



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN SOLAR COLLECTOR
JENIS PARABOLA**

SKRIPSI

**PRASETYO UTOMO
0606040021**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM SARJANA EKSTENSI FISIKA
DEPOK
JUNI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN SOLAR COLLECTOR
JENIS PARABOLA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**PRASETYO UTOMO
0606040021**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM SARJANA EKSTENSI FISIKA
INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA
DEPOK
JUNI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Prasetyo Utomo
NPM : 0606040021
Tanda tangan :**

Tanggal : 7-Juni-2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Prasetyo Utomo
NPM : 0606040021
Program Studi : Instrumentasi Elektronika
Judul Skripsi : Rancang Bangun Solar Collector Jenis Parabola

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Science pada Program Studi ekstensi fisika, Fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. A. Harsono Soepardjo M.Eng ()
Pembimbing II : Drs. Arief Sudarmaji, MT ()
Penguji I : Dr. Bef Da Silva ()
Penguji II : Drs. Lingga Hermato Msi ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 7-Juni-2009

KATA PENGANTAR

Damai Sejahtera,

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, atas setetes rahmat dan Roh Kudus yang diberikan-Nya sehingga skripsi ini lahir sesuai dengan rencana. Karunia-Nya juga menyertai penulis dalam setiap hembusan nafas, aliran darah dan denyut jantung, hingga pada waktunya penulis dapat melewati segala halangan-rintang dan berani menorehkan kata yang jauh dari sempurna ini dan dengan harapan dapat bermanfaat bagi scientist yang menjunjung sportivitas, penuh energi dan kreasi di manapun mereka berada.

Adapun tujuan dari pembuatan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Ekstensi pada Program Studi Fisika Instrumentasi Elektronika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Telah banyak kendala yang menimpa penulis baik segi teknis maupun non-teknis. Tidak hanya Tuhan, tetapi makhluk ciptaan-Nya yang paling sempurna turut membantu dalam segala hal. Niscaya, tanpa campur tangan mereka tulisan inipun tak bergores. Atas Dasar itulah yang membuat penulis berucap syukur yang mendalam kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah melimpahkan Berkat-Nya kepada manusia yang berdosa ini.
2. Kedua Orang tua tercinta, Benedictus Diyono Susanto dan Maria Endang Rukmi Prihartini serta kakak tercinta Anastasia Ari Puspito Utami, atas segala doa dan dukungan baik materiil dan spiritual yang diberikan dengan tulus.
3. Dr. A. Harsono Soepardjo M.Eng dan Drs. Arief Sudarmaji, MT selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan ide, arahan, dan dukungan dalam membantu menyelesaikan skripsi ini.
4. Dr. Santoso, selaku Ketua Departemen Fisika.

5. Bapak Hery dan Ibu Rita atas pemberian elemen utama skripsi ini yaitu seperangkat parabola.
6. Solar Collector Team yang teramat sangat membantu skripsi ini, Bang Adhe Dandhy Yulianto, Andra Primayanto, Bachtiar Ambarita
7. Seluruh rekan-rekan ekstensi Fisika Instrumentasi UI 2006 dan seluruh Mahasiswa Instrumentasi UI
8. Teman-Teman Kostan Atang, Atom, Botak, Bejo, Dance, Enal, Pman atas ilmu yang dilimpahkan
9. Mas Rizky dan Mbak Lastri yang selalu direpotkan oleh penulis
10. Seluruh keluarga besar FMIPA UI.
11. SQUERO FC,, mereka telah sabar karena sedikit dilantarkan oleh penulis.

Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang dimiliki, sudah tentu terdapat kekurangan serta kemungkinan jauh dari sempurna. Untuk itu saya tidak menutup diri dan mengharapkan adanya saran serta kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun guna menyempurnakan penulisan ilmiah ini

Akhir kata semoga penulisan ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang bersangkutan, khususnya bagi saya dan umumnya bagi para pembaca.

Depok,.....2009

(Prasetyo Utomo)

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Prasetyo Utomo
NPM : 0606040021
Program studi : Instrumentasi Elektronika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*non-exclusive royalt- free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Rancang Bangun Solar Collector Jenis Parabola

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya,

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 7 - Juni -2009

Yang menyatakan

(Prasetyo Utomo)

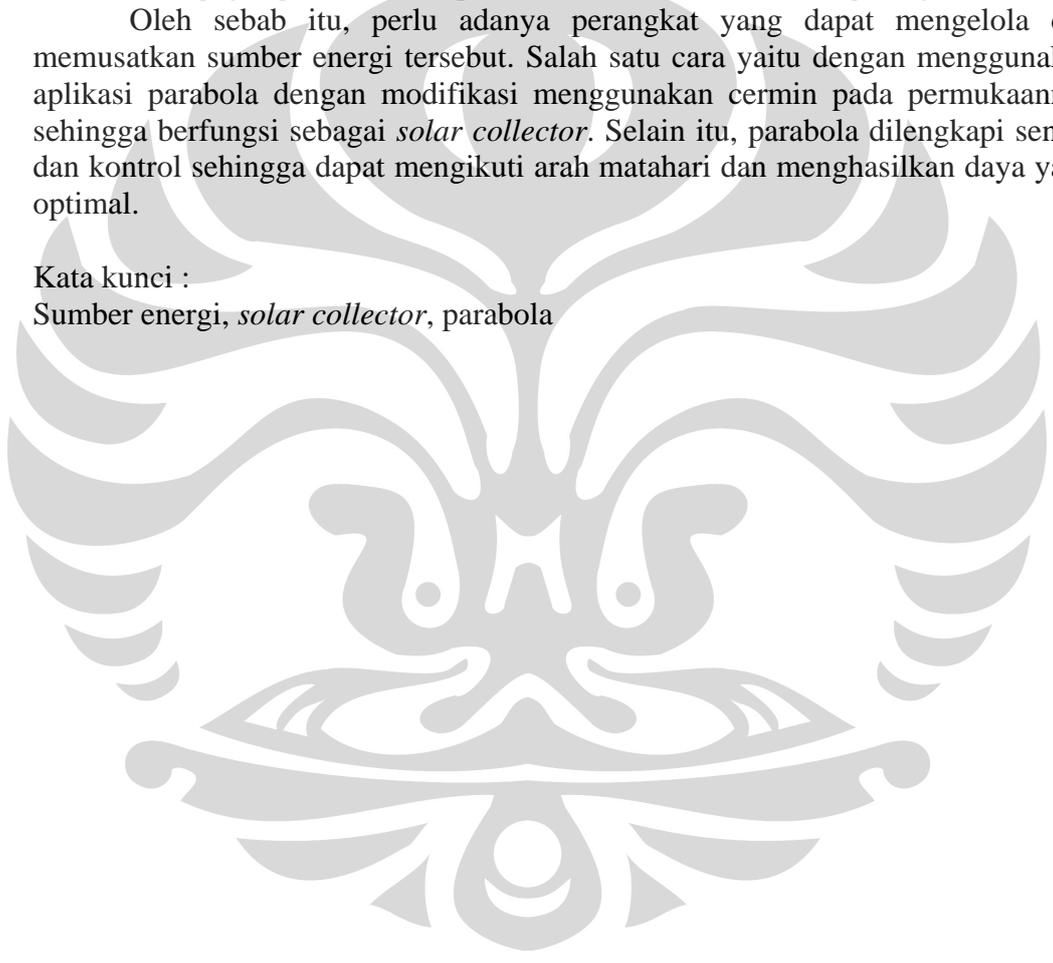
ABSTRAK

Nama : Prasetyo Utomo
Program Studi : Ekstensi Fisika Instrumentasi Elektronika
Judul : Rancang Bangun Solar Collector Jenis Parabola

Ketergantungan akan minyak bumi untuk jangka panjang tidak dapat dipertahankan lagi. Maka diperlukan peningkatan pemanfaatan energi baru dan terbarukan yang pada umumnya adalah sumber daya non-fosil yang dapat diperbaharui atau bisa dikelola dengan baik, sehingga sumberdayanya tidak habis. Sumber energi yang belum dieksplorasi lebih besar adalah energi surya.

Oleh sebab itu, perlu adanya perangkat yang dapat mengelola dan memusatkan sumber energi tersebut. Salah satu cara yaitu dengan menggunakan aplikasi parabola dengan modifikasi menggunakan cermin pada permukaannya sehingga berfungsi sebagai *solar collector*. Selain itu, parabola dilengkapi sensor dan kontrol sehingga dapat mengikuti arah matahari dan menghasilkan daya yang optimal.

Kata kunci :
Sumber energi, *solar collector*, parabola



ABSTRACT

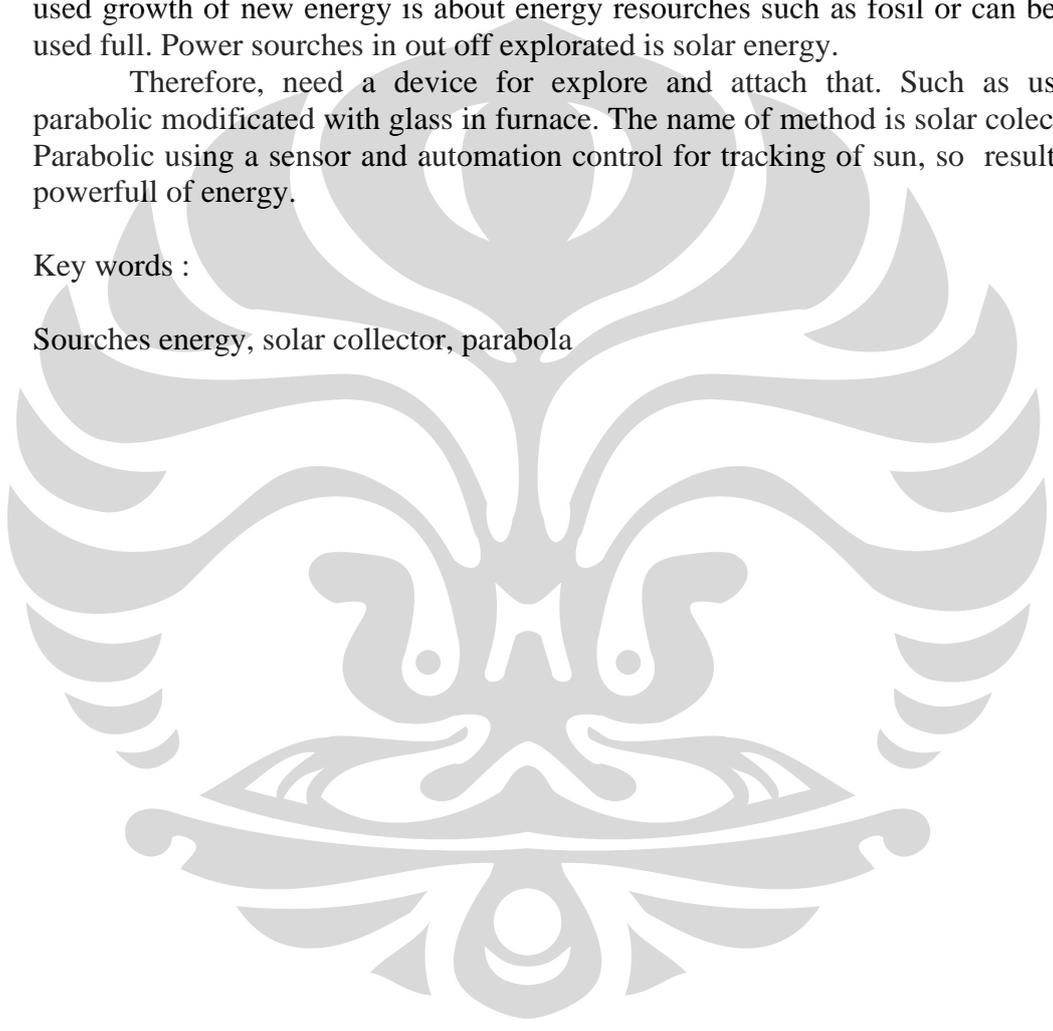
Name : Prasetyo Utomo
Study Program : Extended Physics in Instrumentation of Electronic
Title : Mechanics Construction in Solar Collector with Parabola

For a long day dependent about oil resources can not survive So, need used growth of new energy is about energy resources such as fossil or can be an used full. Power sources in out off explored is solar energy.

Therefore, need a device for explore and attach that. Such as using parabolic modified with glass in furnace. The name of method is solar collector. Parabolic using a sensor and automation control for tracking of sun, so resulting powerfull of energy.

Key words :

Sources energy, solar collector, parabola



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan teknologi di Indonesia semakin berkembang pesat. Ilmuwan semakin intensif dalam bereksperimen, sehingga diharapkan dapat menghasilkan teknologi baru. Sejauh ini minyak merupakan sumber energi utama di Indonesia. Pemakaiannya terus meningkat baik untuk kebutuhan lokal maupun ekspor. Semua itu dilatarbelakangi oleh semakin meningkatnya kebutuhan hidup manusia khususnya dalam bidang penggunaan energi.

Oleh karena itu ketergantungan akan minyak bumi untuk jangka panjang tidak dapat dipertahankan lagi. Maka diperlukan peningkatan pemanfaatan energi baru dan terbarukan yang pada umumnya adalah sumber daya non –fossil yang dapat diperbaharui atau bisa dikelola dengan baik, sehingga sumberdayanya tidak habis. Sumber energi yang belum dieksplorasi lebih besar adalah energi surya. Indonesia mempunyai radiasi matahari harian rata-rata sebesar 4,8 kWh/m dan lama penyinaran kurang lebih 12 jam dalam satu hari, maka sangat potensial untuk dikembangkannya energi surya. Energi surya ada dua macam yaitu energi surya fotovoltaik (menghasilkan listrik) dan energi surya termal (menghasilkan panas). Oleh sebab itu, perlu adanya perangkat yang dapat mengelola dan memusatkan sumber energi tersebut. Salah satu cara yaitu dengan menggunakan aplikasi parabola dengan modifikasi menggunakan cermin pada permukaannya sehingga berfungsi sebagai *solar collector*. Selain itu, parabola dilengkapi sensor dan kontrol sehingga dapat mengikuti arah matahari dan menghasilkan daya yang optimal.

Dengan perancangan *solar collector* jenis parabola ini, diharapkan energi matahari dapat diserap dan dikontrol sehingga dapat menghasilkan energi dan menjadi energi alternatif.

1.2. Tujuan Penelitian

1. Membuat sistem solar collector jenis parabola dan melakukan uji performance dari sistem tersebut.
2. Pada kesempatan ini, penulis mengambil batasan masalah pada rancang solar collector jenis parabola.

