diperoleh abrasif buatan dan abrasif alam, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.3 yang dibagi menjadi penggerindaan dan pengelapan. Dalam tabel, amplas berarti kristal korundum di mana kristal magnetithalus didispersikan. Nitrida boron adalah fasa tekanan tinggi dan dibuat seperti intan dibawah temperatur dan tekanan tinggi. Abrasif yang paling banyak dipergunakan untuk berbagai maksud pada saat ini, adalah alumina dan karbida silikon. Intan, nitrida boron dan karbida boron dipakai untuk pemolesan bahan sangat keras. Garnet digunakan untuk pemolesan gelas dan untuk kertas amplas kayu.

Bahan abrasif dihancurkan dan diayak dengan berbagai cara. Bubuk halus dipisah-pisahkan menjadi ukuran butir tertentu. Sifat khas yan penting dari bahan abrasif adalah sifat bahan mineral dan strukturnya, komposisi kimia ukuran butir, bentuk pertikel, mesa jenis butir, kekerasan, keuletan dan ketahanan aus.

Tabel 2.3 Klasifikasi dari abrasif

Abrasif alam	Gerinda	Intan, korundum, emeri, garnet, batu bersifat silika (flint)
	Pemolesan	Tripolit, tanah diatom, bubuk batu pumis, dolomit (sinteran)
Abrasif buatan	Gerinda	Intan buatan, nitrida boron, karbida boron, karbida silicon, alumina leburan, emery buatan, zirkonia

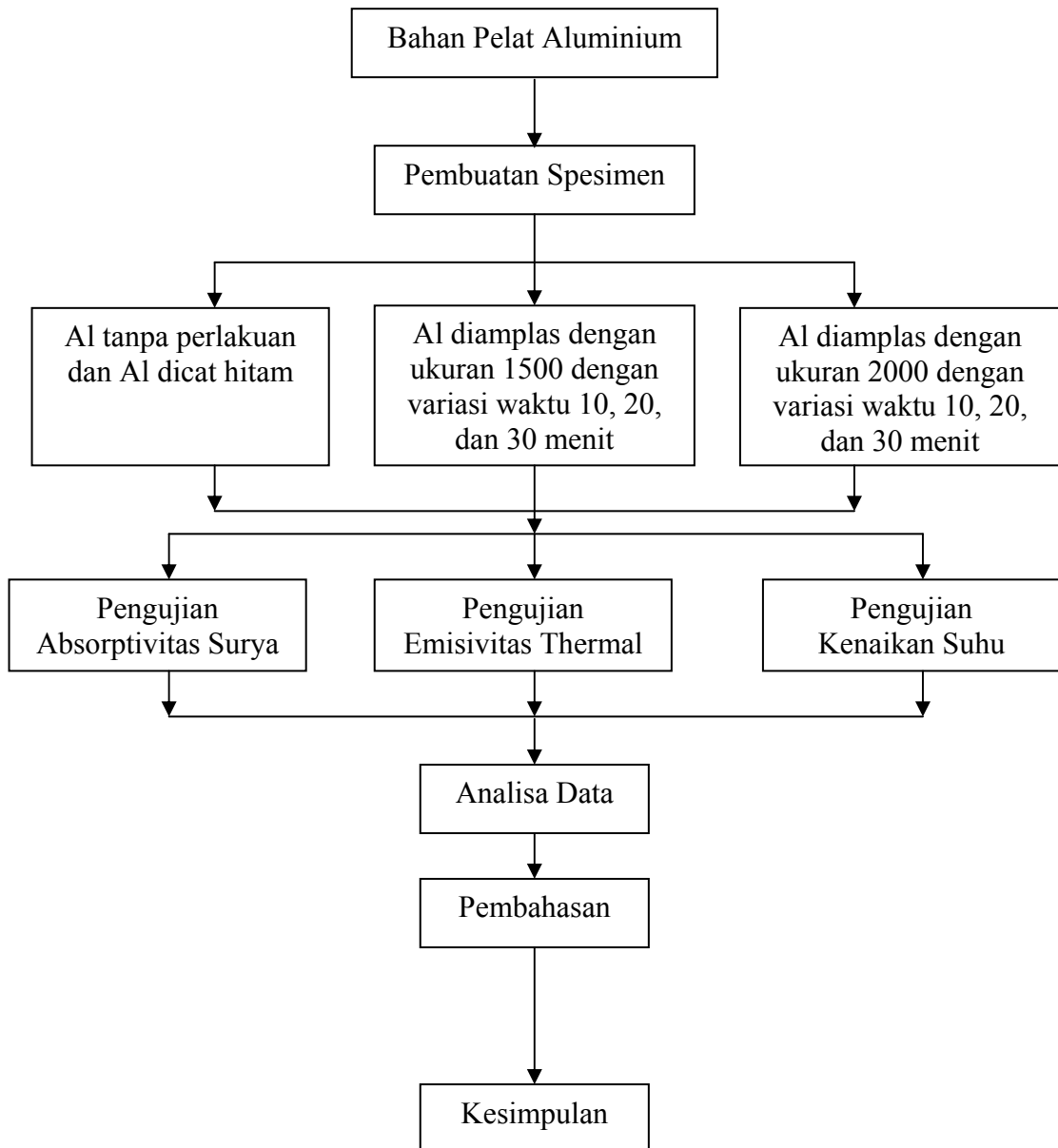
		leburan
	Pemolesan	Alumina, oksida besi, oksida kromium, oksida serium

