

## Pembuatan Permukaan Selektif Dengan Metode Gerinda Untuk Meningkatkan Efisiensi Kolektor Surya Termal

**Budi Setyahandana**

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma  
Kampus III Paingan, Maguwoharjo, Yogyakarta Indonesia  
Phone: +62-274-883037, Fax: +62-274-886529  
E-mail: [budisetya@staff.usd.ac.id](mailto:budisetya@staff.usd.ac.id)

### **Abstrak**

*Saat ini kebutuhan energi alternatif dirasa semakin mendesak, seiring dengan menipisnya persediaan minyak bumi. Isu tentang energi terbarukan menjadi hangat dibicarakan. Salah satu energi terbarukan yang dapat kita nikmati adalah energi panas matahari.*

*Makalah ini menyajikan evaluasi eksperimental peningkatan efisiensi panas kolektor surya termal melalui pembentukan permukaan selektif. Pembuatan permukaan selektif dilakukan dengan metode grinding. Variasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah kekasaran batu gerinda, lama penggerindaan dan penambahan serbuk karbon pada saat penggerindaan. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian absorptivitas, emisivitas dan kenaikan suhu.*

*Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa permukaan selektif pada pelat aluminium meningkatkan absorptivitas dan emisivitasnya. Pada pengujian di bawah sinar matahari langsung, suhu pelat yang dilapisi permukaan selektif meningkat secara signifikan dibandingkan material awal. Kenaikan suhu ini lebih tinggi daripada kondisi yang dicapai oleh pelat yang dicat hitam.*

*Kata kunci : kolektor surya thermal, permukaan selektif, absorptivitas, emisivitas*

### **1. Pendahuluan**

Energi fosil khususnya minyak bumi, merupakan sumber energi utama, tetapi cadangan energi fosil yang dimiliki Indonesia jumlahnya semakin berkurang dan suatu saat nanti akan habis. Sementara itu, konsumsi energi terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan pertambahan penduduk. Kenyataan ini membuat orang semakin yakin bahwa sumber energi terbarukan merupakan jawaban sumber energi dimasa datang karena sumber energi ini tersedia sepanjang masa, cuma-cuma, dan tidak merusak lingkungan.

Potensi energi terbarukan di Indonesia seperti, biomassa, panas bumi, energi surya, energi air, energi angin, dan energi samudra cukup besar sehingga mempunyai peluang untuk dikembangkan. Sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya dengan radiasi harian rata-rata 4,8 kWh/m<sup>2</sup>. Untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut, ada 2 (dua) macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu teknologi surya termal dan energi surya fotovoltaik. Cara yang paling sederhana dan langsung dalam memanfaatkan energi surya adalah mengkonversikan radiasi surya yang datang menjadi panas (disebut konversi surya termal). Cara ini menggunakan alat penerima/pengumpul (kolektor) yang berfungsi untuk mengumpulkan radiasi surya sebanyak mungkin dan mengalirkan energi yang diperoleh ke fluida kerja.

Efisiensi konversi sangat tergantung pada sifat-sifat pelat absorber dalam kolektor. Kemampuan pelat absorber dalam menyerap radiasi surya (radiasi gelombang pendek) tergantung pada faktor absorptivitas surya ( $\alpha$ ). Faktor absorptivitas surya ini berkisar dari 0 (nol) sampai 1 (satu). Makin besar faktor absorptivitas surya suatu pelat absorber semakin besar efisiensi konversinya. Ketika pelat absorber menyerap radiasi surya maka temperatur pelat akan naik dan sifat alami dari suatu benda yang mempunyai temperatur lebih tinggi dari benda lain/ sekitar adalah memancarkan energi secara radiasi. Besar radiasi yang dipancarkan pelat absorber (radiasi gelombang panjang) tergantung pada faktor emisivitas termal ( $\epsilon$ ). Faktor emisivitas termal ini berkisar dari 0 (nol) sampai 1 (satu), semakin besar faktor emisivitas termal suatu pelat absorber semakin besar rugi-rugi energi yang terjadi. Umumnya suatu pelat absorber yang mempunyai faktor absorptivitas surya yang besar akan mempunyai faktor emisivitas termal yang besar juga. Idealnya permukaan pelat absorber memiliki harga absorptivitas surya yang tinggi yaitu mendekati 1 (satu), tetapi memiliki harga emisivitas termal yang rendah yaitu mendekati 0 (nol), permukaan seperti ini disebut permukaan selektif.