1.3. Batasan Masalah

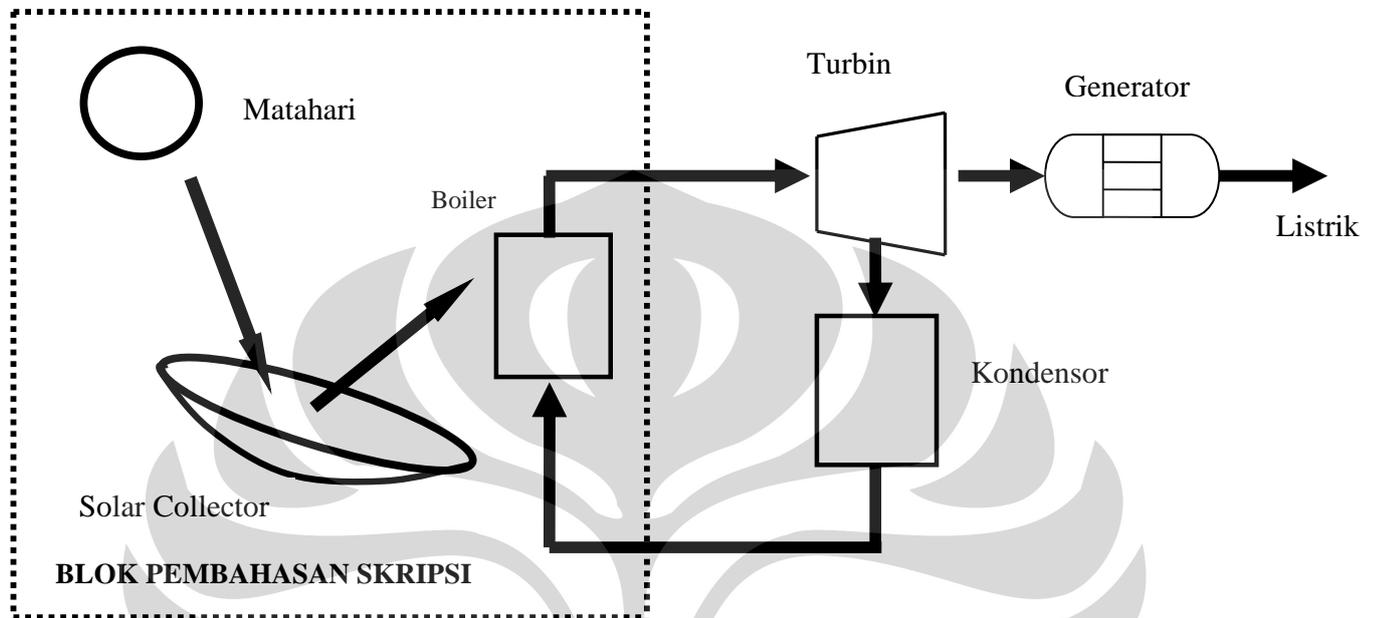
Dalam pembuatan tugas akhir ini berisi tentang pembuatan solar collector jenis parabola dan melakukan uji performance dari sistem tersebut. Batasan masalah dalam tugas ini dibagi menjadi 4 bagian yaitu :

1. Rancang bangun solar collector jenis parabola
2. Rancang bangun solar tracker untuk solar collector jenis parabola
3. Sistem monitoring tekanan uap dan temperatur air pada solar collector jenis parabola secara real time
4. Data logger tekanan uap dan temperatur air pada solar collector jenis parabola

1.4. Deskripsi Singkat

Sistem solar collector ini berjenis parabola. Dimana di permukaan parabola tersebut dilapisi cermin yang berfungsi untuk memantulkan sinar matahari. Pemantulan tersebut akan diserap oleh boiler. Aliran air di boiler berasal dari storage, di dalam storage tersebut energi panas akan disimpan dan terjaga temperaturnya dengan menggunakan glasswall. Parabola akan bergerak mengikuti arah dari matahari dengan menggunakan sensor LDR dan RTC. Rangkaian RTC dipergunakan ketika sensor tidak mendapat supply karena matahari terhalang oleh awan.

Pergerakan parabola tersebut digerakan oleh 2 motor DC. Dimana berfungsi untuk menggerakkan parabola dengan sumbu putar x dan motor yang satu lagi dengan arah sumbu putar y. Kedua motor itu bekerja silih berganti sesuai dengan waktu yang diperoleh dari sensor.



Gambar 1.1 Blok diagram rangkaian

Solar collector terhubung juga dengan microcontroller dan selanjutnya microcontroller menggerakkan motor yang terhubung sedemikian rupa dengan sebuah batang ulir dan gear sehingga dapat mengontrol parabola bergerak secara otomatis mengikuti arah dari matahari (Solar tracker).

1.5. Metode Penulisan

1. Study Literatur

Penulis menggunakan metode ini untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan dengan mengacu kepada buku-buku pegangan, data sheet, internet, makalah-makalah dan lain-lain.

2. Perancangan Alat

Penulis berusaha untuk membuat suatu rancangan sistem mekanik serta *hardware* yang ingin dibuat di dalam penelitian, berdasarkan bahan-bahan yang ada untuk dapat dianalisa kembali.

3. Pembuatan Alat

Pembuatan alat dari rancangan yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya, sesuai dengan tujuan yang diinginkan.

4. Pengujian Sistem

Melakukan pengujian terhadap sistem rangkaian secara keseluruhan, diharapkan dengan dilakukan proses tersebut akan menyempurnakan hasil yang diinginkan.

5. Pengambilan Data

Setelah alat diuji secara keseluruhan sebagai suatu sistem sehingga dapat dilihat apakah sistem dapat bekerja dengan baik dan benar, sehingga penulis dapat melakukan pengambilan data.

6. Penulisan Penelitian

Dari hasil pengujian dan pengambilan data kemudian dilakukan suatu analisa sehingga dapat diambil suatu kesimpulan. Dengan adanya beberapa saran juga dapat kita ajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut.

BAB 2

TEORI DASAR

Penelitian ini diperlukan adanya teori-teori yang melandasi penelitian ini antara lain :

2.1 Cahaya

Cahaya menurut Newton (1642 - 1727) terdiri dari partikel-partikel ringan berukuran sangat kecil yang dipancarkan oleh sumbernya ke segala arah dengan kecepatan yang sangat tinggi. Sementara menurut Huygens (1629 - 1695), cahaya adalah gelombang seperti halnya bunyi. Perbedaan antara keduanya hanya pada frekuensi dan panjang gelombangnya saja. Dua pendapat di atas sepertinya saling bertentangan. Sebab tak mungkin cahaya bersifat partikel sekaligus sebagai partikel. Pasti salah satunya benar atau keduanya salah, yang pasti masing-masing pendapat di atas memiliki kelebihan dan kekurangan [2].

Berdasarkan hasil penelitiannya tentang sifat-sifat termodinamika radiasi benda hitam, Planck menyimpulkan bahwa cahaya dipancarkan dalam bentuk paket-paket kecil yang disebut kuantum. Gagasan Planck ini kemudian berkembang menjadi teori baru dalam fisika yang disebut teori Kuantum. Dengan teori ini, Einstein berhasil menjelaskan peristiwa yang dikenal dengan nama efek foto listrik, yakni pemancaran elektron dari permukaan logam karena logam tersebut disinari cahaya.

Di sisi lain pendapat Newton tentang cahaya sebagai partikel tiba-tiba menjadi populer kembali setelah lebih dari 300 tahun tenggelam di bawah popularitas pendapat Huygens. Dua fisikawan pemenang hadiah Nobel Max Planck (1858 - 1947) dan Albert Einstein mengemukakan teori mereka tentang foton [3].

Jadi dalam kondisi tertentu cahaya menunjukkan sifat sebagai gelombang dan dalam kondisi lain menunjukkan sifat sebagai partikel. Hal ini disebut dualisme cahaya.

2.1.1 Sifat Cahaya

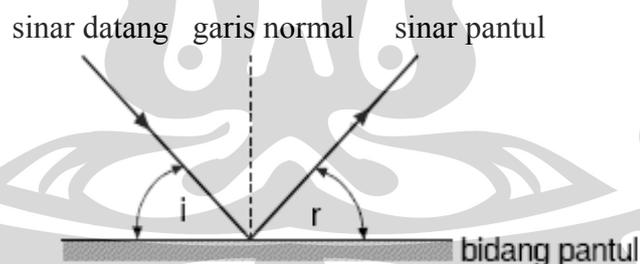
Cahaya sebagai salah satu spektrum gelombang elektromagnetik yang merambat tanpa memerlukan medium memiliki sifat, antara lain [2] :

- a. Dapat dilihat oleh mata
- b. Memiliki arah rambat yang tegak lurus arah getar
- c. Merambat menurut garis lurus
- d. Memiliki energi
- e. Dipancarkan dalam bentuk radiasi
- f. Dapat mengalami pemantulan, pembiasan, interferensi, difraksi, dan polarisasi

2.1.2 Pemantulan Cahaya

Hukum pemantulan cahaya dikemukakan oleh Snellius, yaitu [2] :

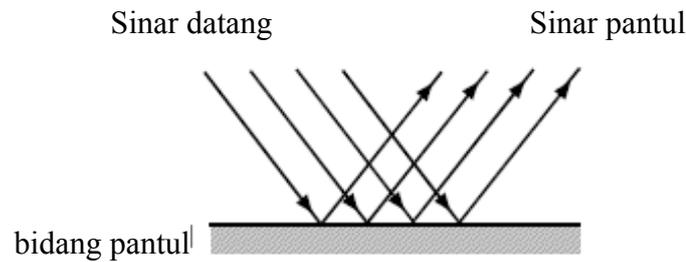
- a. sinar datang pada garis normal, dan sinar pantul terletak pada satu bidang dan berpotongan di satu titik pada bidang itu
- b. sudut antara sinar pantul dan garis normal (sudut pantul / r) sama dengan sudut antara sinar datang dan garis normal (sudut datang / i) ($i = r$).



Gambar 2.1. Pemantulan cahaya: Sudut datang sama dengan sudut pantul.

2.1.2.1 Pemantulan Biasa

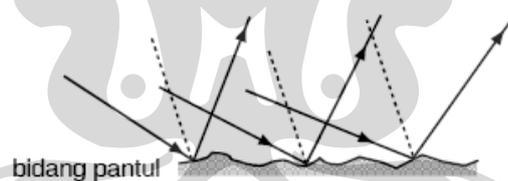
Pada permukaan benda yang rata seperti cermin datar, cahaya dipantulkan membentuk suatu pola yang teratur. Sinar-sinar sejajar yang datang pada permukaan cermin dipantulkan sebagai sinar-sinar sejajar pula. Akibatnya cermin dapat membentuk bayangan benda. Pemantulan semacam ini disebut pemantulan teratur atau pemantulan biasa.



Gambar 2.2 Pemantulan biasa pada cermin membentuk bayangan benda

2.1.2.2 Pemantulan Baur

Berbeda dengan benda yang memiliki permukaan rata, pada saat cahaya mengenai suatu permukaan yang tidak rata, maka sinar-sinar sejajar yang datang pada permukaan tersebut dipantulkan tidak sebagai sinar-sinar sejajar. Gambar 2.3 memperlihatkan bagaimana sinar-sinar yang datang ke permukaan kayu dipantulkan ke berbagai arah sehingga kita dapat melihat kayu ini pada posisi A, B dan C. Perhatikan bahwa sinar-sinar yang datang ke permukaan kayu merupakan sinar-sinar yang sejajar, namun sinar-sinar pantulnya tidak. Pemantulan seperti ini disebut pemantulan baur.



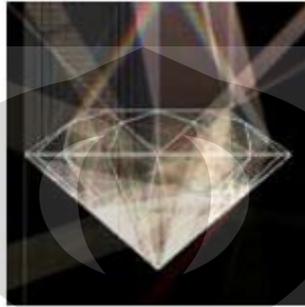
Gambar 2.3 Pemantulan baur pada permukaan bidang yang tidak rata

Akibat pemantulan baur ini kita dapat melihat benda dari berbagai arah. Misalnya pada kain atau kertas yang disinari lampu sorot di dalam ruang gelap kita dapat melihat apa yang ada pada kain atau kertas tersebut dari berbagai arah. Pemantulan baur yang dilakukan oleh partikel-partikel debu di udara yang berperan dalam mengurangi kesilauan sinar matahari.

2.1.2.3 Pemantulan Sempurna

Pemantulan sempurna pada medium tembus cahaya terjadi apabila:

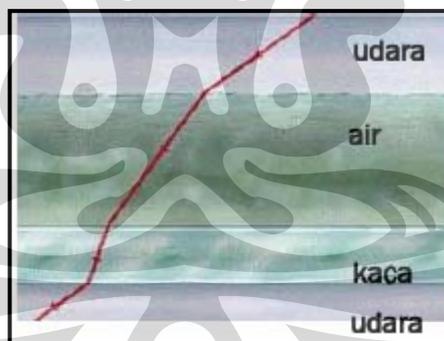
- Sinar datang dari medium lebih rapat ke medium kurang rapat
- Sudut datang sinar lebih besar dari sudut batas. Yang dimaksud sudut batas adalah sudut sinar datang yang menghasilkan sinar bias yang sejajar bidang batas dua medium.



Gambar 2.4 Pemantulan Sempurna Pada Berlian

2.1.3 Pembiasan Cahaya (Refraksi)

Pembiasan cahaya adalah pembelokan arah rambat cahaya ketika memasuki medium lain yang berbeda kerapatan optiknya



Gambar 2.5 Pembiasan Cahaya

Hukum pembiasan pada Snellius meliputi [2]:

- Sinar datang, garis normal, dan sinar bias terletak pada satu bidang dan berpotongan di satu titik
- Sinar datang dari medium kurang rapat ke medium lebih rapat dibiaskan mendekati garis normal. Sebaliknya, sinar datang dari medium kurang rapat dibiaskan menjauhi garis normal

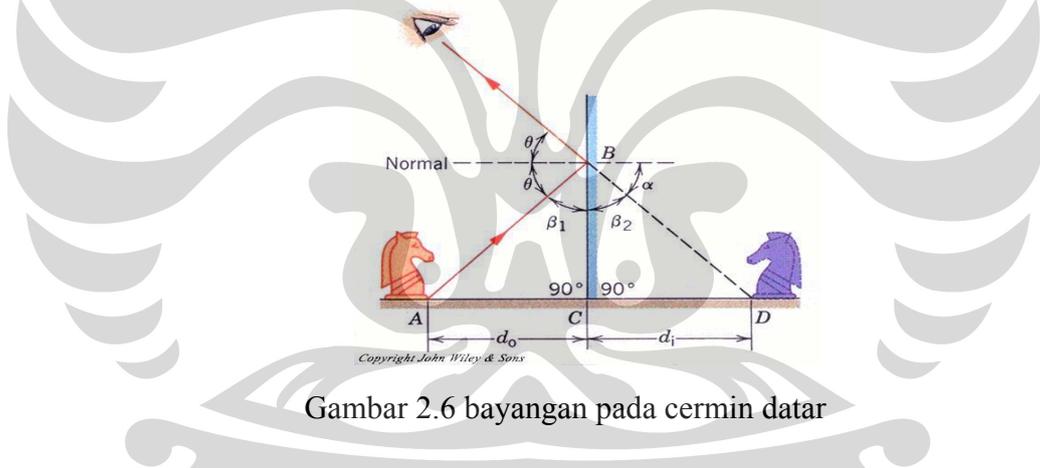
2.2 Cermin

Cermin dalam pengertian luas, adalah kaca yang dapat memantulkan bayangan. Dalam pengertian yang diperluas, cermin adalah segala sesuatu yang membuat sesuatu terpantul dan terbayang padanya [4].