2.5.2 Amplas

Kain amplas dan kertas amplas terdiri dari bahan dasar abrasif dan perekat. Amplas dibuat dalam bentuk lembaran, gulungan, pita ban, piringan dst. Ada berbagai variasi yang dapat diperoleh yang ditentukan oleh kombinasi abrasif dalam: jenis, ukuran butir, lapisan dan kerapatan lapisan, jenis bahan dasar (kain atau kertas), perekat biasa atau resin fenol, dst. Di samping itu ada jenis basah dan jenis kering. Untuk jenis basah, bahan dasar diolah terlebih dahulu agar air dengan mempergunakan resin cair, dst, dan perekatnya diambil dari jenis yang tahan air. (*Surdia, T.* 1991 halaman 359 dan 361)

BAB III
METODE PENELITIAN

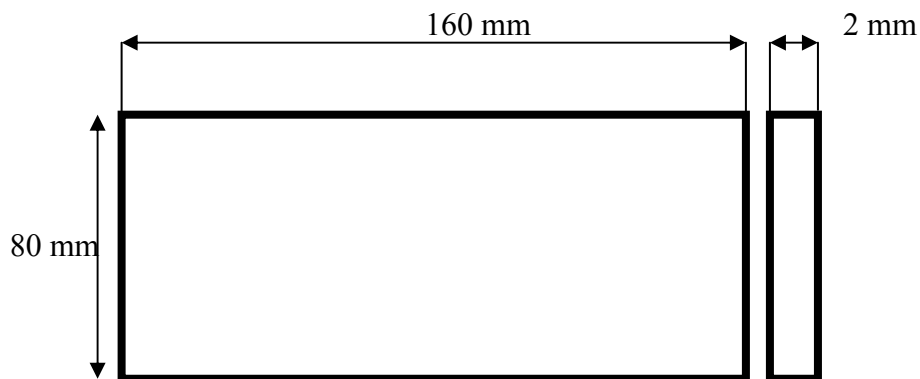
3.1. Diagram alir penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Bahan

Pertama-tama harus dipersiapkan sebelum diampelas adalah plat aluminium yang sudah dipotong-potong sesuai ukuran yang diinginkan, dalam pengujian ini ukuran dimensinya $160 \times 80 \times 2$ mm. Dapat dilihat dalam gambar dibawah ini :



Gambar 3.2 Bentuk benda uji

3.3. Proses Pengamplasan

Dalam pengamplasan spesimen dilakukan dalam beberapa proses secara bertahap, diantaranya sebagai berikut ini :

1. Spesimen yang telah dibentuk sesuai dengan ukuran dibersihkan dari berbagai macam kotoran dan ditempatkan pada suatu kotak untuk mempermudah pengerjaan.



Gambar 3.3 Penempatan spesimen

2. Mesin amplas (M-2500) dan amplas disiapkan sebelum melakukan pengamplasan spesimen.



Gambar 3.4 Mesin amplas M-2500

3. Pemilihan jenis amplas berdasarkan ukuran butiran kekasaran yaitu ukuran 600,1000,1500 dan 2000.
4. Proses pengamplasan untuk 6 spesimen mula-mula dilakukan pengamplasan sebagai dasar untuk membuka pori-pori aluminium sehingga serbuk butiran amplas dapat masuk yaitu dengan menggunakan ukuran amplas 600,1000.
5. Proses pengamplasan untuk spesimen A_1 , A_2 dan A_3 dilakukan setelah proses pengamplasan dasar yaitu menggunakan amplas ukuran 1500

sebagai finishing dengan waktu pengamplasan yang berbeda, untuk spesimen A₁ (10 menit), spesimen A₂ (20 menit), spesimen A₃ (30 menit).

6. Proses pengamplasan untuk spesimen B₁, B₂ dan B₃ dilakukan setelah proses pengamplasan dasar juga yaitu menggunakan amplas ukuran 2000 sebagai finishing dengan waktu pengamplasan yang berbeda, untuk spesimen B₁ (10 menit), spesimen B₂ (20 menit), spesimen B₃ (30 menit).

3.4. Pengujian Bahan

Spesimen yang sudah di amplas akan dilakukan pengujian absorptivitas surya dan pengujian emisivitas termal.

3.4.1. Pengujian Absorptivitas Surya

Tujuan dari pengujian absorptivitas surya ini adalah mencari besar energi yang diserap oleh aluminium yang telah diampelas. Dalam pengujian ini digunakan lampu *hologen* 150 W yang berfungsi sebagai sumber radiasi gelombang pendek, dan sebagai pembaca radiasi gelombang pendek yang dipancarkan oleh permukaan pelat aluminium di gunakan *solar cell*. Untuk outputnya dapat dibaca menggunakan multi meter dinyatakan dalam tegangan (Volt) pada skala 20 Volt DC.

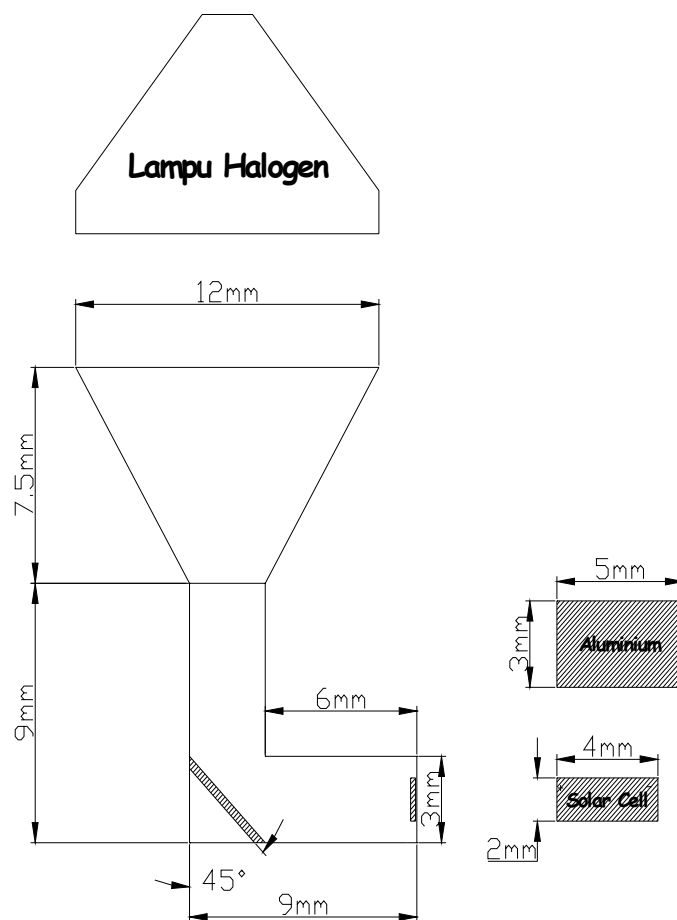
Selanjutnya setelah besar energi yang dipantulkan diketahui, maka besar energi yang diserap oleh aluminium dapat diketahui dengan persamaan, yaitu:

$$\alpha_{\lambda} + \rho_{\lambda} = 1 \dots\dots\dots(1)$$

Dengan,

α_{λ} = absorptivitas surya pada suatu panjang gelombang tertentu.

ρ_{λ} = reflektivitas surya pada suatu panjang gelombang tertentu



Gambar 3.5 Alat Pengujian Absorptivitas

Dalam pengujian ini dilakukan dengan menggunakan kotak yang terbuat dari kertas tebal berbentuk siku yang tidak dapat tertembus

cahaya luar dan dilengkapi dengan lampu *halogen* 150 W seperti yang tersaji dalam gambar 3.5.

Tujuan pengujian absorptivitas surya adalah :

Untuk mengetahui besar faktor absorptivitas surya suatu bahan dalam menyerap panas.

3.4.2. Pengujian Emisivitas Termal

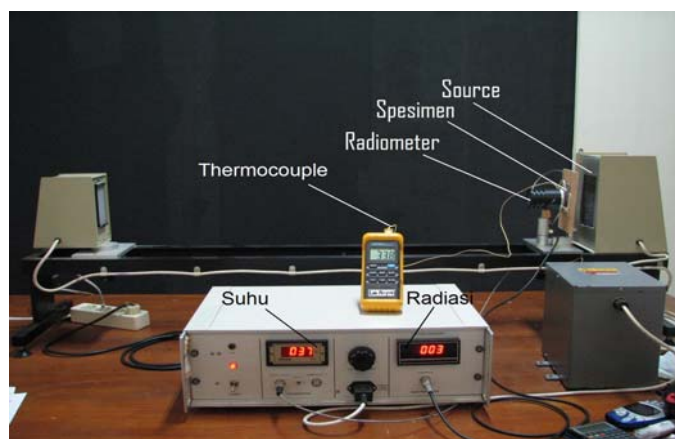
Untuk pengujian emisivitas thermal ini digunakan alat penguji radiasi thermal

Langkah penelitian :

a. Mempersiapkan benda uji

Benda yang akan diuji dipasang pada pemegang yang sudah dipersiapkan sebelumnya sesuai bentuk dan dimensi benda uji.

Yang perlu diperhatikan dalam hal ini adalah pemegang benda uji harus tahan panas tinggi. Pemasangan benda uji ini dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pemasangan Spesimen

b. Pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Perpindahan Panas Universitas Sanata Dharma. Dengan menggunakan alat penguji radiasi termal dapat diteliti kemampuan radiasi suatu bahan bila diberi panas. Selanjutnya setelah benda uji terpasang dengan benar, begitu juga dengan *thermocouple* dan radiometer, maka hidupkan *source* (sumber panas) dengan memasang daya pada 4,5 strip skala alat ukur. Pemasangan benda uji berjarak 50 mm dari *source* dan 50 mm dari radiometer dengan posisi seperti pada Gambar 3.6. Semua pengambilan data berdasarkan sebuah data dengan kondisi awal sebagai berikut:

$$T_{S1} = \text{suhu awal permukaan aluminium (} ^\circ \text{C)}$$

$$= 31^\circ \text{C}$$

$$T_{S2} = \text{suhu akhir permukaan aluminium (} ^\circ \text{C)}$$

$$T_A = \text{suhu sekitar (} ^\circ \text{C)}$$

$$= 27^\circ \text{C}$$

$$R_0 = \text{radiasi awal}$$

$$= 2$$

$$R_1 = \text{radiasi akhir}$$

$$t = \text{waktu pemberian panas (menit)}$$

= 5 menit

Alat untuk membaca data suhu dan radiasi bisa dilihat Gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 Panel indikator

Setelah diketahui nilai radiasi akhir (R_1) dan suhu akhir (T_S), maka dapat diketahui nilai emisivitas termalnya dengan persamaan berikut:

$$q = \varepsilon \sigma (T_S^4 - T_A^4) \dots\dots\dots(2)$$

di mana :

q : energi yang dipancarkan (W/m^2)

: $5,59 \times R_1$ (*Buku Paduan Praktikum Kalor*)

ε : emisivitas termal

σ : konstanta Stefan boltzmann = $5,67 \times 10^{-8} W/(m^2.K^4)$

T_S : temperatur akhir permukaan (K)

T_A : temperatur sekitar (K)

c. Tujuan pengujian emisivitas thermal

- Untuk mengetahui besar panas yang dilepas oleh suatu bahan.
- Untuk mengetahui cara pelepasan panas dari suatu bahan atau spesimen.

3.4.3. Pengujian sinar matahari

Dalam pengujian ini menggunakan sinar matahari secara langsung. Untuk pengujian yang satu ini spesimen yang digunakan berukuran 160cm x 80 cm. Ukuran spesimen dalam pengujian sinar matahari ini dibuat agak besar dengan tujuan agar sinar matahari yang dipancarkan ke permukaan benda dapat ditampung lebih banyak.