Bahan yang memiliki sifat permukaan selektif tidak terdapat di alam, tetapi secara teknologi permukaan selektif dapat dibuat. Beberapa metode yang digunakan untuk membuat permukaan selektif misalnya penguapan vakum, teknik *sputtering*, pertukaran ion pada permukaan, *chemical vapour disposition (CVD)*, oksidasi kimia, pencelupan pada larutan kimia, *electroplating*, *spraying*, cat kuningan, serta secara mekanik (penggerindaan), dan lain-lain.

Pada penelitian ini akan dipakai metode mekanik (gerinda) untuk menghasilkan permukaan selektif. Metode ini dipilih karena relatif tidak mahal, tidak menggunakan bahan kimia sehingga tidak merusak lingkungan dan dapat diterapkan pada industri lokal. Aluminium dipilih sebagai bahan pelat absorber karena tidak beracun, relatif murah dan mudah diperoleh di pasar lokal serta memiliki sifat dasar yang baik sebagai pelat absorber.

Sifat permukaan selektif pada metoda gerinda ini ditentukan oleh ada tidaknya lapisan  $C/Al_2O_3/Al$  pada permukaan serta tingkat keseragaman struktur lapisan. Pelat absorber harus memiliki faktor absorptivitas surya yang besar (mendekati satu), emisivitas termal yang kecil (mendekati nol), transisi spektral yang tajam antara absorptivitas surya yang tinggi dengan emisivitas termal yang rendah, sifat optik dan fisik yang stabil, kualitas kontak pelat dengan lapisan selektif yang baik dan mudah di aplikasikan (Pandey dan Banerjee, 1998). Lapisan permukaan oksida tembaga merupakan permukaan selektif pertama yang digunakan pada pemakaian praktis. Lapisan oksida tembaga dibentuk dengan konversi kimia yaitu dengan mencelupkan pelat tembaga yang telah dibersihkan dan dipolis ke dalam larutan panas NaOH dan larutan NaCl selama waktu tertentu. Faktor absorptivitas surya ( $\alpha$ ) yang didapatkan sebesar 0,89 dan faktor emisivitas termal ( $\epsilon$ ) sebesar 0,17 (Choudhury, 2002). Permukaan selektif oksida kobalt (Co) dapat dibuat dengan metode *electroplating* pada pelat baja-nikel, dengan metode ini didapatkan faktor absorptivitas surya ( $\alpha$ ) antara 0,87 – 0,92 dan faktor emisivitas termal ( $\epsilon$ ) antara 0,07 – 0,08 (Choudhury, 2002). Penelitian proses pembuatan permukaan selektif dengan metode *sputtering* berhasil menurunkan faktor emisivitas termal ( $\epsilon$ ) dari 0,12 menjadi 0,06 dengan mengganti lapisan anti korosi dari Ni-Cr menjadi Cu-Ni dan menaikkan absorptivitas surya ( $\alpha$ ) dari 0,89-0,91 menjadi 0,97 (Gelin, 2004). Oksidasi aluminium dan pigmentasi nikel dengan metode elektrokimia dalam pembuatan permukaan selektif menghasilkan absorptivitas surya sebesar 0,91 dan emisivitas termal sebesar 0,17 (Kadirgan et al, 1999). Penelitian daya tahan permukaan selektif pada absorber aluminium menunjukkan peningkatan absorptivitas surya dari 0,81-0,86 menjadi 0,87-0,89 dan penurunan emisivitas termal dari 0,30-0,35 menjadi 0,17-0,19 setelah pengujian selama 250 hari (Konttinen, 2000).

Pembuatan permukaan selektif  $C/Al_2O_3/Al$  dengan metode gerinda menggunakan kekasaran permukaan gerinda  $1 \mu m - 2 \mu m$  menghasilkan absorptivitas surya sebesar 0,90 dan emisivitas termal sebesar 0,25 (Konttinen et al, 2003). Pengujian mikrostruktur permukaan selektif pada metode gerinda menunjukkan bahwa komposisi dan struktur dari alat gerinda dapat mempengaruhi hasil. Dengan menggunakan komposisi dan struktur gerinda yang tepat dapat menaikkan absorptivitas surya sampai di atas 0,94 (Konttinen et al, 2003). Penelitian karakterisasi permukaan selektif  $C/Al_2O_3/Al$  dengan metode gerinda menunjukkan bahwa penurunan unjuk kerja absorber disebabkan adanya embun pada permukaan. Embun akan menyebabkan hidrasi  $Al_2O_3$ , karenanya penambahan penahan uap air pada kolektor sangat disarankan terutama pada daerah dengan kelembaban udara yang tinggi (Konttinen, 2004).

