

Analisa Performansi Kolektor Surya Plat Datar Dengan Penambahan Sirip Berlubang Berdiameter Berbeda Yang Disusun Secara Staggered

Agus Junianto, Ketut Astawa, I Nengah Suarnadwipa.
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Energi panas matahari merupakan energi yang terbarukan namun penggunaannya saat ini di masyarakat belum optimal. Oleh karena itu, perlu dilakukan sebuah penelitian untuk mengoptimalkan energi panas matahari sehingga energi panas yang disalurkan lebih besar dan proses pengeringan menjadi lebih singkat. Perangkat yang bisa digunakan untuk memanfaatkan energi panas matahari disebut kolektor surya. Berbekal dari penelitian sebelumnya, maka penulis melakukan modifikasi kolektor surya pelat datar yang bertujuan untuk mengubah arah aliran massa udara. Aliran massa udara diubah dari lubang sirip line menjadi lubang sirip staggerred. Penelitian dilakukan secara eksperimental. Hasil penelitian ini adalah energi berguna yang dihasilkan kolektor surya dengan sirip berlubang diameter besar kekecil sebesar 258,1197 W dan kolektor surya dengan sirip berlubang diameter kecil ke besarsebesar 217,7755 W. Selanjutnya, efisiensi yang dihasilkan pada kolektor surya dengan sirip berlubang diameter besar ke kecil sebesar 37,4086 % dan kolektor surya dengan sirip berlubang diameter kecil kebesar sebesar 31,5617 %.

Kata Kunci : Kolektor surya pelat datar, Sirip pelat berlubang, Performa kolektor

Abstract

Solar thermal energy is a renewable energy, but its use in society today is not optimal. Therefore, it is necessary to do a study to optimize solar thermal energy so that energy is channeled greater heat and drying process becomes shorter. Devices that can be used to harness the sun's heat energy called a solar collector. Armed with previous studies, the authors make modifications flat plate solar collector that aims to change the direction of the flow of air masses. Mass air flow changed from the hole fin line into staggerred. The study was carried out experimentally. The results of this study are useful energy produced by solar collectors with hollow fin large to small diameter of 258.1197 W and solar collectors with fins perforated small to large diameter of 217.7755 W. Subsequently, the resulting efficiency in solar collectors with a diameter perforated fins large to small of 37.4086% and solar collectors with fins perforated small to large diameter of 31.5617%.

Keywords: Flat Plate Solar Collectors, Perforated Plate Fin, Performance Collectors

1. Pendahuluan

Energi mempunyai peran yang besar dalam kehidupan manusia. Salah satu energi berguna yang pemanfaatannya belum optimal adalah energi panas matahari. Energi panas matahari dapat digunakan untuk berbagai hal, salah satu manfaat terbesarnya adalah untuk pengeringan, seperti mengeringkan pakaian, gabah, dan kebutuhan rumah tangga lainnya. Namun demikian, dari segi efisiensi, proses pengeringan tersebut terbilang belum optimal karena waktu yang diperlukan relatif lama dan ruang yang dibutuhkan relatif besar. Berkenaan dengan hal tersebut, penulis melakukan penelitian dengan mengoptimalkan energi panas matahari untuk mempercepat pengeringan dengan menyerap panas, sehingga energi panas yang disalurkan lebih besar dan proses pengeringan menjadi lebih singkat.

Kolektor surya merupakan peralatan yang digunakan untuk mengubah energi radiasi matahari ke bentuk energi panas untuk memenuhi berbagai kebutuhan (Kristanto, 2000, p.22). Kolektor tersebut mampu menyerap dan memindahkan panas dari energi matahari ke fluida kerja.

Ada beberapa tipe kolektor surya, salah satu diantaranya yang sudah banyak dikenal adalah kolektor surya pelat datar. Jenis kolektor ini menggunakan alat berupa plat datar, permukaannya dicat warna hitam doff untuk mendapatkan penyerapan radiasi matahari yang optimal dan selanjutnya kalor ditransfer ke fluida kerja. Agar tidak terjadi kerugian panas ke lingkungan, maka digunakan penutup transparan sehingga terjadi efek rumah kaca, sedangkan pada bagian bawah dan samping diberikan isolasi.