Langkah penelitian :

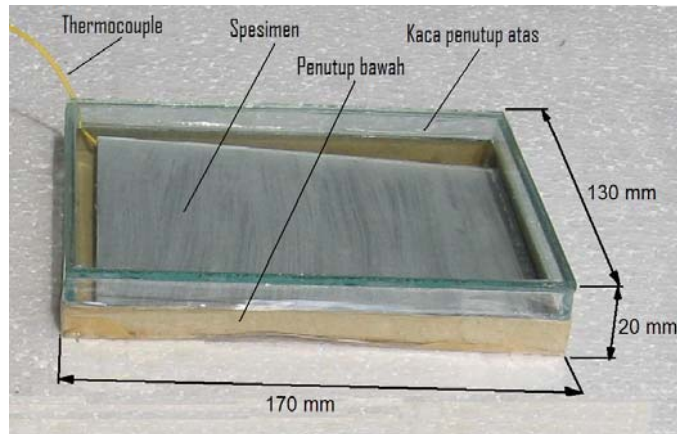
a. Alat uji

Alat uji menggunakan sinar matahari secara langsung.

b. Mempersiapkan benda uji

Benda uji dari aluminium (spesimen) tadi dimasukan pada sebuah penampang yang terbuat dari kaca transparan dengan tujuan panas dari sinar matahari yang dipancarkan ke spesimen dapat masuk dari berbagai sudut dan panas tersebut

tidak mudah keluar atau hilang ke udara bebas, sehingga membuat suhu stabil. Dapat dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 Pemasangan Spesimen

c. Pelaksanaan penelitian

Setelah spesimen tadi terpasang, kemudian spesimen tadi dijemur di bawah sinar matahari langsung, tetapi sebelum di jemur di ukur terlebih dahulu suhu awal spesimen dengan menggunakan thermokopel. Setelah menentukan suhu awal, benda di jemur hingga mendapatkan suhu panas yang maksimal dengan menggunakan thermokopel.

d. Tujuan pengujian sinar matahari

Untuk mengukur berapa panas yang bisa diserap oleh aluminium (spesimen) setelah diampas dengan variasi waktu tertentu.

BAB IV

DATA PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Pengujian Absorptivitas

Pengujian absorptivitas ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan setiap spesimen menyerap energi panas setelah diampas

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Absorptivitas Surya Material Awal Tanpa Perlakuan

No	Material Awal	Spesimen	Tegangan Solar Cell Pantulan dari Al (volt)	Tegangan Solar Cell Tanpa Pantulan (volt)	Reflektivitas Al (ρ_{Al})	Absorptivitas Al (α_{Al})	Rata-rata Absorptivitas
1	Al	1	3,06	3,16	0,9683	0,0316	0,0316
		2	3,06	3,16	0,9683	0,0316	

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Absorptivitas Surya Material Awal yang Sudah Dicat warna Hitam

No	Material Awal	Spesimen	Tegangan Solar Cell Pantulan dari Al (volt)	Tegangan Solar Cell Tanpa Pantulan (volt)	Reflektivitas Al (ρ_{Al})	Absorptivitas Al (α_{Al})	Rata-rata Absorptivitas
1	Al	1	2,24	3,16	0,7088	0,2911	0,2911
		2	2,24	3,16	0,7088	0,2911	

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Absorptivitas Surya Ampas 1500

Spesimen	Variasi waktu ampas (menit)	Tegangan Solar Cell Pantulan dari Al (volt)	Tegangan Solar Cell Tanpa Pantulan (volt)	Reflektivitas Al (ρ_{Al})	Absorptivitas Al (α_{Al})	Rata-rata Absorptivitas
A1 _a	10	2,39	3,16	0,7563	0,2436	0,2436
A1 _b		2,39	3,16	0,7563	0,2436	
A2 _a	20	2,39	3,16	0,7563	0,2436	0,2436
A2 _b		2,39	3,16	0,7563	0,2436	
A3 _a	30	2,37	3,16	0,75	0,25	0,2468
A3 _b		2,39	3,16	0,7563	0,2436	

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Absorptivitas Surya amplas 2000

Spesimen	Variasi waktu amplas (menit)	Tegangan Solar Cell Pantulan dari Al (volt)	Tegangan Solar Cell Tanpa Pantulan (volt)	Reflektivitas Al (ρ_{Al})	Absorptivitas Al (α_{Al})	Rata-rata Absorptivitas
B1 _a	10	2,4	3,16	0,7594	0,2405	0,2357
B1 _b		2,43	3,16	0,7689	0,2310	
B2 _a	20	2,39	3,16	0,7563	0,2436	0,2389
B2 _b		2,42	3,16	0,7658	0,2341	
B2 _a	30	2,41	3,16	0,7626	0,2373	0,2405
B2 _b		2,39	3,16	0,7563	0,2436	

Waktu pengamplasan tidak berpengaruh secara signifikan pada hasil pengujian absorptivitas. Di sini tidak dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pengamplasan semakin besar nilai absorptivitasnya atau sebaliknya. Hal itu kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor yang kurang sempurna antara lain :

- Proses pengamplasan
- Pembacaan multimeter

Walaupun demikian hasil pengujian secara keseluruhan dapat mencapai angka absorptivitas yang diharapkan lebih besar dari permukaan aluminium awal/tidak diproses. Dengan pengujian radiasi dapat diketahui besar angka reflektivitas, yang besarnya berbanding terbalik dengan besar absorptivitas. Untuk mencari besar absorptivitas melalui perbandingan besar tegangan *solar cell* pantulan dari aluminium dengan besar tegangan langsung dari *solar cell*, dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\alpha_{\lambda} + \rho_{\lambda} = 1 \dots\dots\dots (1)$$

dengan keterangan:

α_λ = absorptivitas surya

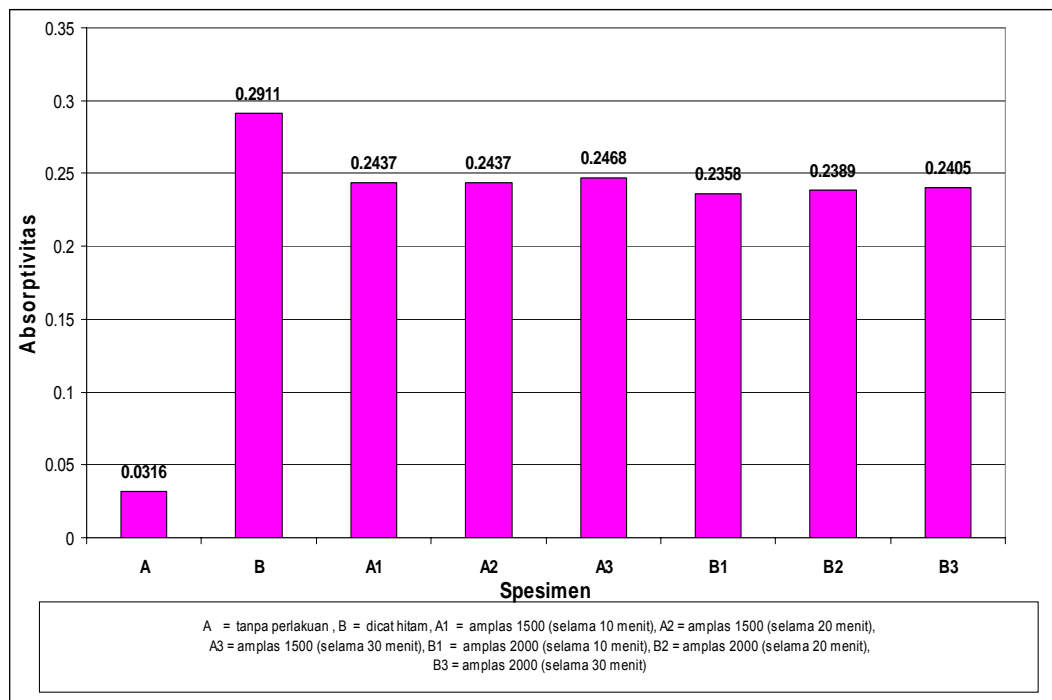
ρ_λ = reflektivitas surya

maka,

$$\alpha_\lambda = 1 - \rho_\lambda \dots\dots\dots (2)$$

$$= 1 - \left(\frac{\text{Tegangan Solar cell Pantulan Al}}{\text{Tegangan Solarcell}} \right)$$

Untuk hasil pengujian absorptivitas dapat dilihat dalam Gambar 4.1



Gambar 4.1 Diagram pengaruh pengamplasan pada absorptivitas untuk seluruh spesimen.

4.2 Analisis Pengujian Emisivitas

Pengambilan data emisivitas ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar suatu bahan melepas energi panas dibanding penyerapannya. Diketahui bahwa dengan menghaluskan permukaan suatu bahan *Aluminium* dengan cara diampelas dapat menyebabkan perubahan emisivitas pada bahan tersebut. Data-data yang diambil dalam penelitian ini adalah data emisivitas thermal, yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Emisivitas Thermal Material Awal.

Thermocouple 1

No	Material Awal	Spesimen	Suhu Al (T _s) °C (K)	Suhu Sekitar (T _A) °C (K)	Radiasi Thermal (R)	Energi yg Dipancarkan (q) (W/m ²)	Emisivitas Thermal (ε)	Rata-rata Emisivitas
1	Al	1	39 (312)	27 (300)	4	22,36	0,29	0,2420
		2	40 (313)	27 (300)	3	16,77	0,22	

Thermocouple 2

No	Material Awal	Spesimen	Suhu Al (T _s) °C (K)	Suhu Sekitar (T _A) °C (K)	Radiasi Thermal (R)	Energi yg Dipancarkan (q) (W/m ²)	Emisivitas Thermal (ε)	Rata-rata Emisivitas
1	Al	1	39,1 (312)	27 (300)	4	22,36	0,2841	0,2261
		2	42,1 (315,1)	27 (300)	3	16,77	0,1682	

Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Emisivitas Thermal Material Awal Dicat Hitam

Thermocouple 1

No	Material Awal	Spesimen	Suhu Al (T _S) °C (K)	Suhu Sekitar (T _A) °C (K)	Radiasi Thermal (R)	Energi yg Dipancarkan (q) (W/m ²)	Emisivitas Thermal (ε)	Rata-rata Emisivitas
1	Al	1	38 (311)	27 (300)	12	22,36	0,94	0,9391
		2	37,2 (310,2)	27 (300)	11	16,77	0,94	

Thermocouple 2

No	Material Awal	Spesimen	Suhu Al (T _S) °C (K)	Suhu Sekitar (T _A) °C (K)	Radiasi Thermal (R)	Energi yg Dipancarkan (q) (W/m ²)	Emisivitas Thermal (ε)	Rata-rata Emisivitas
1	Al	1	39 (312)	27 (300)	12	22,36	0,8599	0,8620
		2	38 (311)	27(300)	11	16,77	0,8642	

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Emisivitas Thermal amplas 1500