2.2.1 Cermin Datar

Cermin datar adalah cermin yang bentuk permukaannya datar. Sifat-sifat bayangan yang dihasilkan cermin datar :

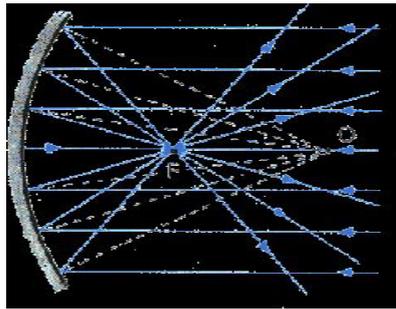
- Maya
- Tegak
- Sama besar dengan bendanya
- Jarak bayangan ke cermin sama dengan jarak benda ke cermin
- Menghadap terbalik dengan bendanya.



Gambar 2.6 bayangan pada cermin datar

2.2.2 Cermin Cekung

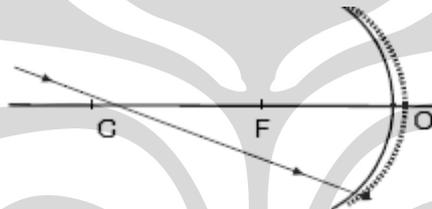
Terbuat dari irisan bola yang permukaan dalamnya mengkilap atau bagian yang memantulkan cahaya. Apabila berkas sinar sejajar dijatuhkan pada permukaan cermin cekung, maka sinar-sinar pantulnya akan berpotongan pada satu titik yang disebut fokus.



Gambar 2.7 Pemantulan cahaya pada cermin cekung

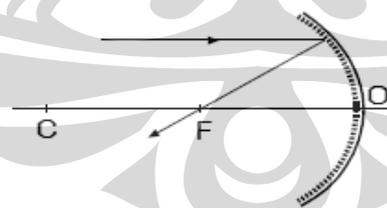
Sinar-sinar istimewa pada cermin cekung yaitu [3]:

- a. Sinar yang melalui pusat kelengkungan cermin akan dipantulkan melalui pusat kelengkungan itu lagi.



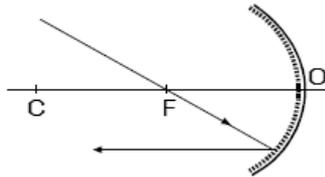
Gambar 2.8. Sinar yang melewati titik pusat kelengkungan akan dipantulkan cermin cekung melewati titik tersebut.

- b. Sinar yang sejajar sumbu utama akan dipantulkan melalui fokus utama.



Gambar 2.9 Sinar yang sejajar sumbu utama akan dipantulkan melalui fokus utama.

c. Sinar yang melalui fokus utama akan dipantulkan sejajar sumbu utama.



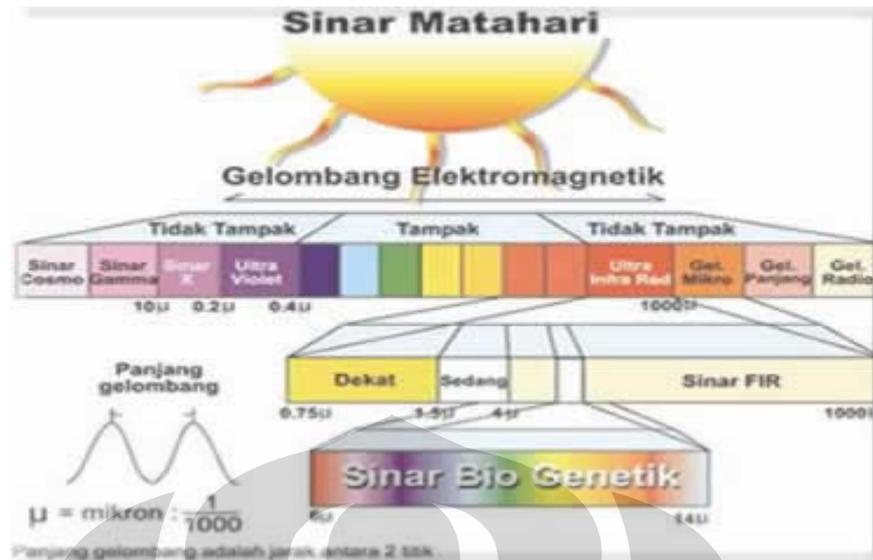
Gambar 2.10 Sinar yang melalui fokus utama dipantulkan sejajar sumbu utama.

2.2.3 Cermin Cembung

Terbuat dari irisan bola yang permukaannya mengkilap atau bagian yang memantulkan cahaya. Titik fokus cermin cembung berada dibelakang cermin, karena itu jarak fokusnya bertanda negatif. Sifat cermin cembung adalah untuk sinar-sinar yang paraksial akan dipantulkan menyebar (divergen).

2.3 Pemusat Cahaya Matahari

Matahari menghasilkan sinar yang dibedakan warnanya dalam spektrum sinar tampak dan sinar tidak tampak. Salah satu sinar tidak tampak adalah sinar ultraviolet yang berada pada spektrum warna violet. Sinar tak tampak lainnya adalah Sinar-X, Sinar Gamma dan Sinar Kosmik, yang memiliki panjang gelombang lebih pendek daripada Sinar Ultraviolet dan bila tidak dikontrol sangat berbahaya bagi kehidupan manusia dan makhluk lainnya [1]. Sinar Inframerah (infrared ray - IR) juga merupakan sinar tidak tampak yang berada pada spektrum warna merah, mendekati spektrum sinar tampak. Dapat dikatakan bahwa 80% cahaya matahari adalah sinar inframerah karena lebarnya jangkauan gelombang sinar ini (0,75-1000 micron). Sinar infra merah dikelompokkan dalam 3 zone : near infrared ray (0,75-1,5 micron), middle infrared ray (1,5-4 micron) dan far infrared ray (FIR 4-1000 micron).



Gambar 2.11 Spektrum matahari

Energi panas yang dipancarkan oleh matahari dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air dengan bantuan sebuah kolektor panas. Dengan didasari oleh teori efek rumah kaca, maka efektifitas pengumpulan panas bisa ditingkatkan. Sedangkan untuk memanaskan air dalam tangki penyimpanan secara keseluruhan dapat memanfaatkan efek termosiphon. Prinsip dasar untuk menghitung efisiensi kolektor ini adalah dengan membandingkan besar kenaikan temperatur fluida yang mengalir di dalam kolektor dengan intensitas ahaya matahari yang diterima kolektor. Energi dari matahari yang bisa diserap oleh kolektor sesuai dengan persamaan [1] :

$$\delta = (\tau\alpha)_r \text{ (watt / m}^2\text{)} \quad (2.1)$$

di mana

τ = transmisivitas

α = absorpsivitas

IT = radiasi total matahari (Watt/m²)

Panas berguna dari kolektor sesuai dengan persamaan [1] :

$$Qu = A_c - F_r [S - U_L (T_f - T_a)] \quad (2.2)$$

di mana

A_c = luas kolektor (m²)

F_r = faktor pemindahan panas kolektor

U_L = koefisien kehilangan panas kolektor (Watt/m².K)

T_{fi} = temperatur fluida masuk (K)

T_a = temperatur udara lingkungan (K)

Jika energi berguna yang diberikan kolektor ke air sebesar [1] :

$$Q_u = m C_p (T_{fo} - T_{fi}) \quad (2.3)$$

di mana

m = laju aliran massa fluida (kg/det)

C_p = panas jenis (J/kg oC)

T_{fo} = temperatur fluida keluar (K)

T_{fi} = temperatur fluida masuk (K)

Efisiensi dari kolektor dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara panas yang berguna dari kolektor dengan intensitas dari radiasi surya sesuai dengan persamaan [7] :

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c \cdot I_T} ; \quad \eta = \frac{m \cdot C_p (T_{fo} - T_{fi})}{A_c \cdot I_T} \quad (2.4)$$

Dengan demikian efisiensi per laju aliran massa dapat di tulis :

$$\frac{\eta}{m} = \frac{C_p (T_{fo} - T_{fi})}{A_c \cdot I_T} \quad (2.5)$$

Sebuah pemusat menerima pancaran pada permukaan masukan (disebut apertur) dengan luas A_a . Sinar-sinar datang ini dipusatkan dengan pemantulan ataupun pembiasan sehingga jatuh dengan intensitas lebih tinggi pada permukaan keluaran dengan luas A_p , disini $A_p < A_a$. Permukaan A_p (disebut penerima) dapat

berupa penyerap panas atau panel sel fotovoltaik. Didefinisikan faktor konsentrasi geometrik sebagai ukuran pemusatan cahaya

$$K_g = A_a / A_p \quad (2.6)$$

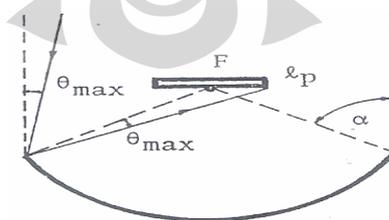
Untuk pemusat dua dimensi, A_a dan A_p dapat digantikan oleh l_a dan l_p yaitu masing-masing lebar apertur dan lebar penerima. Menurut penurunan dari invarian Lagrange pada optika maupun dari pertimbangan termodinamika, terdapat harga konsentrasi maksimum yang diperoleh, sebesar

$$K_{g, ideal} = \frac{1}{\sin \theta_{max}} \quad (2.7)$$

Dengan θ_{max} (disebut sudut penerima) adalah sudut datang maksimum dari pancaran yang masih ditangkap oleh pemusat. Pemusat dari sinar matahari terdiri dari beberapa tipe diantaranya parabola sederhana, parabola ganda, saluran-V (*V-trough*) dan lensa.

2.3.1 Parabola Sederhana

Parabola sederhana berfungsi memantulkan sinar yang datang sejajar sumbu ke arah titik fokusnya. Bila pancaran tidak sejajar sumbu utama, sinar-sinar dipantulkan ke luar titik fokus. Dalam keadaan ini, penerima harus mempunyai ukuran minimum supaya masih dapat menangkap cahaya



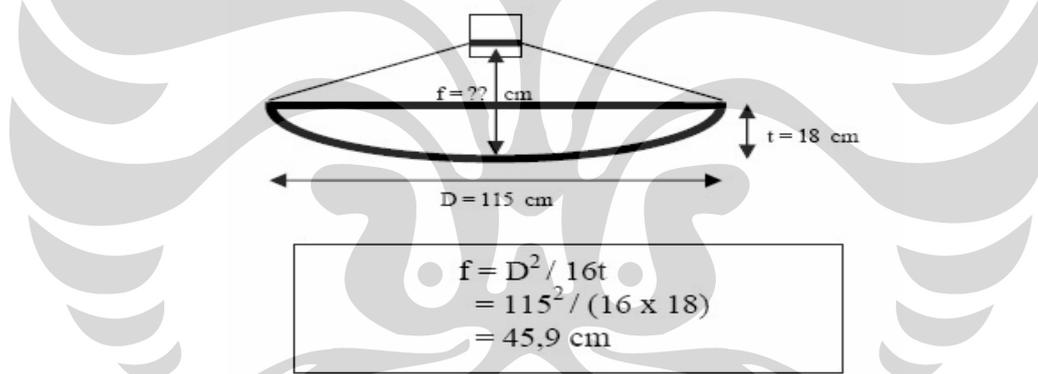
Gambar 2.12 parabola sederhana

Penerima yang datar dapat mempunyai satu atau dua sisi permukaan yang peka. Untuk satu sisi peka yang dihadapkan pada parabola, harga konsentrasi diberikan oleh [6] :

$$K_{g,1 \text{ sisi}} = \frac{\cos (\alpha + \theta_{\max}) \sin \alpha}{\sin \theta_{\max}} - 1 \quad , \quad (2.8)$$

Dengan α adalah “rim angle”, yaitu sudut yang dibentuk oleh sumbu dan garis penghubung antara titik fokus dan tepi parabola. Karena pemfokusan, terdapat intensitas yang tinggi pada satu titik pada penerima

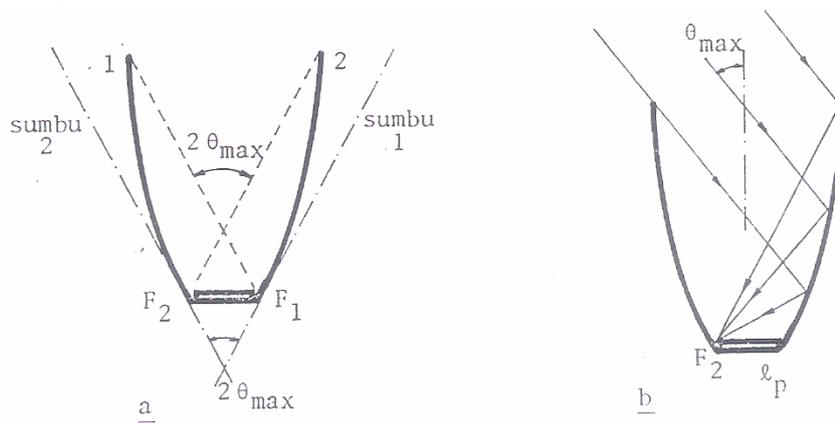
Secara teori perhitungan fokus parabola dapat dilakukan dengan perhitungan luas permukaan parabola dan kedalaman parabola tersebut, dapat dilihat ilustrasinya seperti gambar dibawah ini [8] :



Gambar 2.13 perhitungan fokus parabola

2.3.2 Parabola Ganda

Pemusat parabola ganda, terdiri atas dua parabola ganda yang sumbu-sumbunya satu sama lain membentuk sudut $2 \theta_{\max}$ (sudut θ_{\max} adalah sudut penerimaan), lihat pada gambar 2.14a. Titik fokus parabola yang satu berimpit dengan kaki parabola yang lain, sedangkan penerima terbentang antara kedua titik fokus ini [7].