Beberapa peneliti terdahulu tentang kolektor surya plat datar dengan unjuk kerja performansi kolektor surya pelat datar dengan aliran di bawah pelat berlubang dengan variasi diameter berbeda (Sudarpa, 2012) dan penelitian dengan modifikasi kolektor surya plat datar dengan sirip berlubang yg disusun pada satu poros atau line (Gigih, 2015) berdasarkan penelitian terdahulu itu maka penulis melakukan modifikasi kolektor surya pelat datar yang bertujuan untuk mengubah arah aliran massa udara yaitu dengan mengubah alur udara yang pada penelitian sebelumnya line diubah menjadi staggerred. Di sini terdapat lima diameter lubang

dengan ukuran 9cm, 7cm, 5cm, 3cm, dan 1cm pada masing masing plat. Sementara itu dalam penelitian ini, sumbu lubang pada plat diposisikan *staggered* di bagian bawah pelat penyerap. Jarak antar plat berlubang berukuran 20 cm. Dengan variasi ukuran diameter dan tata letak lubang seperti ini diharapkan fluida berada lebih lama di dalam kolektor diakibatkan terjadi turbulensi oleh plat berlubang yang diposisikan *staggered* sehingga perpindahan panas yang terjadi pada kolektor surya plat penyerap menjadi lebih optimal.

Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimanakah performansi kolektor surya plat datar dengan penambahan sirip berlubang berdiameter berbeda yang disusun secara *staggered*.

Batasan masalah pada penelitian ini dibatasi pada beberapa hal, antara lain sebagai berikut:

1. Pembahasan dibatasi hanya pada penggunaan kolektor surya menggunakan variasi lubang sebagai tempat melajunya aliran.
2. Sirip dipasang dari berdiameter besar kekecil dan dari berdiameter kecil kebesar.
3. Sistem dalam keadaan *steady (steady state)*.
4. Sifat fisik udara yang mengalir konstan melalui pelat berlubang.
5. Debu dan kotoran di atas kolektor diabaikan

2 Dasar Teori

Prinsip kerja kolektor surya plat penyerap adalah memindahkan radiasi matahari ke fluida kerja. Radiasi matahari yang jatuh pada cover kaca sebagian akan langsung dipantulkan, sebagian akan diserap, dan sebagiannya lagi akan diteruskan ke plat penyerap. Radiasi yang sampai pada plat penyerap akan diserap panasnya oleh plat penyerap. Panas yang diserap oleh plat penyerap akan digunakan untuk memanaskan fluida kerja yang berupa udara mengalir. Proses perpindahan panas dari radiasi matahari sampai pada fluida kerja melalui tiga mekanisme perpindahan panas yaitu, konduksi, konveksi, dan radiasi.

2.1 Energi

Konversi energi adalah perubahan bentuk energi dari yang satu menjadi energi yang lain

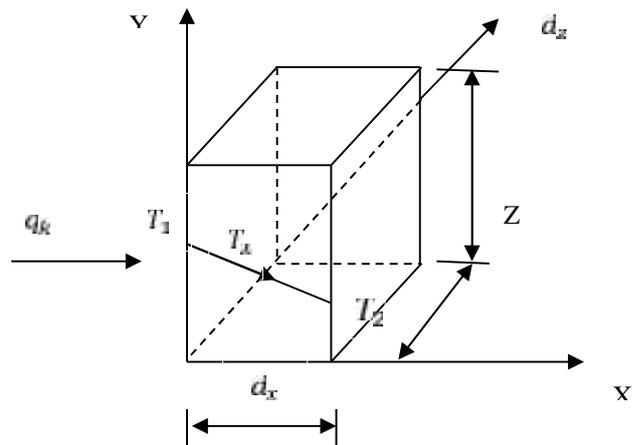
2.2 Perpindahan Panas

Perpindahan panas atau *heat transfer* adalah ilmu yang meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur, dimana energi yang berpindah tersebut dinamakan kalor atau panas (*heat*).