Thermocouple 1

Spesime	Variasi waktu amplas (menit)	Suhu Al (T _S) °C (K)	Suhu Sekitar (T _A) °C (K)	Radiasi Thermal (R)	Energi yg Dipancarkan (q) (W/m ²)	Emisivitas Thermal (ε)	Rata-rata Emisivitas
A1 _a	10	36,1 (309,1)	27(300)	6	33,54	0,5752	0,6231
A1 _b		37,4 (310,4)	27(300)	7	39,13	0,6710	
A2 _a	20	34,7 (310,4)	27(300)	6	33,54	0,6845	0,7567
A2 _b		33,4 (306,4)	27(300)	6	33,54	0,8289	
A3 _a	30	35,2 (308,2)	27(300)	7	39,13	0,7480	0,6551
A3 _b		36,3 (309,3)	27(300)	6	33,54	0,5623	

Thermocouple 2

Spesime	Variasi waktu amplas (menit)	Suhu Al (T _S) °C (K)	Suhu Sekitar (T _A) °C (K)	Radiasi Thermal (R)	Energi yg Dipancarkan (q) (W/m ²)	Emisivitas Thermal (ε)	Rata-rata Emisivitas
B1 _a	10	36 (309)	27(300)	6	33,54	0,5819	0,5940
B1 _b		37 (310)	27(300)	7	39,13	0,6079	
B2 _a	20	39 (312)	27(300)	6	33,54	0,4299	0,5059
B2 _b		36 (309)	27(300)	6	33,54	0,5819	
B3 _a	30	40 (313)	27(300)	7	39,13	0,4607	0,4908
B3 _b		37 (310)	27(300)	6	33,54	0,5211	

Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Emisivitas Thermal amplas 2000

Thermocouple 1

Spesime	Variasi waktu amplas (menit)	Suhu Al (T _S) °C(K)	Suhu Sekitar (T _A) °C(K)	Radiasi Thermal (R)	Energi yg Dipancarkan (q) (W/m ²)	Emisivitas Thermal (ε)	Rata-rata Emisivitas
A1 _a	10	38,7 (311,7)	27(300)	6	33,54	0,4416	0,4636
A1 _b		39,4 (312,4)	27(300)	7	39,13	0,4845	
A2 _a	20	35,4 (308,4)	27(300)	6	33,54	0,6253	0,6334
A2 _b		36,5 (309,5)	27(300)	7	39,13	0,6415	
A3 _a	30	39,4 (312,4)	27(300)	7	39,13	0,4845	0,5021
A3 _b		38,6 (311,6)	27(300)	7	39,13	0,5199	

Thermocouple 2

Spesime	Variasi waktu amplas (menit)	Suhu Al (T _S) °C (K)	Suhu Sekitar (T _A) °C (K)	Radiasi Thermal (R)	Energi yg Dipancarkan (q) (W/m ²)	Emisivitas Thermal (ε)	Rata-rata Emisivitas
B1 _a	10	40(313)	27(300)	6	33,54	0,3949	0,4102
B1 _b		41(314)	27(300)	7	39,13	0,4257	
B2 _a	20	37(310)	27(300)	6	33,54	0,5211	0,5355
B2 _b		38(311)	27(300)	7	39,13	0,5499	
B3 _a	30	39(312)	27(300)	7	39,13	0,5016	0,5015
B3 _b		39(312)	27(300)	7	39,13	0,5016	

Dalam pengujian ini lamanya waktu pengamplasan juga tidak dapat menentukan besar kecilnya nilai emisivitas benda uji, ini disebabkan beberapa faktor yang hampir sama pada pengujian absorbtivitas. Hal ini bisa juga terjadi jika kurangnya pendinginan alat pemanas, yang mengakibatkan kondisi awal yang berbeda pada saat pengukuran suhu dan radiasinya dan kondisi alat yang mengalami kerusakan pada tampilan layer hasil keluaran suhu .

Dengan mengetahui suhu aluminium, suhu sekitar dan radiasi dapat diketahui emisivitas thermal menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$q = \varepsilon \sigma (T_S^4 - T_A^4) \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

q : energi yang dipancarkan (W/m²)

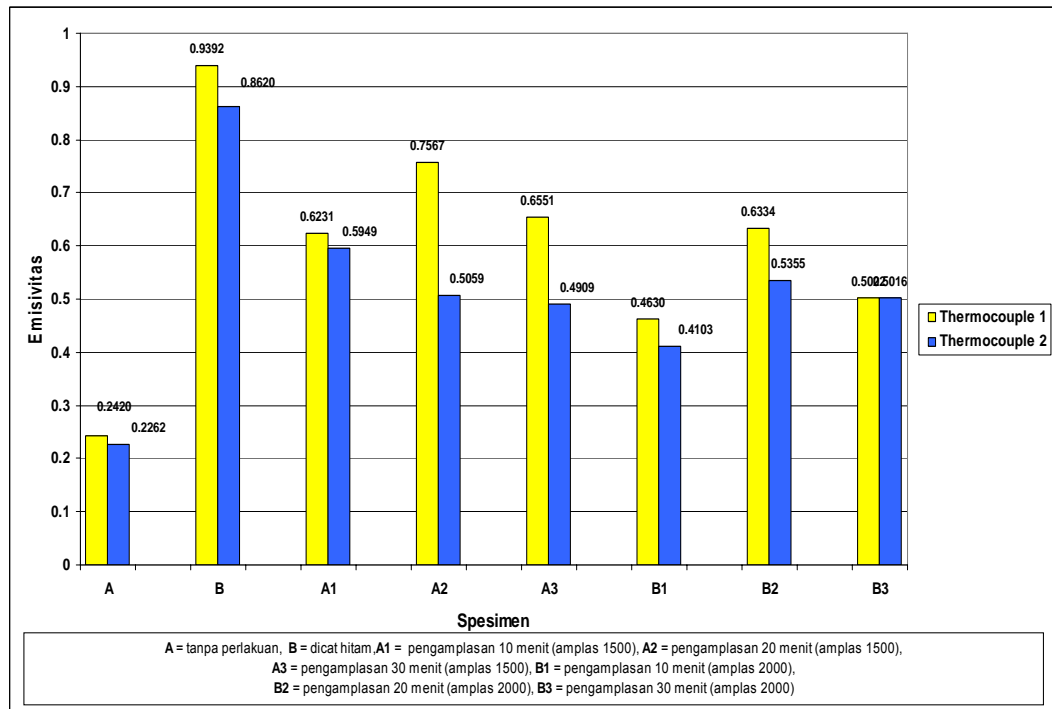
: $5,59 \times R_1$ (*Buku Paduan Praktikum Kalor*)