Gambar 2.14 Pemusat parabola ganda : (a)Geometri pemusat, (b)Pemusat berkas cahaya dengan sudut datang θ_{\max}

Konsentrasi pemusat ini sama dengan harga konsentrasi ideal seperti ditunjukkan oleh persamaan 1.2, tetapi parabola ganda menghasilkan intensitas yang tidak merata pada penerima : bil asinar datang membentuk sudut θ_{\max} dengan bidang simetri, pada titik fokus terjadi intensitas puncak, lihat gambar 2.11(b)

2.3.3 Lensa

Seberkas cahaya sejajar yang datang pada sebuah lensa positif akan dibiaskan menuju titik fokusnya. Seperti halnya parabola sederhana, pada bidang fokus dapat dipasang penerima yang ukurannya menentukan seberapa jauh sinar datang boleh membuat sudut dengan sumbu lensa. Disamping itu terbentuk pula intensitas puncak pada penerima. Harga konsentrasi dapat diturunkan sebesar [3] :

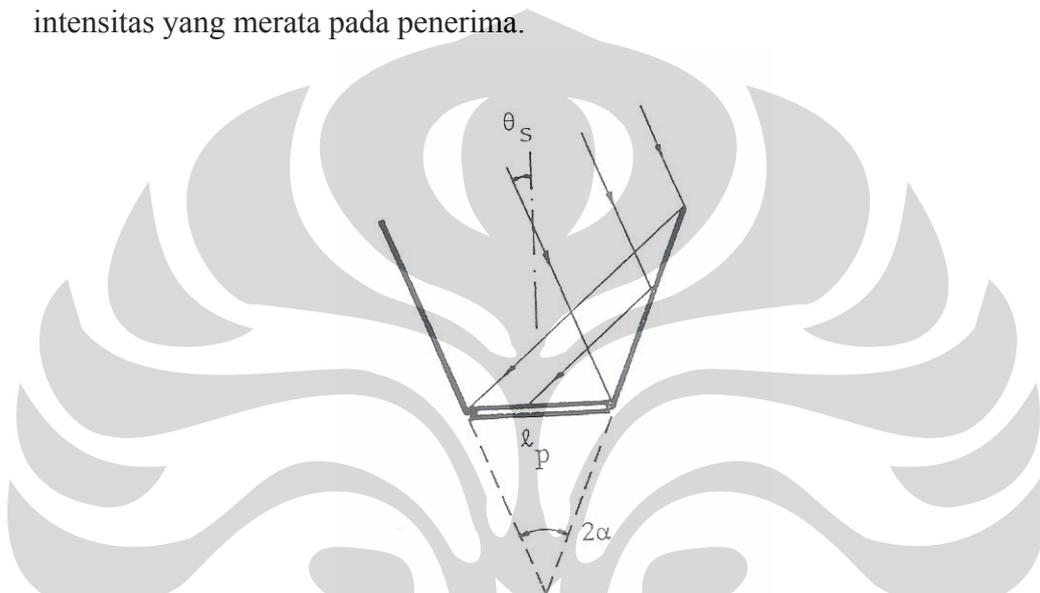
$$K_s = \frac{1}{[2(bil - F) \sin \theta_{\max}]} \quad (2.9)$$

bil-F = bilangan F yaitu jarak fokus dibagi dengan diameter lensa.

Dalam pemusatan cahaya matahari, yang biasa digunakan ialah lensa fresnel yang mempunyai keuntungan antara lain ringan, hemat material, dan mudah diproduksi.

2.3.4 Saluran-V (*V-trough*)

Pemusat jenis ini terdiri atas dua pemantul datar yang satu sama lain membuat sudut 2α dan dipasang mengapit penerima, lihat gambar 2.12. Sebuah pemusat V dapat dirancang supaya sinar dengan sudut datang θ_s yang jatuh pada tepi pemantul akan diarahkan menuju tepi penerima. Dengan demikian sinar-sinar dengan sudut datang sama yang jatuh pada bagian pemantul akan diarahkan mengisi penerima. Dalam keadaan seperti pada gambar 2.12, terdapat distribusi intensitas yang merata pada penerima.



Gambar 2.15 Pemusat Saluran – V

Harga konsentrasi sama dengan [6] :

$$K_g = \frac{\sin[(2N + 1)\alpha + \theta_s]}{\sin(\alpha + \theta_s)} \quad (2.10)$$

Dengan N = jumlah pantulan yang dialami sinar sebelum mencapai penerima

2.4 Usaha Menekan Intensitas Puncak

Suatu pemusat dapat dirancang intensitas sehingga untuk sudut datang tertentu θ_s , pada penerima diperoleh intensitas yang serbasama. Bidang pemantul dapat datar atau lengkung. Syarat yang perlu dalam perancangan ialah berkas sinar yang jatuh pada satu pemantul seluruhnya harus tepat mengisi penerima.

Sinar dari kedua tepi pemantul harus mencapai kedua tepi penerima, lihat contohnya pada gambar 2.12.

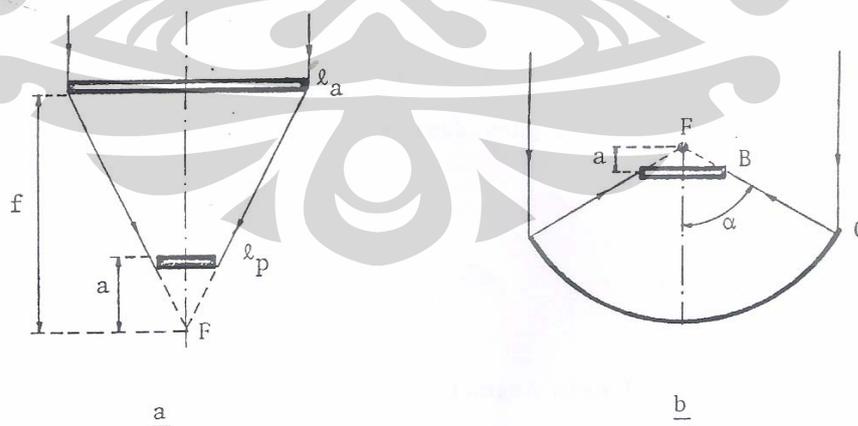
Namun pemusat jenis ini menghasilkan intensitas merata hanya untuk sudut datang $\theta = \theta_s$ sesuai rancangannya. Untuk $\theta \neq \theta_s$, terjadi penyimpangan dari distribusi serbasama yang bisa serius. Oleh karena itu fungsinya baru efektif bila dilengkapi dengan sistem pelacak peredaran matahari yang mempertahankan misalnya $\theta = \theta_s = 0$. Selain itu, terdapat juga beberapa metode dengan defokus, mengganggu permukaan pantu dan menambah komponen pantul

2.4.1 Defokus

Pada pemusat dengan komponen yang mempunyai titik fokus seperti lensa dan parabola, intensitas puncak dapat dihindarkan dengan memasang penerima tidak pada bidang fokus tetapi di depan atau di belakangnya, lihat gambar 2.12. Untuk lensa dengan sudut datang sinar $\theta = 0$ seperti pada gambar 2.13(a) dapat dilihat bahwa harga konsentrasi adalah

$$K_g = \frac{l_a}{l_p} = \frac{f}{a}, a \neq 0 \quad (2.11)$$

Dengan f jarak fokus dan a menyatakan jarak antara penerima dan titik fokus F .



Gambar 2.16 Defokus : (a) Lensa, (b) Parabola

Untuk parabola, persamaan lengkungan diberikan oleh

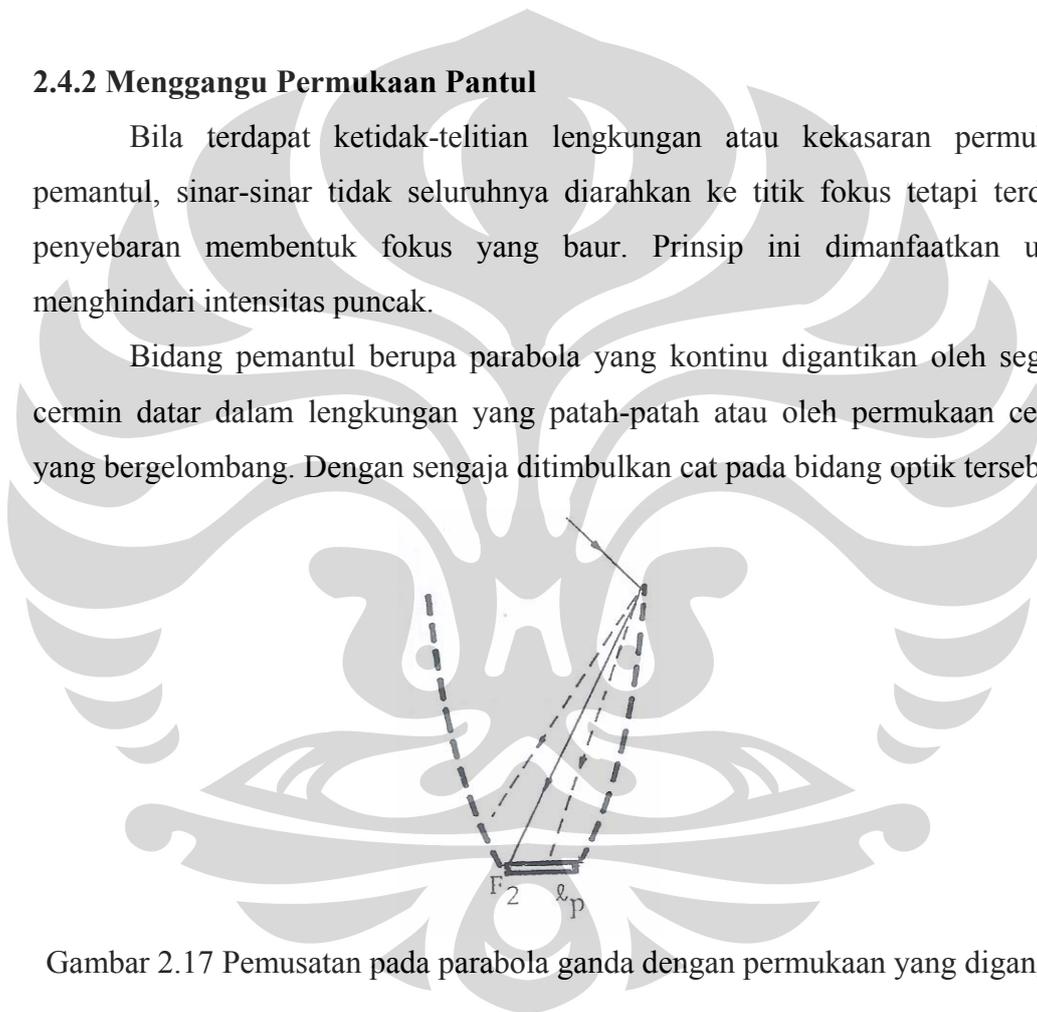
$$r = \frac{2f}{(1 + \cos \phi)} \quad (2.12)$$

Dengan r jarak antara titik fokus F dan lengkungan, serta Φ sudut antara r dan sumbu parabola.

2.4.2 Mengganggu Permukaan Pantul

Bila terdapat ketidak-telitian lengkungan atau kekasaran permukaan pemantul, sinar-sinar tidak seluruhnya diarahkan ke titik fokus tetapi terdapat penyebaran membentuk fokus yang baur. Prinsip ini dimanfaatkan untuk menghindari intensitas puncak.

Bidang pemantul berupa parabola yang kontinu digantikan oleh segmen cermin datar dalam lengkungan yang patah-patah atau oleh permukaan cermin yang bergelombang. Dengan sengaja ditimbulkan cacat pada bidang optik tersebut.



Gambar 2.17 Pemusatan pada parabola ganda dengan permukaan yang diganggu

2.5 Kalor

Kalor adalah bentuk energi yang berpindah dari suhu tinggi ke suhu rendah. Jika suatu benda menerima / melepaskan kalor maka suhu benda itu akan naik/turun atau wujud benda berubah [5].

2.5.1 Beberapa pengertian Kalor

1 kalori adalah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 gram air sebesar 1°C.

1 kalori = 4.18 joule

1 joule = 0.24 kalori

Kapasitas kalor (H) adalah banyaknya kalor yang dibutuhkan oleh zat untuk menaikkan suhunya 1°C (satuan kalori/°C). Kalor jenis (c) adalah banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan 1 gram atau 1 kg zat sebesar 1°C (satuan kalori/gram °C atau kkal/kg °C). Kalor yang digunakan untuk menaikkan/menurunkan suhu tanpa mengubah wujud zat :

$$Q = H \cdot \Delta t \quad (2.13)$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (2.14)$$

$$H = m \cdot c \quad (2.15)$$

Dimana :

Q = kalor yang di lepas/diterima

H = kapasitas kalor

Δt = kenaikan/penurunan suhu

m = massa benda

c = kalor jenis

Kalor yang diserap/dilepaskan (Q) dalam proses perubahan wujud benda:

$$Q = m \cdot L \quad (2.16)$$

m = massa benda kg

L = kalor laten (kalor lebur, kalor beku, kalor uap, kalor embun, kalor sublim, kalor lenyap) t/kg

Jadi kalor yang diserap (\hat{a}) atau yang dilepas (\acute{a}) pada saat terjadi perubahan wujud benda tidak menyebabkan perubahan suhu benda (suhu benda konstan). Jika dua buah zat atau lebih dicampur menjadi satu maka zat yang suhunya tinggi akan melepaskan kalor sedangkan zat yang suhunya rendah akan menerima kalor, sampai tercapai kesetimbangan termal.