Makalah ini menyajikan evaluasi eksperimental peningkatan efisiensi panas kolektor surya termal melalui pembentukan permukaan selektif. Pembuatan permukaan selektif dilakukan dengan metode grinding. Variasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah kekasaran batu gerinda, lama penggerindaan dan penambahan serbuk karbon pada saat penggerindaan. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian absorptivitas, emisivitas dan kenaikan suhu. Hasil eksperimen ini diharapkan dapat dikembangkan ke penelitian yang lebih baik untuk menjajagi kemungkinan pembuatan permukaan selektif dengan bahan yang ada di pasar lokal dan teknologi yang dapat didukung kemampuan industri lokal.

## 2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan adalah pelat Aluminium yang terdapat di pasaran tanpa sertifikasi. Tebal pelat 2 mm. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mesin gerinda/amplas, alat uji emisivitas termal, alat uji absorptivitas surya, dan alat uji efisiensi kolektor dengan sinar matahari.

### 2.1. Variabel yang divariasikan :

1. Penggunaan serbuk karbon, divariasikan menggunakan dan tidak menggunakan
2. Lama waktu penggerindaan, divariasikan 10, 20, dan 30 menit.
3. Kekasaran batu gerinda, divariasikan 1500 dan 2000

### 2.2. Variabel yang diukur :

1. Emisivitas termal
2. Reflektivitas surya
3. Suhu spesimen di bawah sinar matahari

### 2.3. Langkah penelitian:

Untuk tiap variasi parameter dilakukan langkah penelitian sebagai berikut :

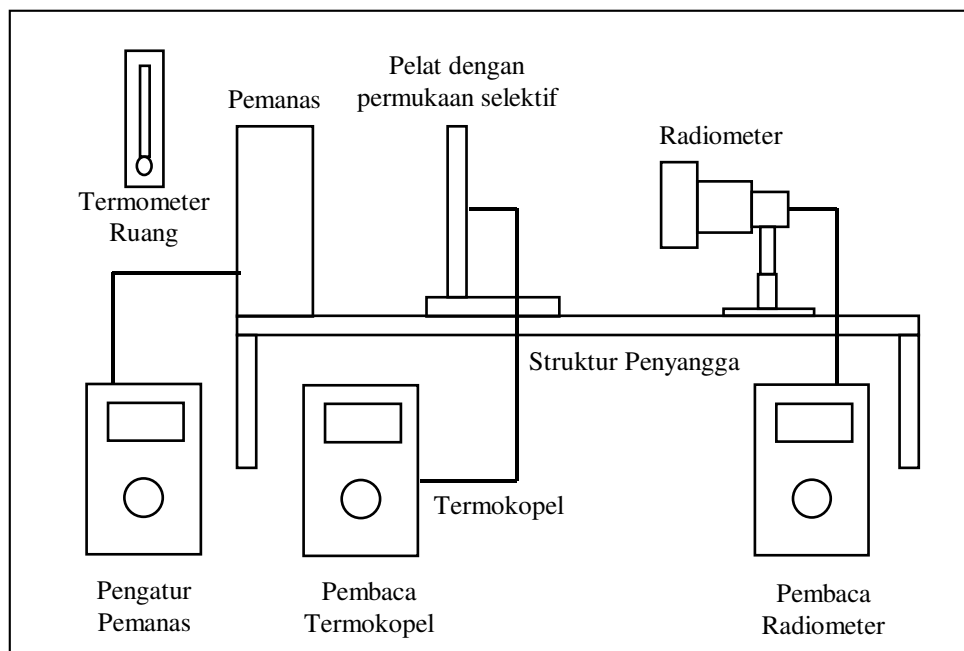
1. Uji emisivitas termal dan absorptivitas surya bahan mula-mula
2. Proses pembuatan permukaan selektif
3. Uji emisivitas termal dan absorptivitas surya setelah terdapat permukaan selektif
4. Uji efisiensi kolektor (dengan pemanasan sinar matahari)

### Penjelasan Langkah penelitian:

#### 1. Uji emisivitas termal dan absorptivitas surya

Uji ini bertujuan untuk mengetahui emisivitas termal dan absorptivitas surya pelat absorber.