ε : emisivitas thermal

σ : konstanta Stefan boltzmann = $5,67 \times 10^{-8}$ W/(m².K⁴)

T_S : temperatur akhir permukaan (K) T_A : temperatur sekitar (K)

Untuk hasil pengujian absorptivitas dapat dilihat dalam Gambar 4.2



Gambar 4.2 Diagram pengaruh pengamplasan pada emisivitas untuk seluruh spesimen

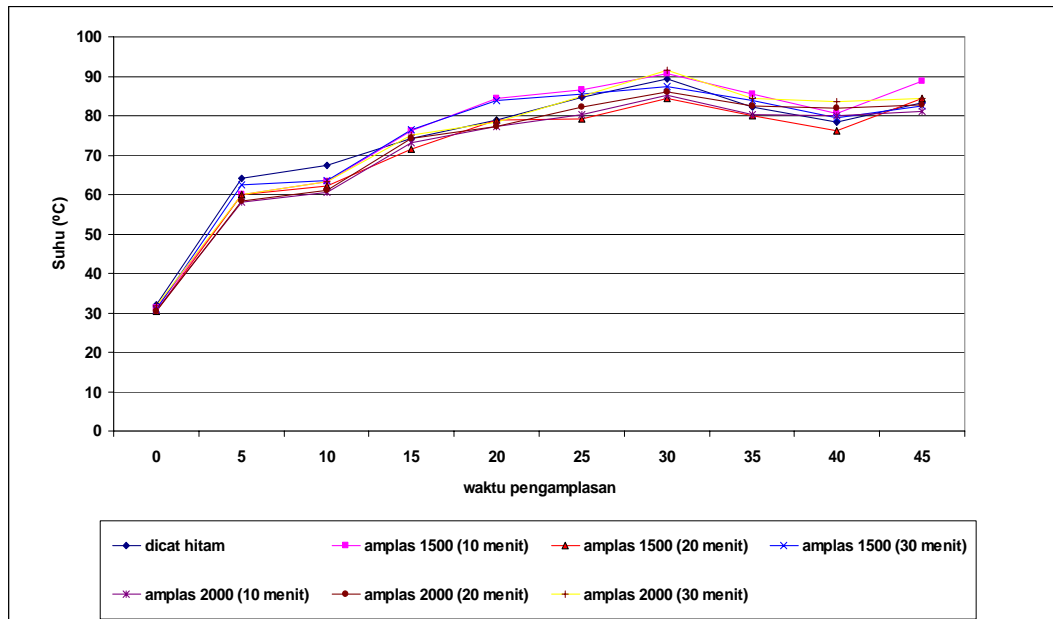
4.3 Analisis Pengujian dengan Sinar Matahari dan Halogen

Pengambilan data pada pengujian langsung dengan sinar matahari dan halogen ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besarnya suatu bahan menerima panas matahari setelah menghaluskan permukaan suatu bahan *Aluminium* dengan cara diampas. Data-data yang diambil dalam penelitian ini adalah besarnya suhu pada setiap benda uji.

Tabel 4.9 Data Hasil Pengujian dengan Sinar Matahari

Waktu Penjemuran (menit)	Suhu Al Tanpa Perlakuan Dicat Hitam (°C)	Suhu Al Amplas 1500 (°C)			Suhu Al Amplas 2000 (°C)		
		10 menit	20 menit	30 menit	10 menit	20 menit	30 menit
0	32,1	31,1	30,3	31	30,6	30,3	31,8
5	64,2	60,1	60,1	62,4	58	58,4	60
10	67,3	63,3	62,3	63,5	60,5	61,1	63,3
15	74,3	76,3	71,4	76,5	73,2	74,3	75
20	78,9	84,3	78,8	83,9	77,2	77,3	78,3
25	84,6	86,6	79,3	85,5	80,4	82,1	84,8
30	89,3	90,8	84,3	87,3	85,1	86,1	91,4
35	82,2	85,6	80,1	83,9	80,3	82,6	84,4
40	78,4	80,6	76,3	79,4	80	82	83,6
45	83,2	88,9	84,3	82,6	81,1	82,8	84,3
Rata-rata	73,45	74,76	70,72	73,6	70,64	71,7	73,7
ΔT	57,2	59,7	54	56,3	54,5	55,8	59,6