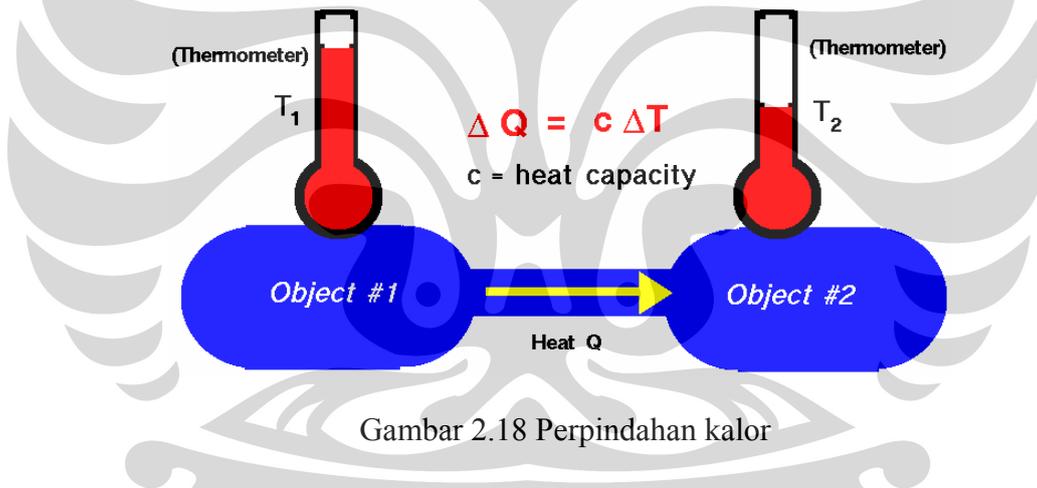
Menurut asas Black Kalor yang dilepas = kalor yang diterima

Catatan:

1. Kalor jenis suatu benda tidak tergantung dari massa benda, tetapi tergantung pada sifat dan jenis benda tersebut. Jika kalor jenis suatu benda adalah kecil maka kenaikan suhu benda tersebut akan cepat bila dipanaskan.
2. Pada setiap penyelesaian persoalan kalor (asas Black) lebih mudah jika dibuat diagram alirnya.

2.5.2 Perambatan Kalor

Menurut Kreith, perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai berpindahnya suatu energi dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan suhu pada daerah tersebut. Di dalam perpindahan kalor dikenal tiga macam cara yang berbeda, yaitu : konduksi, konveksi, dan radiasi.



Gambar 2.18 Perpindahan kalor

2.5.2.1. Konduksi

Menurut Kreith, perpindahan kalor konduksi adalah proses dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah di dalam suatu medium (padat, cair atau gas) biasanya zat padat atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Secara umum rumus laju aliran secara konduksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [1] :

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.17)$$

keterangan :

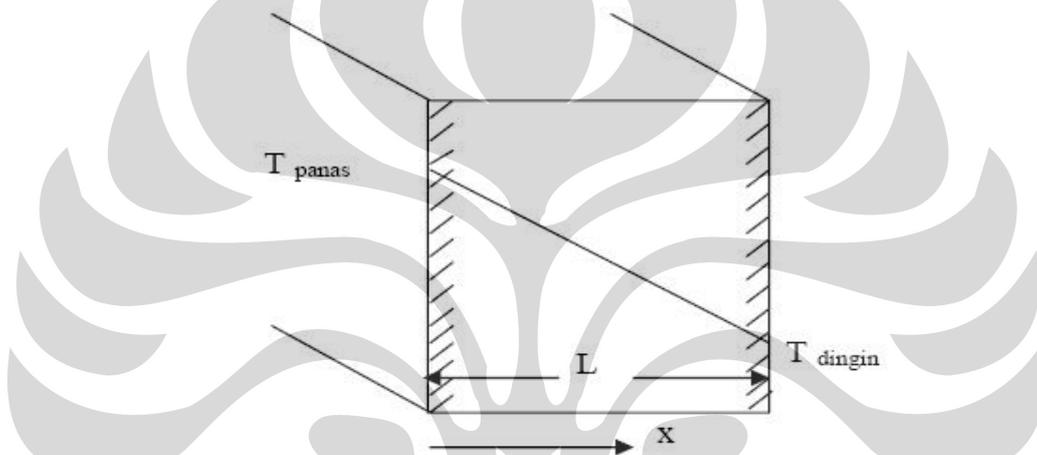
q = laju aliran panas (W)

k = konduktifitas termal bahan (W/m.°C)

A = luas penampang (m²)

$\partial T/\partial x$ = gradien suhu terhadap penampang tersebut, yaitu laju perubahan suhu T terhadap jarak dalam arah aliran panas

Tanda negatif (-) diselipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ke tempat yang lebih rendah dalam skala suhu.



Gambar 2.19 Perpindahan kalor secara konduksi melalui dinding datar

2.5.2.2. Konveksi

Menurut Kreith, perpindahan kalor konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas [1]. Perpindahan kalor secara konveksi ini dari suatu permukaan yang suhunya di atas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap yaitu: Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida tersebut.

Laju perpindahan kalor antara suatu permukaan plat dan suatu fluida dapat dihitung dengan hubungan:

Perambatan kalor yang disertai perpindahan bagian-bagian zat, karena perbedaan massa jenis [8] adalah :

$$q = h A \Delta T \quad (2.18)$$

dimana; q = Laju perpindahan kalor secara konveksi (W)

A = Luas perpindahan kalor (m^2)

h = Koefisien perpindahan kalor konveksi rerata ($W/m^2 \cdot oC$)

ΔT = Beda antara suhu permukaan T_s dan suhu fluida ∞T (oC)



Gambar 2.20. Proses konveksi dari sepanci air yang dipaanskan

Perpindahan kalor konveksi per satuan luas pada suatu elemen dx (gambar 2.19) adalah :

$$q'' = h_x (T_s - T_\infty) \frac{W}{m^2} \dots\dots\dots (2.19)$$

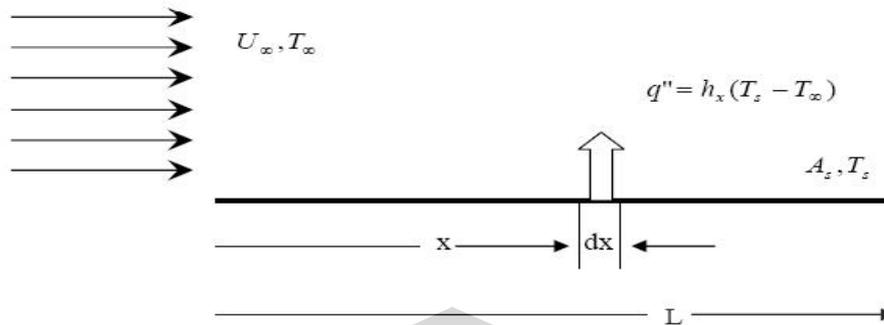
dimana :

h_x = koefisien perpindahan kalor konveksi pada jarak x dari pingir depan,

$$\frac{W}{m^2 \cdot C}$$

T_s = temperatur permukaan, oC

T_{∞} = temperatur aliran bebas, oC



Gambar 2.21 Perpindahan kalor konveksi pada elemen dx

Koefisien perpindahan kalor konveksi sebenarnya dipengaruhi oleh:

- Keadaan dan sifat aliran,
- Sifat-sifat fluida,
- Geometri sistem atau permukaan,
- Lokasi pengukuran temperatur fluida.

Ada dua penyebab gerakan atau aliran fluida yang akan menentukan pola perpindahan kalor konveksi, yaitu :

- Fluida mengalir karena terdapat perbedaan massa jenis akibat perbedaan temperatur atau gaya sentrifugal. Mekanisme perpindahan kalor konveksi dalam hal ini disebut konveksi bebas (natural, alamiah).
- Fluida mengalir karena mendapat energi dari luar (misalnya : pompa, blower, fan, compresor). Mekanisme perpindahan kalor dalam hal ini disebut konveksi paksa.

Aliran fluida dibedakan dalam dua macam, yaitu :

- Aliran *internal*, yaitu jika fluida mengalir di dalam pipa atau saluran.
- Aliran *external*, yaitu jika fluida mengalir sejajar permukaan rata atau aliran yang melintasi pipa atau aliran yang melintasi pipa dalam arah tegak lurus sumbu pipa.

Aliran juga dapat dibedakan menjadi dua keadaan, yaitu :

- Aliran laminar, yaitu jika pengaruh gaya *internal* fluida lebih kecil dari pengaruh gaya viskos atau gaya geser antar partikel fluida. Dalam aliran laminar, fluida bergerak dalam lapisan-lapisan, dengan masing-

masing partikel fluida mengikuti lintasan yang lancar dan kontinu.

- b. Aliran turbulen, yaitu jika pengaruh gaya *internal* lebih besar dari pengaruh gaya viskos. Dalam aliran turbulen, lintasan masing-masing partikel berbentuk zig-zag serta tidak teratur.

2.5.2.3. Radiasi

Perambatan kalor dengan pancaran berupa gelombang-gelombang elektromagnetik. Energi yang dipancarkan oleh suatu permukaan benda hitam dalam bentuk radiasi kalor tiap satuan waktu sebanding dengan luas permukaan benda (A) dan sebanding dengan pangkat empat suhu mutlak permukaan benda itu. secara matematis persamaan di atas dapat ditulis : Pancaran kalor secara radiasi mengikuti Hukum Stefan Boltzmann [1]:

$$\frac{Q}{t} = \sigma \cdot e \cdot A \cdot T^4 \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan :

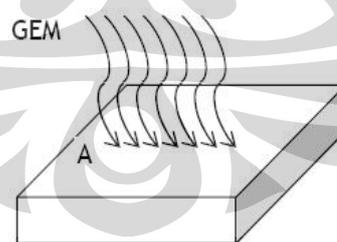
Q/t = laju aliran kalor secara radiasi – Watt

σ (sigma) = tetapan Stefan -Boltzman = $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

A = luas permukaan benda – m²

T = suhu permukaan benda – K

e = koefisien emisivitas benda



Gambar 2.22 Perpindahan kalor melalui proses radiasi

Dalam kehidupan sehari -hari, radiasi dimanfaatkan dalam : pendinginan rumah, efek rumah kaca, panel surya, dsb.

BAB 3

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem beserta cara kerja dari masing-masing mekanik yang digunakan penulis dalam penyusunan alat rancang bangun solar collector jenis parabola

3.1 Konstruksi mekanik tiang parabola

Sistem mekanik tiang parabola ini tersusun atas beberapa rancang seperti : ceker ayam, tiang, kaki-kaki segitiga dan plat sabuk.

3.1.1 Ceker Ayam Parabola

Ceker ayam ini berfungsi sebagai penyokong parabola. Ceker ayam tertimbun di dalam tanah dengan kedalaman 100cm. Ceker ayam mempunyai dimensi 60cm x 60 cm x 20 cm dan tiangnya mempunyai tinggi 100 cm. Dapat disimpulkan bahwa tiang tersebut mempunyai tinggi 20 cm diatas tanah.



Gambar 3.1 Mekanik Ceker Ayam Parabola



Gambar 3.2 Ceker Ayam di Cor

Dimensi tersebut dibuat dengan maksud menahan beban parabola secara keseluruhan yang berdiameter 12feet, dengan ketinggian 2 meter dari atas tanah, dan estimasi total massa 200 kg.

3.1.2 Konstruksi Tiang Parabola

Tiang parabola berfungsi penahan yang mempunyai ketinggian 80 cm. Tiang tersebut tersusun dari 2 buah besi UMP 80 dengan tebal 2mm.



Gambar 3.3 Tiang parabola

Dibawah tiang diberi 4 buah penyangga yang berfungsi menambah luas permukaan penyangga sehingga diharapkan kekuatan pondasi dari parabola semakin kokoh. Penyangga tersebut mempunyai karakteristik yang sama dengan tiang parabola, hanya saja dimensinya yang berbeda. Landasannya terdapat plat berbentuk persegi panjang dengan dimensi 30cm x 25 cm dan tebal 5mm. Dengan karakteristik demikian, maka parabola akan berdiri dengan sangat kokoh.

3.1.3 Konstruksi Kaki-Kaki Parabola

Parabola tersusun dari kaki-kaki besi yang terdiri dari 2 segitiga, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



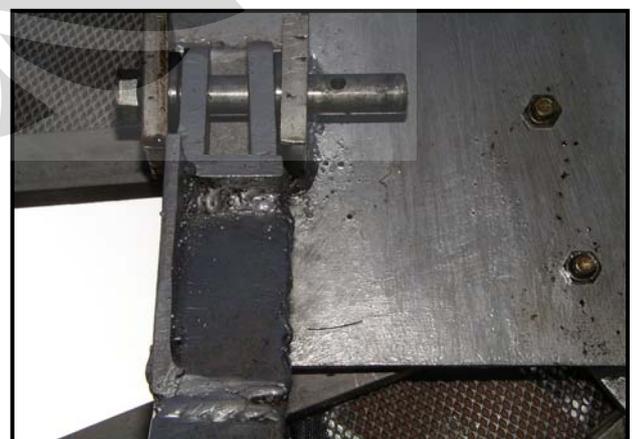
Gambar 3.4 Kaki-kaki parabola

Kaki-kaki tersebut berbentuk segitiga dikarenakan efisiensi dari penggunaan besi. Besi yang digunakan adalah besi U, dengan spesifikasi besi UMP 65. Disebelah segitiga tersebut diberi tambahan besi “Stout”. Fungsinya adalah sebagai penahan gaya agarudukan parabola lebih stabil.

Diatas kedua segitiga tersebut diberi engsel yang berfungsi untuk menggerakan parabola segitiga dapat bergerak $\pm 90^\circ$. Engsel terbuat dari besi plat dengan ketebalan 5mm. Pada masing-masing engsel terdapat 2 buah bearing yang berfungsi sebagai penahan gesekan as sehingga perputaran as menjadi lancar.



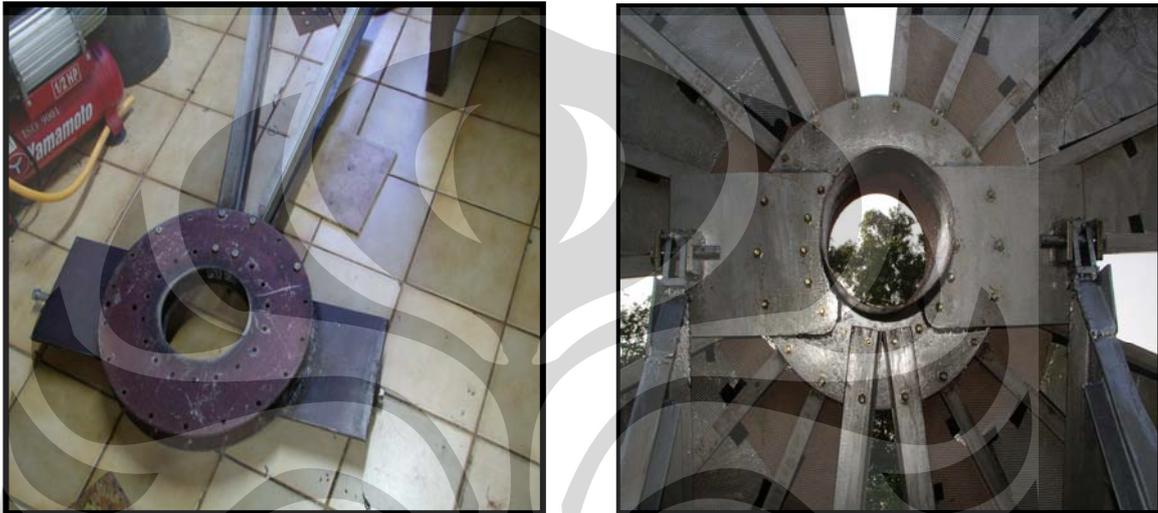
Gambar 3.5 Engsel Kanan



Gambar 3.6 Engsel Kiri

3.1.4 Konstruksi Sabuk Parabola

Parabola harus dapat berputar mengikuti arah matahari dengan sumbu putar bidang horizontal. Oleh karena itu, parabola harus diletakan di atas engsel tersebut. Untuk memperlebar luar permukaan engsel dan sebagai wadah jaring-jaring parabola maka dibuatlah sabuk parabola dengan desain seperti gambar dibawah ini.:



Gambar 3.7 Rangka besi berbentuk sabuk

Kuping sabuk tersebut menggunakan plat dengan tebal 10mm, dengan dimensi 40cm x 30 cm. Dengan dimensi seperti itulah, jumlah baut yang dapat dipasang dengan kuping sabuk berjumlah 8 buah (per sisi).