Uji ini dilakukan pada bahan sebelum dan setelah proses pembentukan permukaan selektif.



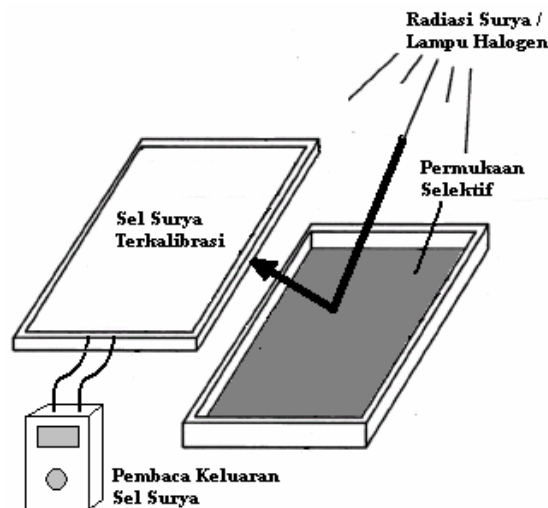
Gambar 1. Skema peralatan uji emisivitas termal

Langkah pengujian emisivitas termal :

1. Pelat yang akan diuji merupakan sampel berukuran 10 cm x 15 cm.
2. Mengatur/memvariasikan daya pemanas.
3. Mencatat temperatur permukaan tiap benda uji ( $T_s$ ) pada tiap variasi daya pemanas.
4. Mencatat pembacaan radiometer (R)
5. Mencatat temperatur ruang ( $T_A$ )
6. Menghitung energi yang dipancarkan benda uji (q) dengan persamaan (2)
7. Menghitung energi yang dipancarkan pelat dengan menggunakan persamaan  $q = 5,59 \times R$ , konstanta 5,59 disini merupakan hasil kalibrasi alat radiometer sehingga untuk radiometer lain mungkin mempunyai tetapan sendiri (tergantung dari pabrik pembuatnya).
8. Menghitung emisivitas termal pelat ( $\epsilon$ ) dengan persamaan (10)

Langkah pengujian absorptivitas surya:

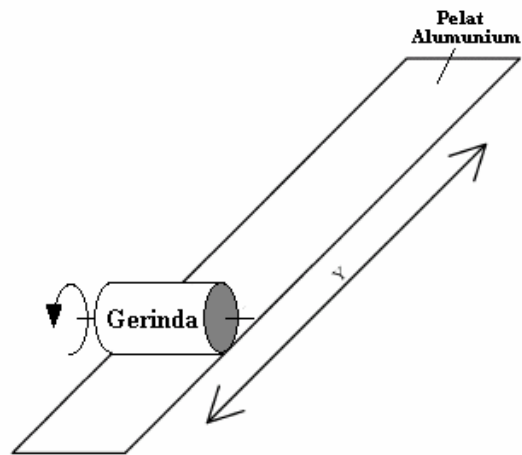
Pengukuran absorptivitas surya dengan mengukur reflektivitas surya dilakukan dengan memancarkan radiasi gelombang pendek (dari surya secara langsung atau dengan menggunakan lampu halogen) kearah pelat dan mengukur besar energi radiasi datang dan bagian energi yang dipantulkan dengan menggunakan sel surya yang terkalibrasi. Reflektivitas pelat merupakan perbandingan bagian energi radiasi yang dipantulkan dengan total energi radiasi yang datang. Setelah reflektivitas pelat diketahui maka absorptivitas surya pelat dapat dihitung.