2.2.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi merupakan perpindahan panas yang terjadi pada suatu media ataupun media fluida yang diakibatkan adanya perbedaan temperature eantara permukaan yang

satu dengan permukaan yang lain pada media tersebut.



Gambar 1. Perpindahan panas konduksi pada dinding datar

Sumber: (incropera, DeWitt, Bergman, Lavine. 1996 Halaman 14)

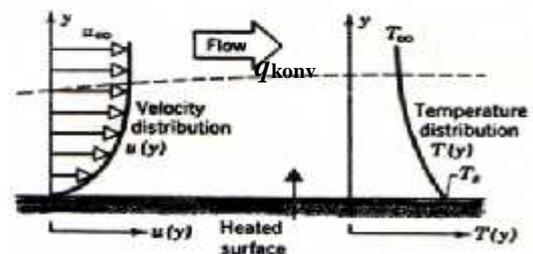
Persamaan laju konduksi dikenal dengan Hukum Fourier tentang Konduksi (*Fourier Law of Heat Conduction*), yang persamaan matematikanya

$$\text{sebagaimana berikut: } q_{kond} = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots(1)$$

Tanda negatif (-) diisi agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa panas mengalir dari media yang bertemperatur lebih tinggi menuju media yang temperaturnya lebih rendah.

2.2.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi dari suatu permukaan media padat atau fluida yang diam menuju fluida yang mengalir atau bergerak atau sebaliknya akibat adanya perbedaan temperatur.



Gambar 2. Perpindahan panas konveksi dari permukaan media padat ke fluida yang mengalir

Sumber: (Incropera dan De Witt, 3rd ed. page 7)

Laju perpindahan panas konveksi adalah merupakan hukum Newton tentang pendinginan (*Newton's Law of Cooling*) yaitu:

$$q_{konv} = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_\infty) \dots\dots\dots(2)$$

- q_k = Laju perpindahan panas konveksi (W)
- h = Koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2.K$)
- A_s = Luas permukaan perpindahan panas (m^2)
- T_s = Temperatur permukaan (K)
- T_∞ = Temperatur fluida (K)

Menurut aliran fluidanya, perpindahan panas konveksi dapat diklasifikasikan menjadi:

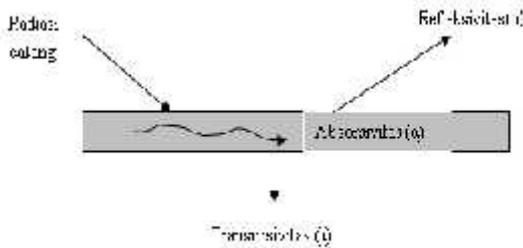
- a. Konveksi paksa (*forced convection*),
- b. Konveksi alamiah (*natural convection*),

2.2.3 Perpindahan Panas Radiasi

Energi dari medan radiasi ditransportasikan oleh pancaran atau gelombang elektromagnetik (photon), dan asalnya dari energi dalam material yang memancar.

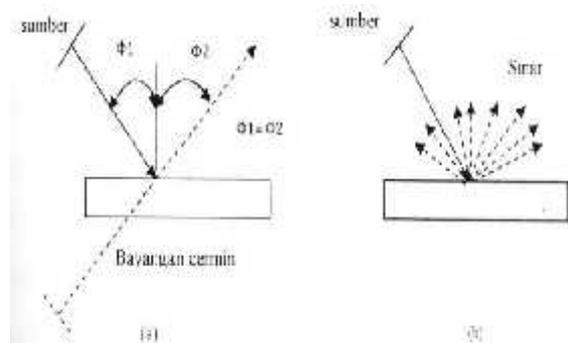
2.3 Radiasi Matahari

Bila energi radiasi menimpa permukaan suatu media, maka sebagian energi radiasi tersebut akan dipantulkan (*refleksi*), sebagian akan diserap (*absorpsi*), dan sebagian lagi akan diteruskan (*transmisi*),



Gambar 3. Bagan pengaruh radiasi datang
Sumber: (Bejan, 1993 page 507)

Jika berkas jatuh radiasi tersebar merata ke segala arah sesudah *refleksi*, maka dikatakan refleksi tersebut sebagai refleksi baur (*diffuse*).