Untuk menggerakkan parabola agar dapat berputar dengan sumbu vertikal, maka diperlukan sebuah as yang sangat kuat yang dipergunakan untuk menahan beban parabola dengan estimasi massa 200kg. Atas dasar perhitungan itulah dipergunakan sebuah bearing bambu. Bearing bambu tersebut mempunyai karakteristik yang unik, karena dengan konstruksi bearing bambu tersebut didapatkan semakin besar gaya yang menekannya maka perputaran bearing tersebut akan semakin lancar. Hal ini disebabkan luas permukaan bearing bambu berbeda. Dimana bearing bambu mempunyai dua buah ring yang luas permukaan ring diatas lebih besar dari yang dibawah.



Gambar 3.8 Bearing bambu dirangkai dengan gear dan rantai

Bearing bambu diletakan didalam sebuah besi pejal dengan diameter 26 cm dan tinggi 27 cm. Besi pejal tersebut dibubut dan dibentuk sedemikian rupa sehingga bearing bambu dapat masuk didalamnya. Besi pejal tersebut diberi 4 buah plat penahan di bagian bawah yang berfungsi menambah luas permukaan sehingga menambah daya topan parabola. Diatas bearing bambu terdapat gear yang nantinya akan berinteraksi dengan motor DC sehingga dapat menggerakan parabola dengan sumbu vertikal. Berikut adalah gambar dari konstruksi motornya



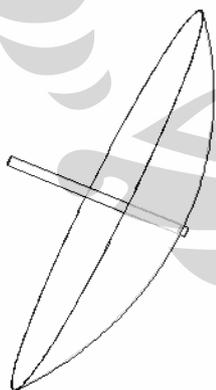
Gambar 3.9 Konstruksi pergerakan parabola sumbu vertikal

3.2 Konstruksi Mekanik Solar Collector

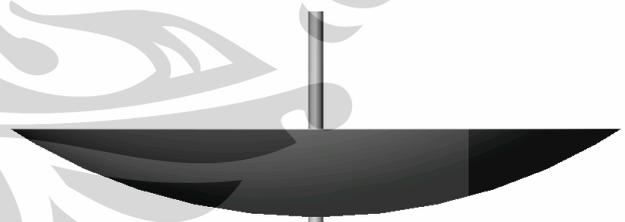
Solar collector dalam konteks ini adalah alat yang berfungsi untuk mengumpulkan energi matahari dan energi matahari tersebut akan memanaskan sebuah aliran air sehingga didapatkan kenaikan temperatur dalam waktu tertentu dalam jumlah volume yang tertentu pula. Konstruksi solar collector terdiri dari beberapa bagian. Diantaranya : menggunakan dimensi berbentuk parabola(dengan reflektor dari bahan alumunium foil), jaring parabola (terbuat dari bahan alumunium), kerangka parabola (terbuat dari bahan alumunium), tiang absorber (menggunakan material besi), absorber (terbuat dari bahan stainless steel) dan storage (berfungsi untuk menyimpan air). Berikut akan dijelaskan secara detail dari masing-masing bagian dari solar collector tersebut.

3.2.1 Konstruksi Parabola

Parabola tersebut mempunyai diameter 12 feet atau sekitar 366 cm dan tinggi 64 cm.Terdiri dari 18 jaring yang terbuat dari bahan alumunium juga dan 18 kerangka yang terbuat dari bahan alumunium juga. Penggunaan material alumunium dengan tujuan mengurangi massa parabola tetapi tetap memperhitungkan aspek kekuatan dari parabola tersebut. Berikut adalah sketsa dari parabola



Gambar 3.10 Parabola tampak samping



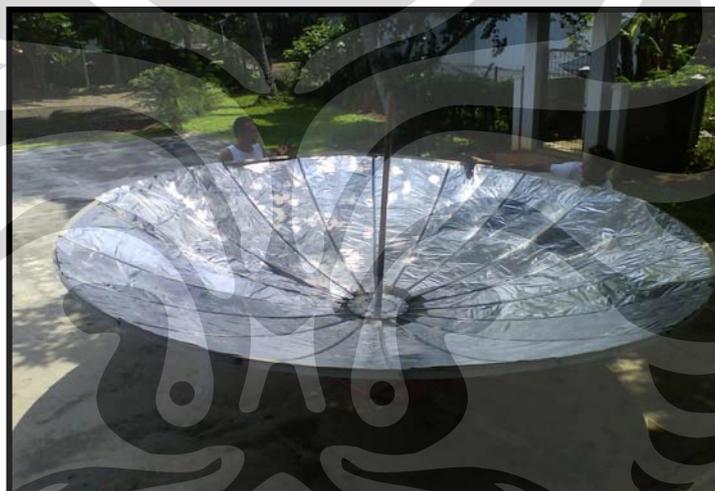
Gambar 3.11 Parabola tampak depan

Parabola tersebut didesain terdapat tiang di tengahnya. Materialnya menggunakan tiang yang terbuat dari material besi yang berfungsi sebagai tempat absorber dan jalur dari selang dan perkabelan. Material besi dikarenakan nilai yang lebih rendah dari stainless steel dan harus memperhitungkan tingkat

kekuatannya. Tiang absorber mempunyai dimensi tinggi 150 cm, diameter 5 cm dan tebal 2mm. Tinggi tersebut bertujuan mempunyai titik fokus dari parabola bernilai 130 cm selisihnya atau 20 cm berfungsi sebagai “clem” dari tiang tersebut. Diameter 5 cm bertujuan untuk perkabelan dan sirkulasi air.

3.2.2 Konstruksi Jaring dan Kerangka Parabola

Parabola terdiri dari 18 jaring dan 18 kerangka. Hal ini bertujuan dalam instalasi. Mengingat dimensi parabola yang sangat besar, maka akan lebih praktis bila dilakukan sistem “kockdown” atau bongkar pasang. Karena terdiri dari 18 kerangka maka dapat disimpulkan bahwa sudut yang dibentuk dari masing-masing kerangka adalah 20 derajat.



Gambar 3.12 Konstruksi jaring dan kerangka parabola

3.2.3 Konstruksi Absorber

Absorber berfungsi untuk menerima sinar yang dipantulkan oleh reflector dalam konteks ini adalah aluminium foil. Absorber terbuat dari bahan stainlesssteel dengan maksud seringan mungkin dan harus kuat untuk temperatur tinggi. Absorber terbuat dari bahan silinder dikarenakan fokus dari parabola berbentuk silinder. Absorber mempunyai tinggi 30 cm dan diameter 16cm. Didalam absorber tersebut terdapat 4 buah pipa stainlesssteel yang berfungsi sebagai aliran air masuk, aliran air keluar, tempat untuk sensor termokopel, dan tempat untuk perkabelan dari sensor cahaya. Panjang pipa didalam absorber untuk

aliran masuk sebesar 25 cm sedangkan pipa untuk aliran keluar sebesar 10 cm. Hal ini bertujuan untuk mencegah habisnya air didalam absorber sewaktu sirkulasi dimatikan. Ini untuk mencegah terjadinya retak maupun pecah apabila absorber mempunyai nilai temperatur yang sangat tinggi.



Gambar 3.13 Konstruksi absorber

Absorber tersebut juga terdiri dari 2 buah valve yang berfungsi untuk mengatur debit air yang mengalir dari storage ke absorber. Diatas absorber terdapat jarak 12 cm untuk tempat sensor LDR. Jarak tersebut diharapkan sensor LDR tidak menerima pantulan panas yang berasal dari alumunium foil

3.2.4 Perancangan Storage Air

Storage berfungsi untuk menampung air yang mengalir ke absorber. Penulis menggunakan storage dari bak penampung air dengan maksimum volume air sebesar 150 liter. Dalam pelaksanaannya, penulis hanya memberi 75 liter saja dengan harapan temperatur yang tersimpan cukup besar. Air di dalam storage akan dipompa lalu dialiri ke dalam absorber. Temperatur air didalam storage akan dijaga kondisinya dari suhu ruangan, dengan menggunakan glasswall dan rockwall. Penggunaan material ini dikarenakan bahan dari zat padat tersebut mempunyai sifat absorptansi yang sangat tinggi.

Air akan di pompa dari bawah dengan menggunakan pompa berspesifikasi suchhead 9liter dan dischhead 18 liter. Akan tetapi aliran air yang terajdi tidak sebegitu besar dikarenakan sistem storage air menggunakan sistem “*bypass*”.

Dalam konteks ini, aliran air yang disedot pompa akan langsung dikembalikan lagi tanpa melalui absorber



Gambar 3.14 Storage air

Aliran air dari storage ke pompa menggunakan pipa, sedangkan dari pompa ke pipa absorber menggunakan selang fleksibel dengan. Hal ini dikarenakan pergerakan parabola yang berputar horizontal maupun vertikal sehingga dibutuhkan perantara aliran yang fleksibel namun kuat untuk temperatur yang tinggi.

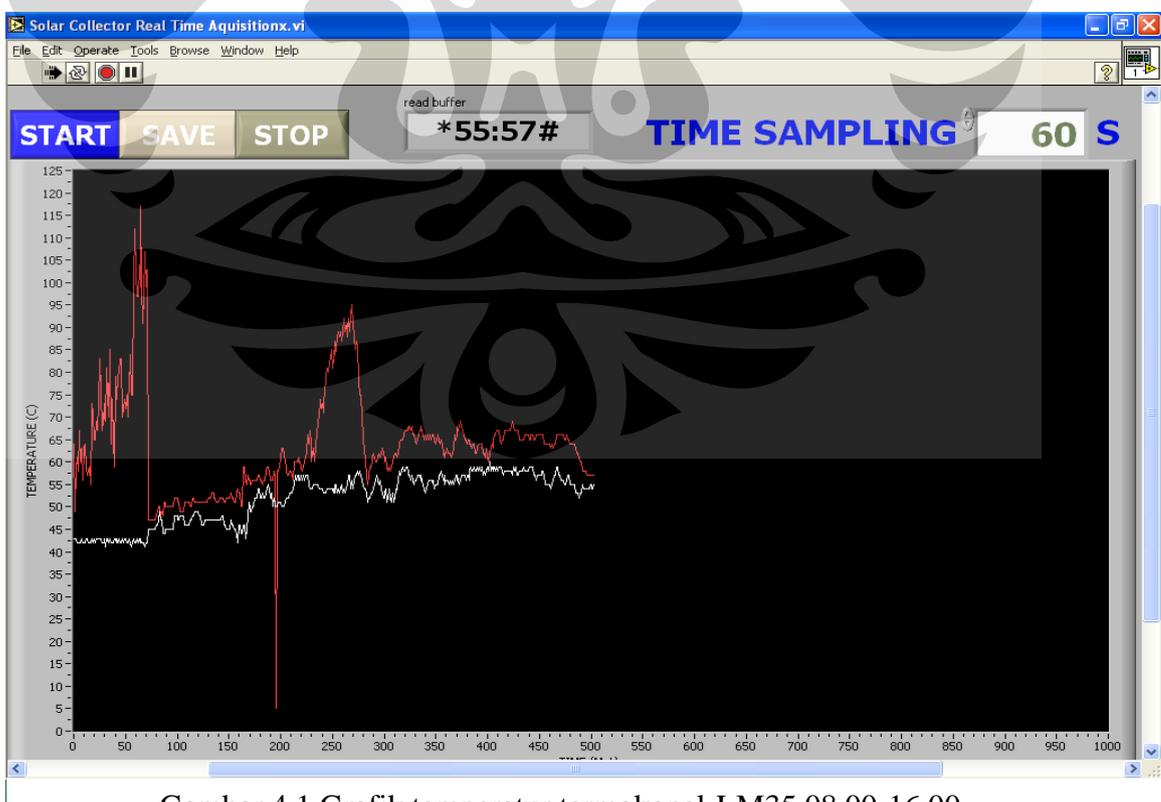
BAB 4

HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem, maka perlu dilakukan pengujian alat serta penganalisaannya untuk mengetahui apakah sistem berfungsi sesuai dengan tujuannya dan mengetahui karakteristik alat tersebut sehingga dapat bermanfaat. Setiap perangkat atau sistem pasti memiliki variable input dan output, output dari system ini harus melalui suatu pengujian untuk mengetahui apakah sistem berfungsi sesuai dengan tujuan pembuatannya, dan juga untuk mengetahui karakteristik dari perangkat atau sistem tersebut, sehingga dapat bermanfaat.

4.1. Pengambilan Data Sabtu,13-Juni-2009 pukul 08.00-16.00

Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Surya Parangtopo UI, Depok. Penguji. Pada pengambilan data ini dilakukan dari matahari terbit hingga matahari terbenam. Hal ini dilakukan untuk melihat temperatur yang diserap oleh absorber dan temperatur yang disimpan oleh storage. Pencatatan data dilakukan setiap menit, sehingga fluktuasi temperatur mudah terlihat.