Gambar 2. Skema peralatan uji absorptivitas surya

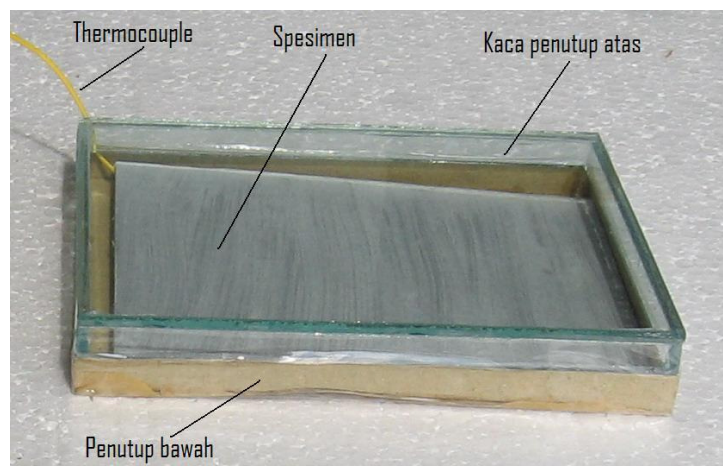
## 2. Proses pembuatan permukaan selektif $C/Al_2O_3/Al$

Pelat aluminium yang dipakai berukuran panjang 2 m, lebar 1,2 m, dan tebal 2 mm. Ukuran partikel gerinda/amplas yang digunakan 17  $\mu$ m dan 13  $\mu$ m. Pelat aluminium bergerak maju dan mundur dengan kecepatan kurang dari 1 m/s, sedangkan kecepatan gerinda divariasikan antara 0 sampai 20 m/s. Selama proses penggerindaan mata gerinda ditaburi serbuk karbon, yang melekat pada gerinda karena listrik statis. Serbuk karbon bereaksi dengan permukaan yang digerinda (mengandung  $Al_2O_3$  dan Al yang tidak teroksidasi) dan pada hasil akhir oksigen atmosfer akan membentuk struktur matrik pada permukaan. Struktur terdiri dari beberapa unsur seperti Al, O, dan C, dan unsur-unsur ini berbentuk lapisan hitam atau abu-abu. Dengan mengubah ukuran partikel gerinda dan waktu penggerindaan akan memberikan efek kuat pada sifat optik pada permukaan yang dibentuk.



Gambar 3. Skema pembuatan permukaan selektif

### 3. Uji efisiensi kolektor (dengan pemanasan sinar matahari langsung)



Gambar 4. Peralatan uji efisiensi kolektor

Semua temperatur diukur dengan termokopel sedangkan energi surya yang datang diukur dengan sel surya yang sudah dikalibrasi. Dari pengukuran parameter-parameter ini muncul besaran suhu kolektor untuk bermacam-macam perlakuan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

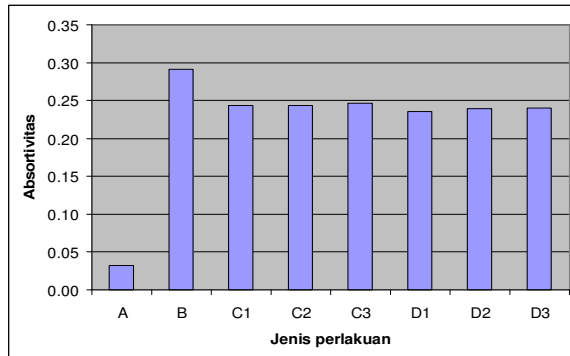
Secara umum dapat dikatakan bahwa metode grinding ini mampu meningkatkan absorpsi material awal secara signifikan, meskipun kemampuan absorpsi pelat yang memperoleh metode grinding ini masih di bawah kemampuan absorpsi pelat yang dicat hitam. Harga emisi yang diperoleh melalui metode grinding menunjukkan kenaikan jika dibanding material awal, tetapi masih lebih kecil jika dibanding pelat yang dicat hitam.

Secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa metode grinding dengan penambahan serbuk karbon mampu meningkatkan suhu pelat Aluminium. Keadaan ini berlaku secara umum, baik jika dibandingkan dengan material awal maupun pelat yang dicat hitam.

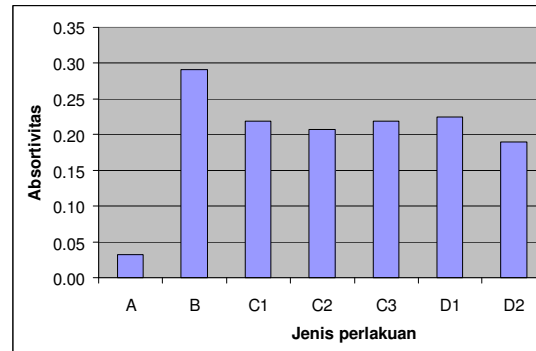
Meskipun demikian, hasil penelitian yang diperoleh masih belum seperti yang diharapkan. Hal ini terjadi karena beberapa hal:

1. Lapisan selektif belum terbentuk, sehingga menyebabkan absorpsi tidak dapat mencapai harga yang tinggi sedangkan di sisi lain harga emisinya masih terlalu tinggi.
2. Besarnya butiran batu gerinda. Pada penelitian ini, grain size batu gerinda/amplas yang digunakan adalah 17 dan 13  $\mu\text{m}$ . Ukuran ini masih terlalu besar jika dibanding dengan referensi (kekasaran permukaan gerinda 1  $\mu\text{m}$  – 2  $\mu\text{m}$ ).
3. Alat uji yang belum terkalibrasi secara benar. Alat mengamati fenomena/perbandingan hasil antara material awal, dicat hitam, dan hasil perlakuan. Pada kejadian ini, alat uji dapat berfungsi dengan baik (secara kualitatif). Tetapi secara kuantitatif, alat uji masih perlu dikalibrasi.

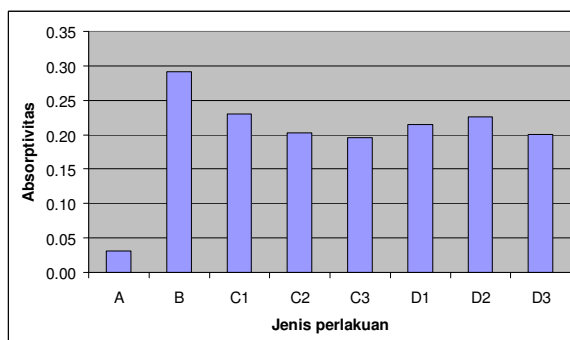
Hasil pengujian dalam bentuk grafik tersaji pada Gambar 5 – Gambar 13.



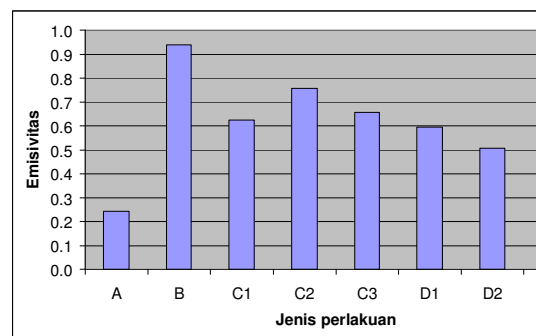
Gambar 5. Grafik absorptivitas pelat Al yang diampas tanpa ditambah serbuk karbon



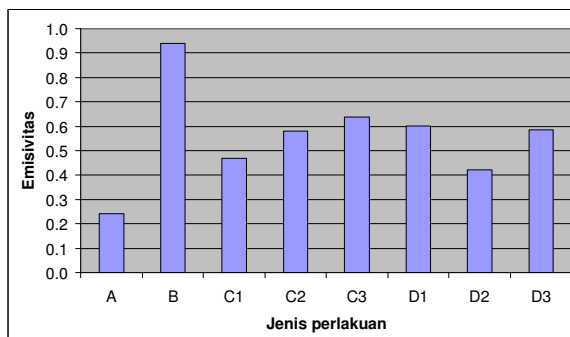
Gambar 6. Grafik absorptivitas pelat Al yang digerinda dan diampas dengan ditambah serbuk karbon



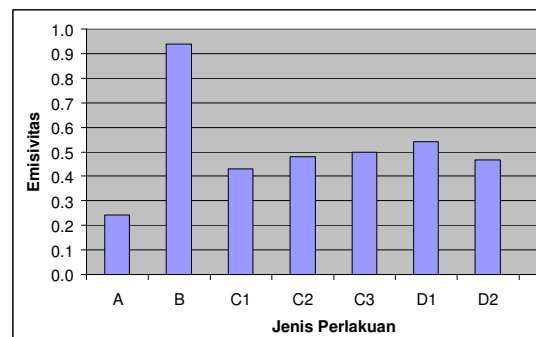
Gambar 7. Grafik absorptivitas pelat Al yang diampas dengan ditambah serbuk karbon