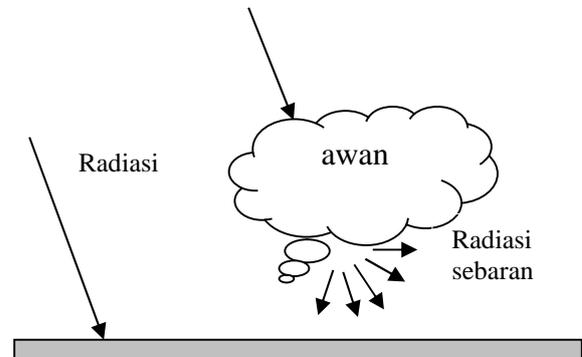


Gambar 4. Fenomena refleksi (a) spekulat (b) refleksi baur.

Sumber: (Holman, 1997 page 344)

Intensitas radiasi matahari akan berkurang karena penyerapan dan pantulan oleh atmosfer

sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang gelombang pendek (*ultraviolet*). Sedangkan karbondioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (*inframerah*).



Gambar 5. Radiasi sorotan dan radiasi sebaran
Sumber: (Arismunandar, 1995 page 18)

Penjumlahan radiasi sorotan atau *beam*, I_b , dan radiasi sebaran atau *diffuse*, I_d , merupakan radiasi total, I , pada permukaan horizontal per jam yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I = I_b + I_d \dots\dots\dots(3)$$

Harga I juga dapat diukur dengan menggunakan solarymeter.

2.4 Konstanta Matahari

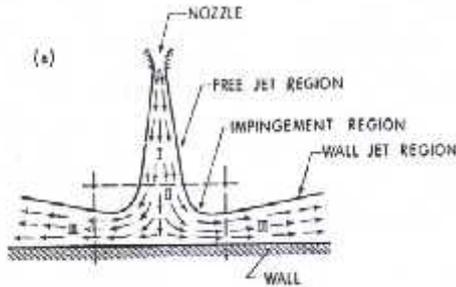
Konstanta surya didefinisikan sebagai energi dari matahari persatuan waktu yang diterima oleh suatu unit luasan permukaan tegak lurus arah rambatan radiasi, pada jarak rata-rata bumi dengan matahari di luar atmosfer bumi yang besarnya adalah $E_s = \sigma d_s^2 T_s^4 (w)$ (Arismunandar, 1995)

2.5 Radiasi yang Diserap Kolektor Surya

Pada kolektor surya untuk pemanas udara, radiasi matahari tidak akan sepenuhnya diserap oleh plat penyerap. Sebagian dari radiasi itu akan dipantulkan (*refleksi*) menuju bagian dalam penutup transparan. Dari penutup transparan ini beberapa akan dipantulkan kembali dan sebagian lainnya akan terbuang kelingkungan.

2.6 Kolektor Surya Plat Datar dengan Aliran Impinging Jet

Kolektor surya ini hampir sama dengan kolektor plat datar standar. Bedanya terdapat pada jenis aliran massa udara yang melewati kolektor. Pada kolektor surya standar aliran massa udara secara paralel melewati kolektor dan langsung keluar *outlet* sedangkan pada kolektor ini aliran massa udara menggunakan aliran *impinging* dimana udara akan menimpa plat penyerap terlebih dahulu sebelum keluar melalui *outlet*.



Gambar 4. Impinging jet

Sumber : Anonim www.researchgate.net

3 Metode Penelitian

3.1 Rancangan Penelitian

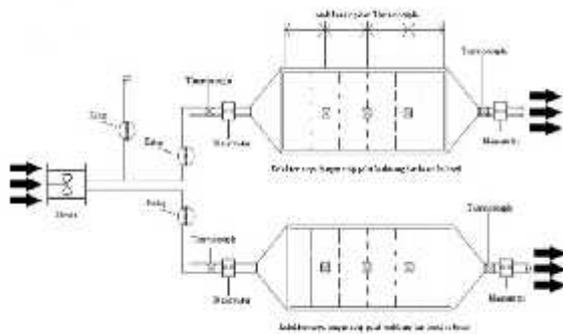
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Penelitian diawali dengan pembuatan kolektor surya plat penyerap dengan aliran *impinging jet* yang menggunakan plat berlubang dengan diameter lubang bervariasi yang disusun secara paralel dibawah plat penyerap.