Gambar 4.1 Grafik temperatur termokopel-LM35 08.00-16.00

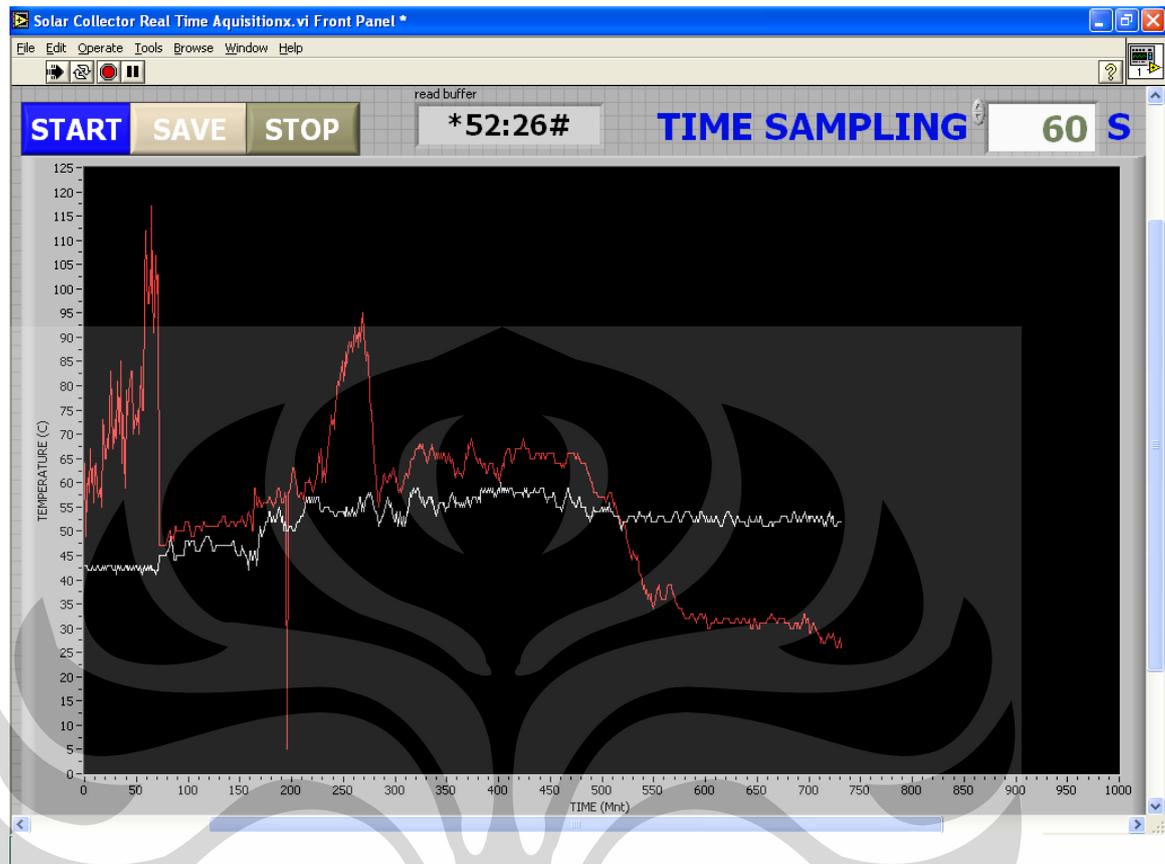
Pada grafik terlihat dua buah garis. Garis merah sebagai indikator sensor termokopel yang diletakan di dalam absorber, sedangkan garis putih sebagai indikator sensor LM 35 yang diletakan di dalam storage. Dalam start pertama temperatur LM 35 sudah bernilai 42 derajat celcius, hal ini disebabkan temperatur terakumulasi dari hari jumat. Nilai dari temperatur di dalam storage dan absorber tidak selalu sama, melainkan lebih tinggi absorber, karena tingkat intensitas cahaya matahari yang diterima absorber lebih tinggi dari storage.

Dari pukul 08.00-09.00 penulis melakukan uji temperatur value, dimana tidak terdapat aliran air yang mengalir. Air ditahan di dalam absorber dalam kurun waktu 60 menit. Akibatnya, nilai temperatur di dalam absorber hingga menjadi 106 derajat celcius. Karena faktor keamanan alat, maka stop valve dibuka dan debit air diperbesar, dari 1 liter/menit hingga mencapai 5 liter/menit. Dapat dilihat dari grafik, maka temperatur di storage akan mengalami kenaikan hingga mencapai 46 derajat celcius. Setelah get valve dibuka, terjadi aliran, maka debit air dikembalikan seperti penyetingan awal.

Tegangan di lokasi pengambilan data (Laboratorium Parangtopo) tidak konstan, hal ini mengakibatkan nilai tegangan fluktuatif (tidak konstan). Akan tetapi dapat kita lihat secara garis besar, bahwa nilai temperatur absorber dan storage berangsur-angsur naik. Pukul 12.00, dilakukan uji temperatur value kembali. Dalam kurun waktu 30menit temperatur di absorber mencapai 97 derajat celcius, maka segera dilakukan pembukaan ball valve, tetapi debit air konstan. Akibatnya, temperatur di absorber mengalami temperatur tidak tidak signifikan pada percobaan temperatur value yang pertama.

Temperatur di absorber dan storage terus mengalami peningkatan. Hingga pada pukul 16.00 intensitas matahari sudah mulai berkurang dan pada pukul 17.00 sirkulasi di hentikan, sehingga temperatur di dalam storage lebih tetap terjaga.

4.2. Pengambilan Data Sabtu,13-Juni-2009 pukul 08.00-20.00



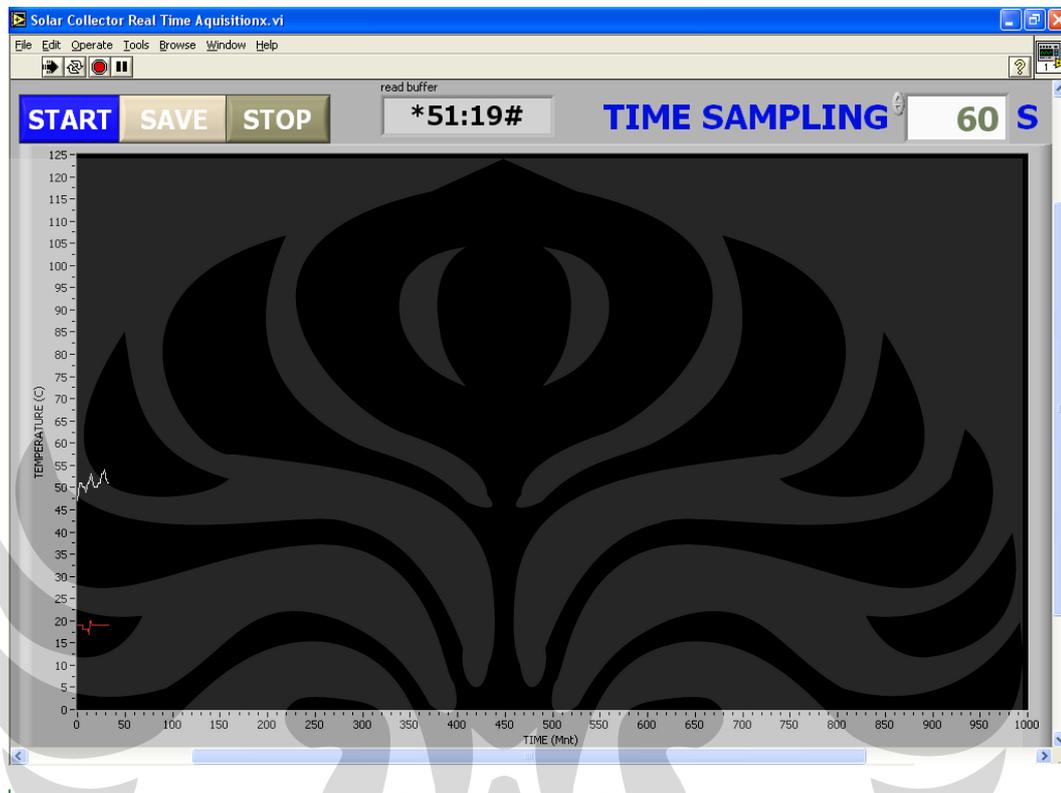
Gambar 4.2 Tampilan Temperatur Storage dan Absorber,13 Juni 08.00-20.00

Pengambilan tetap dilanjutkan (kontinu), grafik ini merupakan lanjutan dari grafik sebelumnya. Penulis hanya melakukan pencuplikan gambar saja. Dapat dilihat bahwa pada pukul 17.00 atau menit ke 540 nilai temperatur di storage mulai konstan dan temperatur di absorber berangsur-angsur turun. Penurunan di absorber tidak signifikan pada percobaan temperatur value. Hal ini disebabkan pengaruh dari desain mekanik dari pipa absorber, dimana permukaan pipa output di absorber masih berada 10 cm. Temperatur tersebut yang terakumulasi dengan temperatur absorber sendiri yang terukur oleh sensor termokopel. Mesin pompa dimatikan bertujuan untuk efisiensi energi yang dialirkan dan menjaga temperatur di dalam storage tetap terjaga.

Hingga pukul 20.00 temperatur di storage bernilai 52 derajat celcius dan temperatur di dalam bernilai 26 derajat celcius, penurunan ini dipengaruhi oleh

temperatur lingkungan yang cukup dingin dan terakumulasi dengan embun yang terdapat pada absorber.

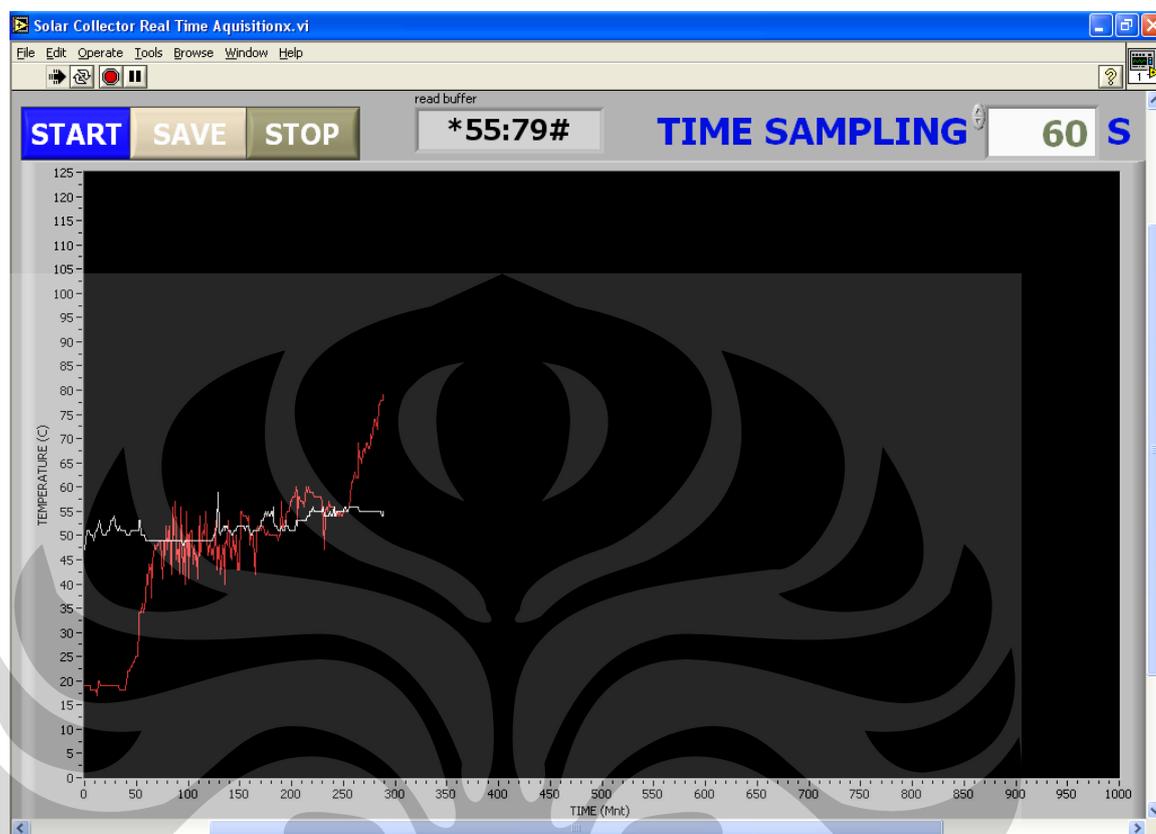
4.3 Pengambilan Data Minggu,14-Juni-2009 pukul 05.00-05.20



Gambar 4.3 Tampilan Temperatur Storage dan Absorber,14 Juni 05.00-05.20

Time sampling tetap dilakukan setiap 60 sekon atau satu menit. Pada grafik dapat terlihat bahwa hingga pagi hari temperatur di termokopel terus mengalami penurunan hingga 19 derajat celcius. Dapat disimpulkan bahwa temperatur lingkungan pada malam hingga pagi hari cukup dingin. Temperatur di dalam storage mengalami penurunan temperatur hingga 4 derajat celcius, sehingga temperatur yang terukur mencapai 51 derajat celcius. Penurunan temperatur ini dapat disebabkan kurang terisolasinya storage oleh glasswall dan rockwall ditambah temperatur lingkungan yang cukup dingin. Penurunan temperatur pada storage sebesar 4 derajat celcius dirasakan masih cukup normal, dikarenakan isolasi yang digunakan masih cukup sederhana, hanya dengan menggunakan fiber sebagai isolator luar dan glasswall+rockwall sebagai isolator dalam, ditambah sealant sebagai lapisan samping.