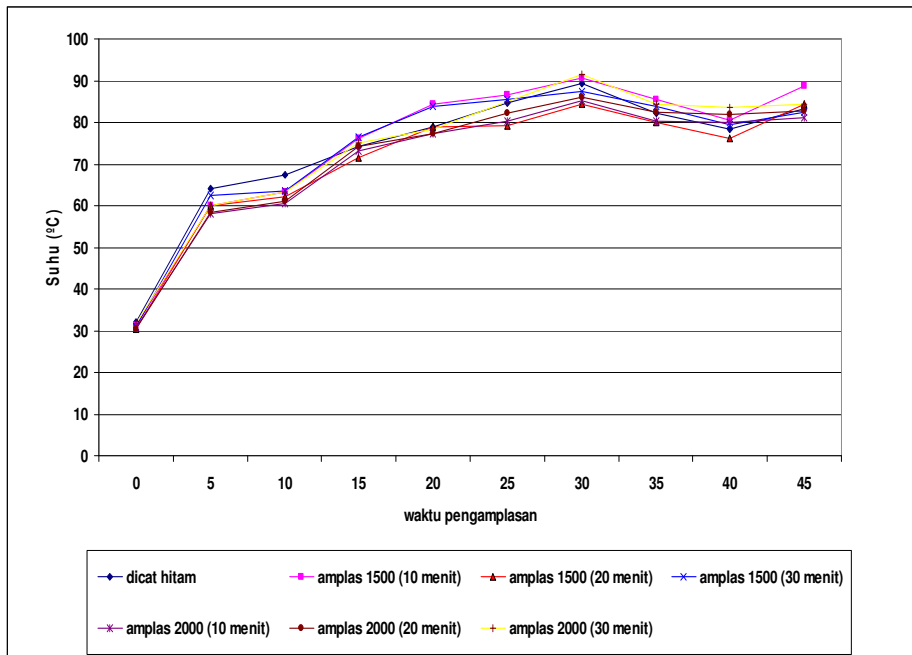
Gambar 8. Grafik emisivitas pelat Al yang diampas tanpa ditambah serbuk karbon



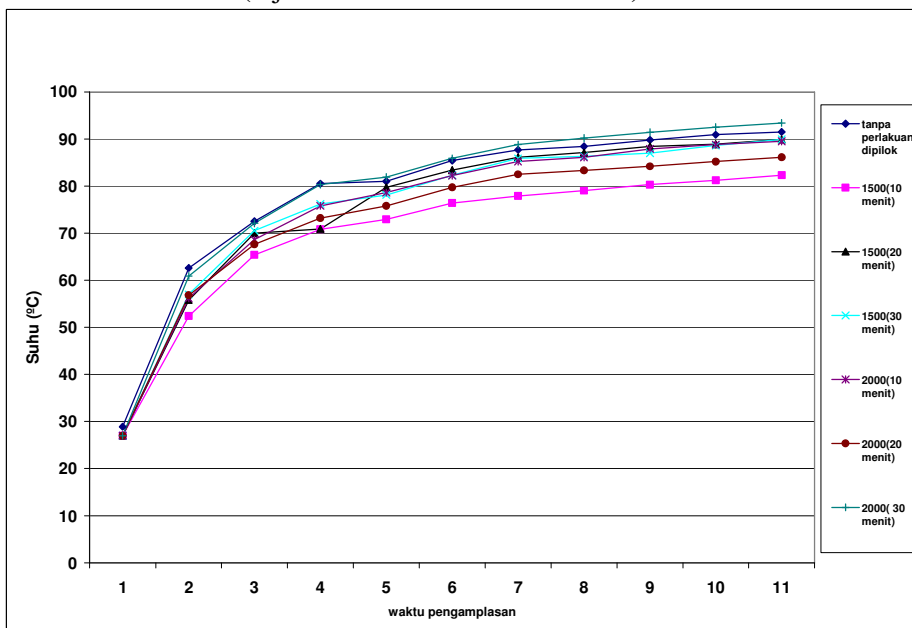
Gambar 9. Grafik emisivitas pelat Al yang digerinda dan diampas dengan ditambah serbuk karbon