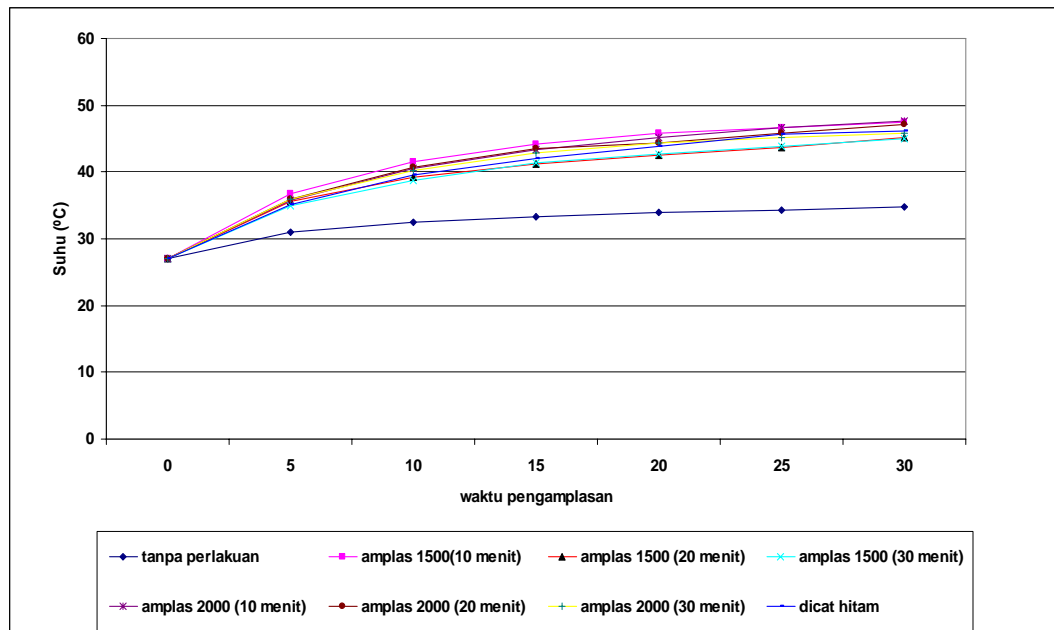
Dalam hal ini lamanya waktu pengamplasan tidak terlalu berpengaruh pada hasil pengujian dengan sinar matahari untuk waktu yang sama. Tidak dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pengamplasan maka semakin besar suhu yang dicapai atau sebaliknya, tetapi dari data ini dapat dilihat adanya perubahan peningkatan suhu antara Al tanpa pengamplasan dengan Al setelah mengalami pengamplasan.



Gambar 4.3 Diagram Pengujian Dengan Sinar Matahari

Tabel 4.10 Data Hasil Pengujian dengan Sinar Halogen

Waktu Penyinaran (menit)	Suhu Al Tanpa Perlakuan (°C)	Suhu Al Tanpa Perlakuan Dicat hitam (°C)	Suhu Al Amplas 1500 (°C)			Suhu Al Amplas 2000 (°C)		
			10 menit	20 menit	30 menit	10 menit	20 menit	30 menit
0	27	27	27	27	27	27	27	27
5	31	35,1	36,7	35,6	34,9	35,8	36	36
10	32,5	39,5	41,6	39,2	38,8	40,6	40,7	40,3
15	33,3	42,1	44,2	41,2	41,3	43,4	43,5	42,8
20	34	43,9	45,8	42,6	42,7	45,2	44,4	44,3
25	34,3	45,6	46,7	43,7	43,8	46,6	45,8	45,1
30	34,7	46,1	47,4	45,1	45	47,7	47,2	45,8
Rata-rata	32,4	39,9	41,3	39,2	39	40,9	40,6	40,1
ΔT	7,7	19,1	20,4	18,1	18	20,7	20,2	17,5



Gambar 4.18 Diagram Pengujian Dengan Halogen

Untuk melengkapi data-data diatas kita dapat melihat hasil foto permukaan aluminium mula-mula dan aluminium setelah perlakuan pada Gambar 4.19.

Gambar 4.5 Foto Permukaan Aluminium



Al tanpa perlakuan



Al dicat hitam



Variasi amplas 1500 waktu 10 menit



Variasi amplas 1500 waktu 20



Variasi amplas 1500 waktu 30 menit



Variasi amplas 2000 waktu 10 menit



Variasi amplas 2000 waktu 20 menit



Variasi amplas 2000 waktu 30 menit

BAB V

KESIMPULAN DAN PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, pengujian dan analisis di laboratorium Perpindahan Panas dan laboratorium Teknologi Mekanik jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma, maka dapat disimpulkan:

1. Dari pengujian absorptivitas dan emisivitas, disimpulkan bahwa metode grinding (permukaan dihaluskankan dengan cara diamplas) dapat meningkatkan absorptivitas 5 – 7 kali lipat sedangkan emisivitas juga meningkat 2 – 3 kali lipat serta kenaikan suhu yang diserap benda uji meningkat antara 2 °C - 10 °C dibandingkan dengan Al tanpa perlakuan.
2. Waktu pengamplasan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap besar kecilnya nilai absorptivitas, emisivitas dan suhu yang mampu diserap benda uji.
3. Absorptivitas tertinggi sebesar 0,29 terjadi pada spesimen yang dicat hitam, sedangkan pada emisivitasnya mengalami peningkatan tertinggi sebesar 0,93 . Untuk pengujian dengan sinar matahari suhu tertinggi 91,4 °C yang dicapai pada benda uji dengan waktu pengamplasan 2000 selama 30 menit.

5.2 Penutup

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Bila terjadi ketidakakuratan data, disebabkan keterbatasan dana, peralatan dan ketelitian dalam pengamatan. Kritik dan saran untuk kemajuan sangat penulis harapkan, sehingga ini dapat berguna bagi semua pihak.

5.3 Saran

Sebagai acuan penelitian berikutnya perlu diperhatikan hal-hal berikut :

1. Untuk mendapatkan data yang bervariasi, perlu dilakukan variasi waktu dan pengamplasan yang lebih lama dan pemberian tekanan yang berbeda.
2. Pada saat pengujian matahari gunakanlah alat untuk mengukur intensitas cahaya supaya dapat mengetahui naik dan turunnya panas .
3. Untuk mendapatkan hasil yang baik kita gunakan merk amplas yang bagus.

Daftar Pustaka

Holman, J. P. 1993. *Perpindahan Kalor*. Erlangga : Jakarta.

Jansen, T. J. *Teknologi Rekayasa Surya*. Pradnya Paramita : Jakarta.

Rosenberg, J. L. 1996. *Kimia Dasar*. Erlangga : Jakarta.

Surdia, T. 1991. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Pradnya Paramita : Jakarta.