3.2 Variabel Penelitian

- Variable bebas adalah variable yang mempengaruhi munculnya suatu gejala dalam penelitian ini variable bebasnya intensitas radiasi matahari, diameter sirip dan laju aliran massa.
- Variable terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas yaitu temperatur keluar, energi berguna dan Efisiensi kolektor surya.

3.3 Pengujian Kolektor

Pengujian dilakukan dengan merangkai komponen-komponen yang diperlukan dalam pengambilan data dan meletakkan kolektor surya di tempat datar dan mendapatkan sinar matahari. Agar udara dapat mengalir di dalam kolektor dan menciptakan aliran *impinging jet* digunakan aliran paksa dengan bantuan *blower*.



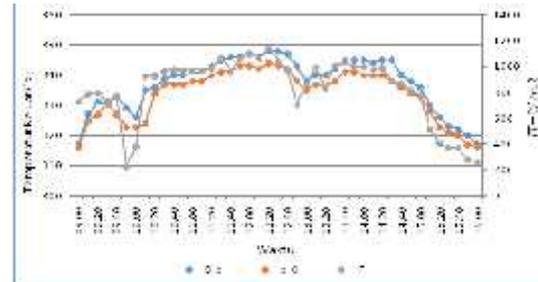
Gambar 7. Rancangan pengujian kolektor surya

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Data

Untuk mempermudah melakukan analisa maka data-data hasil pengujian dan perhitungan digambarkan dalam bentuk grafik. Grafik-grafik yang digambarkan tersebut adalah grafik performansi kolektor surya pelat datardengan penambahan sirip berlubang berdiameter berbeda yang disusun secara staggered yang terdiri dari grafik temperatur keluar, grafik energi berguna dan grafik efisiensi

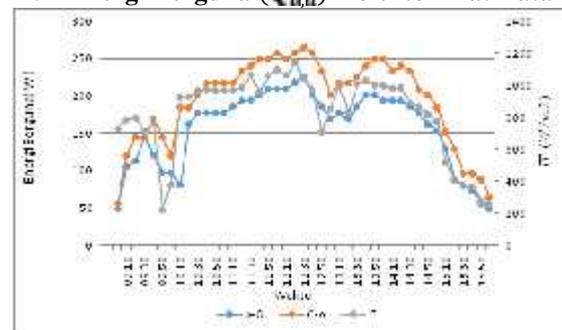
4.2 Temperatur keluar (Tout) kolektor plat datar



Gambar 8. Grafik perbandingan temperatur keluar (Tout) kolektor terhadap waktu

Temperatur keluar kolektor dengan sirip berlubang diameter besar – kecil lebih tinggi dibandingkan dengan temperature keluar kolektor dengan sirip berlubang diameter kecil – besar. Hal tersebut terjadi karena pada kolektor dengan sirip berlubang diameter besar – kecil, distribusi panas yang terjadi lebih cepat atau besar dikarenakan fluida yang mengalir melalui lubang-lubang sirip dari lubang yang besar menuju lubang-lubang yang semakin kecil sehingga temperature keluarannya menjadi tinggi. Pada grafik dapat dilihat juga bahwa intensitas radiasi matahari yang tidak konstan yang dipengaruhi oleh faktor cuaca menyebabkan temperature keluaran kolektor menjadi naik dan turun.