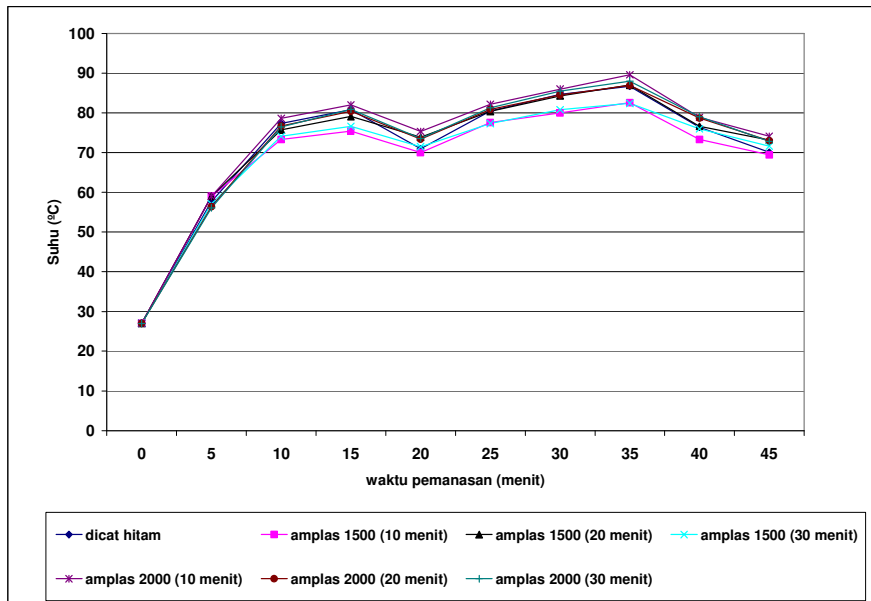
Gambar 10. Grafik emisivitas pelat Al yang diampas dengan ditambah serbuk karbon



Gambar 11. Grafik suhu pelat Al yang diampas tanpa ditambah serbuk karbon (dijemur di bawah sinar matahari)



Gambar 12. Grafik suhu pelat Al yang digerinda dan diampas dengan ditambah serbuk karbon (dijemur di bawah sinar matahari)



Gambar 13. Grafik suhu pelat Al yang diampas dengan ditambah serbuk karbon (dijemur di bawah sinar matahari)

#### 4. Kesimpulan

1. Pada penelitian ini pengecilan grain size batu gerinda/amplas (dari 17  $\mu$ m menjadi 13  $\mu$ m) mampu meningkatkan absorptivitas sebesar 1,7%, sekaligus menurunkan emisivitas sebesar 4,3%.
2. Pada penelitian ini pelat kolektor dengan permukaan selektif mampu mencapai temperatur 95,7°C. Pada saat yang sama, pelat kolektor yang dicat hitam hanya mencapai temperatur 91,8°C.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada saudara Antonius Dony Cahyadi, Bernadus Hery Setyo Nugroho, dan Tiberius Tomo Novisardy atas bantuannya dalam proses pengambilan data pada penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Choudhury, G.M., 2002, *Selective Surface for efficient Solar Thermal Conversion*, Bangladesh Renewable Energy Newsletter, No.1 Vol.1, No.2 , Vols. 2 & 3 (July 2000 - Dec.2002)
2. Gelin, K., 2004, *Preparation and Characterization of Sputter deposited Spectrally Selective Solar Absorbers*, Comprehensive Summaries Doctoral Dissertation Thesis, Acta Universitatis Upsaliensis, Uppsala
3. Kadirgan, F.; Wackelgard, E.; S'Ohmen, M., 1999, *Electrochemical Characterization of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ni Thin Film Selective Surface on Aluminium*, Turk J Chem, 23, 381-391.
4. Konttinen P., 2000, *Accelerated Aging And Optical Characterization Of Absorber Surfaces For Solar Collectors*, Licentiate of Science in Technology Thesis, Helsinki University Of Technology Espoo, Finland
5. Konttinen, P.; Lund, P.D.; Kilpi, R.J., 2003, *Mechanically Manufactured Selective Solar Absorber Surfaces*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 79, 273-283
6. Konttinen, P.; Lund, P.D.; Kilpi, R.J., 2003, *Microstructural Analysis Of Selective C/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al Solar Absorber Surfaces*, Thin Solid Films 425, 24-30
7. Konttinen, P., 2004, *Characterization and aging studies of selective solar C/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al absorber surfaces*, Doctoral Dissertation Thesis, Helsinki University of Technology Espoo, Finland
8. Pandey, J.L.; Banerjee, M.K., 1998, Energy conservation with the use of solar selective coatings, *Anti-Corrosion Methods and Materials*, MCB University Press, Vol. 45 No.1, 16-24