4.4 Pengambilan Data Minggu,14-Juni-2009 pukul 05.00-10.00

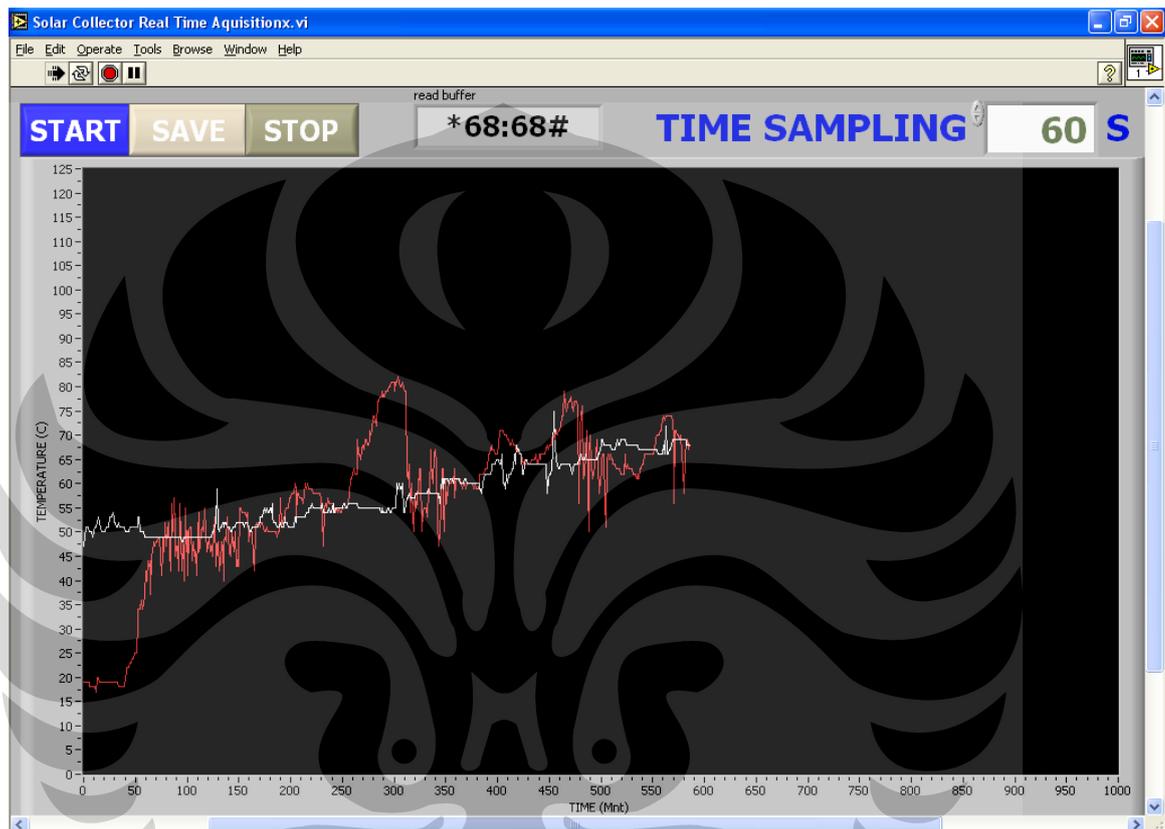


Gambar 4.4 Tampilan Temperatur Storage dan Absorber,14 Juni 05.00-10.00

Pengambilan tetap dilanjutkan, dengan time sampling yang konstan 60 sekon dan debit air yang konstan 1 liter/menit. Ketika pukul 06.00 sirkulasi air mulai di jalankan. Hal ini mengakibatkan temperatur di dalam absorber mulai berangsur-angsur naik dikarenakan pengaruh dari temperatur di dalam storage. Sebaliknya temperatur di dalam storage mengalami penurunan, karena pengaruh temperatur di dalam absorber hanya saja tidak terlalu signifikan. Temperatur storage mengalami penurunan sebesar 2 derajat celcius. Setelah 10 menit dari sirkulasi aliran, maka temperatur absorber mulai konstan sehingga temperatur absorber mendekati nilai temperatur dari storage. Hanya saja, tegangan input sensor tidak optimal mengalami fluktuatif, sehingga temperatur yang terukur juga tidak konstan. Pada pukul 09.30 penulis melakukan percobaan temperatur value kembali. Dalam waktu 50 menit temperatur di absorber terukur 79 derajat celcius

dan temperatur di dalam storage bernilai 55 derajat celcius. Sampai saat ini, 2 hari yang cukup baik cuaca cerah, sehingga temperatur yang terukur cukup maksimum.

4.5 Pengambilan Data Minggu,14-Juni-2009 pukul 05.00-14.30

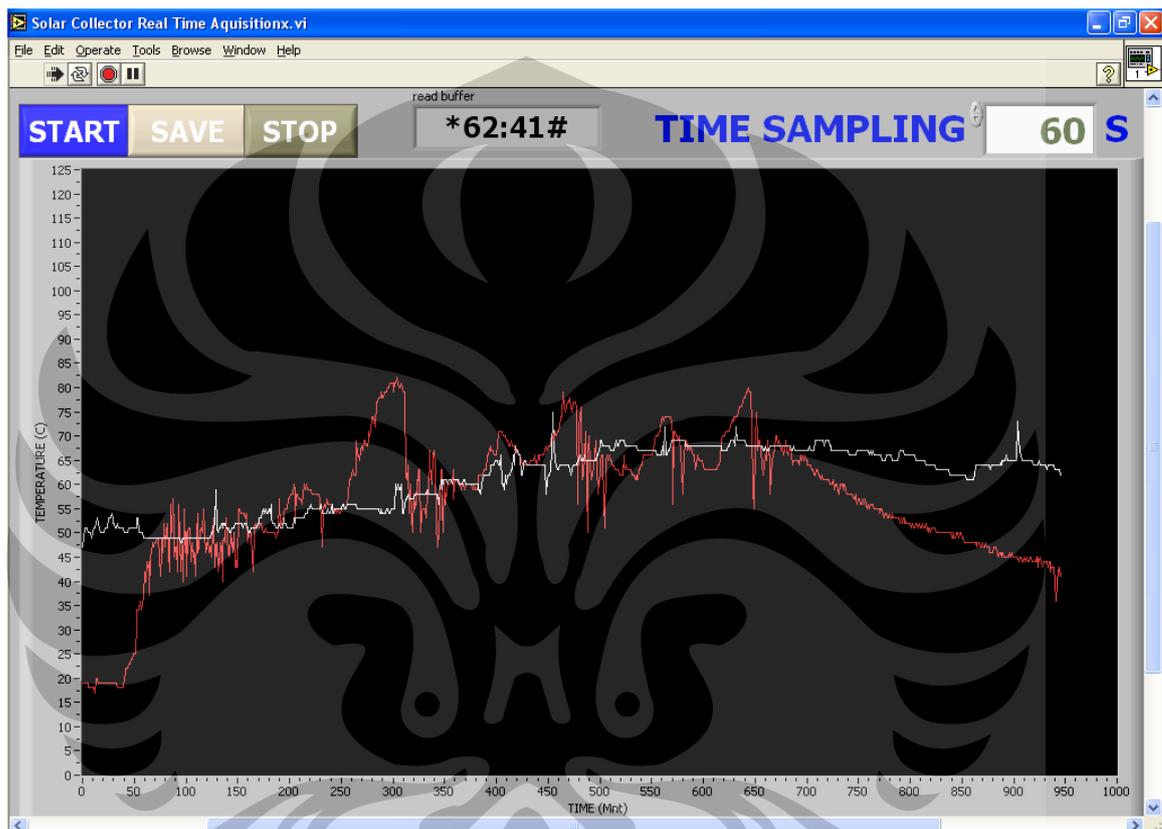


Gambar 4.5 Tampilan Temperatur Storage dan Absorber,14 Juni 05.00-14.00

Setelah dilakukan temperature value, pengambilan data dilakukan dengan volume value. Sirkulasi kembali dijalankan, temperatur pada absorber dan storage berangsur-angsur naik. Pada pukul 12.00, kembali dilakukan pengambilan data dengan sistem temperatur value. Dalam waktu 40 menit temperatur di dalam absorber mencapai nilai 80 derajat celcius. Setelah itu, pengambilan data dilakukan dengan cara memberi gangguan pada get valve. Hal ini mengakibatkan grafik dari absorber mengalami penurunan sehingga, nilai temperatur didalamnya terukur 49 derajat celcius. Temperatur di dalam storage tidak terpengaruh oleh gangguan pada get valve, temperatur tersebut tampak terlihat stabil. Tampak

bahwa temperatur pada absorber tidak konstan sedangkan temperatur pada storage terlihat konstan. Hal ini dapat disebabkan dari pengkalibrasian yang tidak akurat, nilai dari masing-masing komponen tidak akurat, tegangan input yang fluktuatif.

4.6 Pengambilan Data Minggu,14-Juni-2009 pukul 05.00-21.00



Gambar 4.6 Tampilan Temperatur Storage dan Absorber,14 Juni 05.00-21.00

Pada pukul 15.00, pengambilan data dilakukan dengan sistem temperatur value kembali. Hasilnya dapat kita lihat bahwa dalam waktu 20 menit temperatur pada absorber mengalami kenaikan sebesar 15 derajat celcius. Hal ini berarti tingkat intensitas matahari pada pukul 15.00 masih cukup tinggi. Setelah itu dilakukan volume value, dengan sistem sirkulasi air. Dari grafik kita lihat bahwa pada pukul 16.00 temperatur yang terukur di absorber sudah mulai mengalami penurunan. Hal ini bukan disebabkan karena sistem, tetapi disebabkan cuaca yang mulai berawan. Cuaca yang berawan mengakibatkan intensitas matahari yang

direfleksikan aluminium foil berkurang, panas yang diserap absorber berkurang ditambah lagi dengan panas yang hilang di absorber akibat pengaruh temperatur lingkungan yang rendah. Oleh karena itu, sistem sirkulasi dimatikan, sehingga dapat menghemat efisiensi energi listrik dan temperatur di storage tetap terjaga. Penurunan di absorber berkisar 1 hingga 2 derajat per 3 menitnya. Sedangkan temperatur pada storage tetap terjaga nilainya berada di kisaran 62 derajat celsius.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan perancangan alat berdasarkan teori dasar dan pengambilan data yang dilakukan selama 2hari atau 28 jam(total keseluruhan). Maka penulis mempunyai beberapa kesimpulan dari hasil pembuatan skripsi serta beberapa saran yang berguna untuk kedepannya.

5.1 Kesimpulan

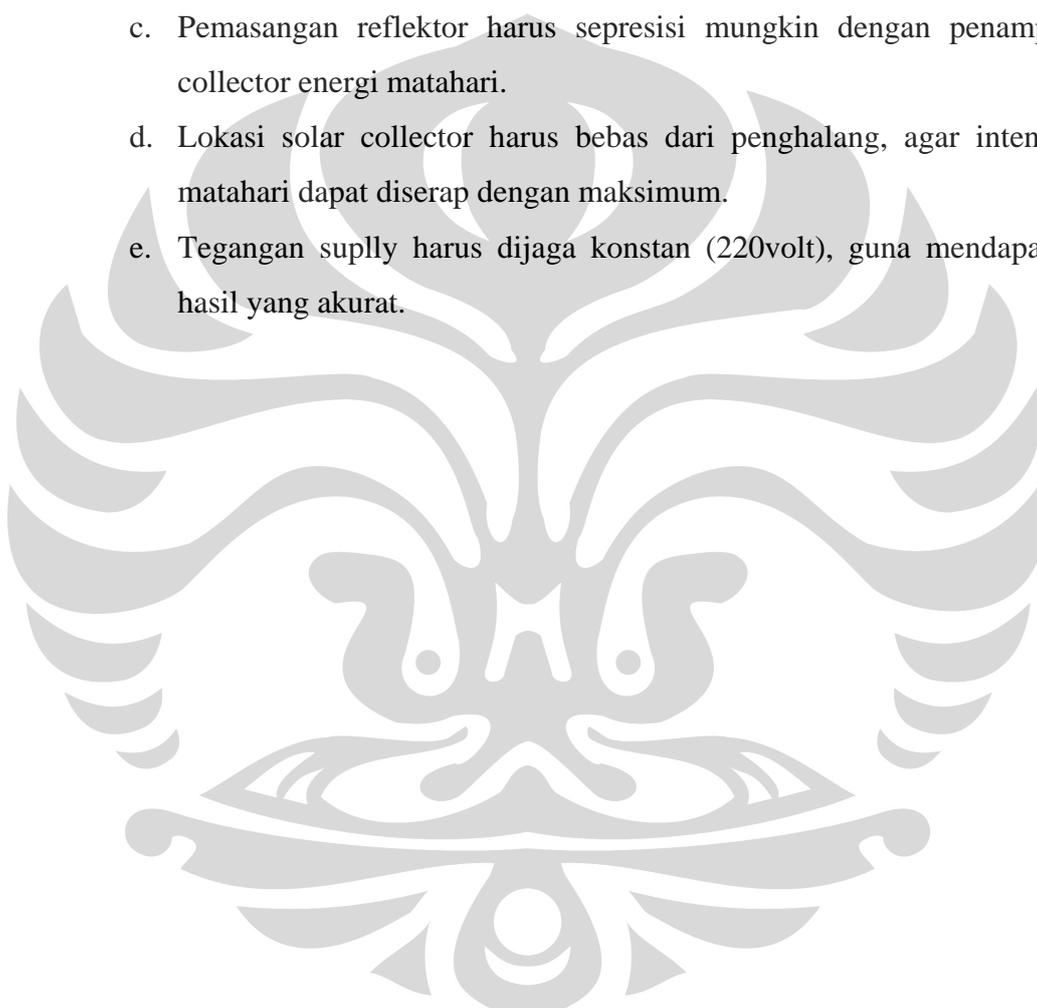
Dari pengamatan data yang sudah dilakukan, maka penulis mempunyai kesimpulan bahwa :

- a. Parabola dapat dipergunakan sebagai media untuk mengumpulkan panas matahari, tentu saja dengan menggunakan reflektor.
- b. Alumunium foil dapat berfungsi sebagai reflektor. Reflektor tersebut akan berfungsi maksimum bila luas permukaan pantul benda tidak terganggu.
- c. Bila intensitas matahari yang diterima parabola besar, maka energi yang dipantulkan reflektor akan lebih besar pula.
- d. Temperatur lingkungan mempengaruhi temperatur sistem
- e. Temperatur pada absorber lebih tinggi daripada temperatur storage. Hal ini dikarenakan absorber mendapat cahaya matahari secara langsung.
- f. Intensitas terbesar terjadi pada waktu siang hari dari pukul 11.00-14.00
- g. Bila debit air yang dialirkan oleh pompa tinggi, maka temperatur yang terukur di absorber akan rendah, begitu pula sebaliknya. Hal ini dikarenakan lamanya air yang melewati absorber semakin singkat.
- h. Temperatur yang tersimpan di storage dalam kurun waktu 8 jam berkisar mengalami kenaikan 8-12 derajat celcius.

5.2 Saran

Dalam pengerjaannya ternyata solar collector masih kurang sempurna. Oleh karena itu, penulis mempunyai beberapa saran yang berguna untuk pembuatan selanjutnya. Diantaranya yaitu :

- a. Pembuatan mekanik harus kokoh, baik dari kaki-kaki hingga dudukan penggerak.
- b. Menggunakan reflektor yang bagus, penulis menganjurkan cermin.
- c. Pemasangan reflektor harus sepresisi mungkin dengan penampang collector energi matahari.
- d. Lokasi solar collector harus bebas dari penghalang, agar intensitas matahari dapat diserap dengan maksimum.
- e. Tegangan suply harus dijaga konstan (220volt), guna mendapatkan hasil yang akurat.



DAFTAR REFERENSI

D.L Evans dan L.W. Florschuetz, “Cost studies on terrestrial photovoltaic power systems with sunlihg concentration”, Sol. Energy

Aaron Kirpich, G.O’Brien , dan N.Shepard, dalam *Solar Energy Technology Handbook, Part B* (ed : William C. Diknison dan Paul N. Cheremisinoff), Marcel Dekker, New York (1980).

Ari Rabl, “Comparison of solar concentrators”, Sol. Energy (1976)