4.4 Energi Berguna (Q_{u,II}) Kolektor Plat Datar

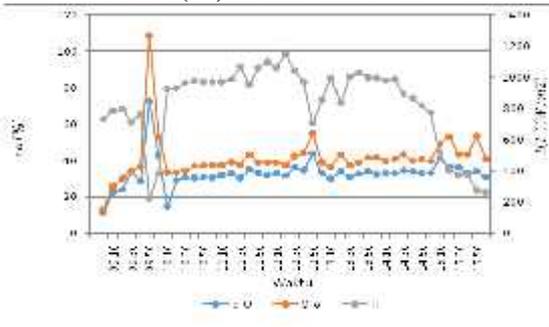


Gambar 9. Grafik perbandingan energi berguna (Q_{u,II}) terhadap waktu

Energi berguna pada kolektor dengan sirip berlubang diameter besar – kecil lebih tinggi dari

pada kolektor dengan sirip berlubang diameter kecil – besar. Hal ini disebabkan karena fluida yang mengalir melalui lubang sirip berdiameter besar menuju sirip berdiameter kecil menyerap panas lebih lama sehingga temperatur keluar lebih tinggi. Temperatur energi berguna yang dihasilkan merupakan fungsi dari temperatur udara keluar kolektor. Apabila temperatur panas keluaran besar maka energi berguna yang didapat akan semakin besar.

4.5 Efisiensi (a) Kolektor Pelat Datar



Gambar 10. Grafik perbandingan efisiensi (a) kolektor terhadap waktu

Efisiensi pada kolektor dengan sirip berdiameter besar ke kecil lebih tinggi dibandingkan kolektor dengan sirip berdiameter kecil ke besar, hal ini disebabkan karena aliran fluida yang mengalir melalui lubang sirip berdiameter besar menuju sirip berdiameter kecil lebih banyak masuk pada sirip berdiameter besar ke kecil dan keluarnya semakin sedikit atau melambat sehingga udara dalam kolektor menyerap panas lebih lama dan temperatur udara keluar kolektor juga menjadi semakin tinggi dan efisiensinya pun menjadi tinggi.

Pada pukul 09:50 terjadi penurunan intensitas dan peningkatan efisiensi yg signifikan hingga 72,6256 % pada kolektor dari diameter kecil ke besar dan 108,9514 % pada kolektor dari diameter besar ke kecil, ini disebabkan karena pada sebelum pukul 09:50 kolektor menyimpan panas yg tersimpan pada kolektor seperti plat penyerap, sirip DLL dan pada pukul 09:50 cuaca mendung mengakibatkan intensitas radiasi matahari menurun hingga 222 W/m², udara yg keluar dari kolektor masih pada suhu tinggi akibat dari panas yg masih tersimpan pada kolektor. Pada keadaan seperti ini kolektor sepenuhnya mengeluarkan panas ke lingkungan.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan bahwa kolektor surya pelat datar dengan variasi diameter lubang dari diameter besar ke kecil menghasilkan temperature keluar yang lebih tinggi dan

menyebabkan energy bergunanya juga lebih tinggi dengan hasil efisiensi sesaat yang didapatkan $T_u = 344 K$, $Q_{u,u} = 217,7755 W$ dan $\eta_u = 31,5617 \%$ sehingga efisiensi hariannya menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan kolektor surya pelat datar dengan variasi diameter dari kecil ke besar. Selain itu, pada kolektor surya yang diameternya diletakkan secara *staggered*, efisiensi dan energi berguna yang dihasilkan suhunya lebih tinggi dibandingkan dengan kolektor surya yang diameternya disusun secara *line* atau lurus

Daftar Pustaka

- [1] Kristanto, P., 2000. *Kolektor Surya Prismatik*. Universitas Petra
- [2] Sudarpa, M., 2012. *Analisa performansi kolektor surya pelat atar menggunakan aliran di bawah pelat berlubang dengan diameter nosel berbeda*. Universitas Udayana
- [3] Predana, Gigih. 2015. *Analisis Performansi Kolektor Surya Plat Datar Dengan Variasi Sirip Berlubang*. Bali : Universitas Udayana
- [4] Incropera, F. P., and De Witt, D. P. 1994. *Fundamental of Heat and Mass Transfer*. Singapore: John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Holman, J.P., 1997 *Heat Transfer*, 8th Edition, McGraw-Hill Companies Inc., USA,
- [5] Arismunandar, W. 1995. *Teknologi Rekayasa Surya*. Jakarta: PT Pradnya Paramita