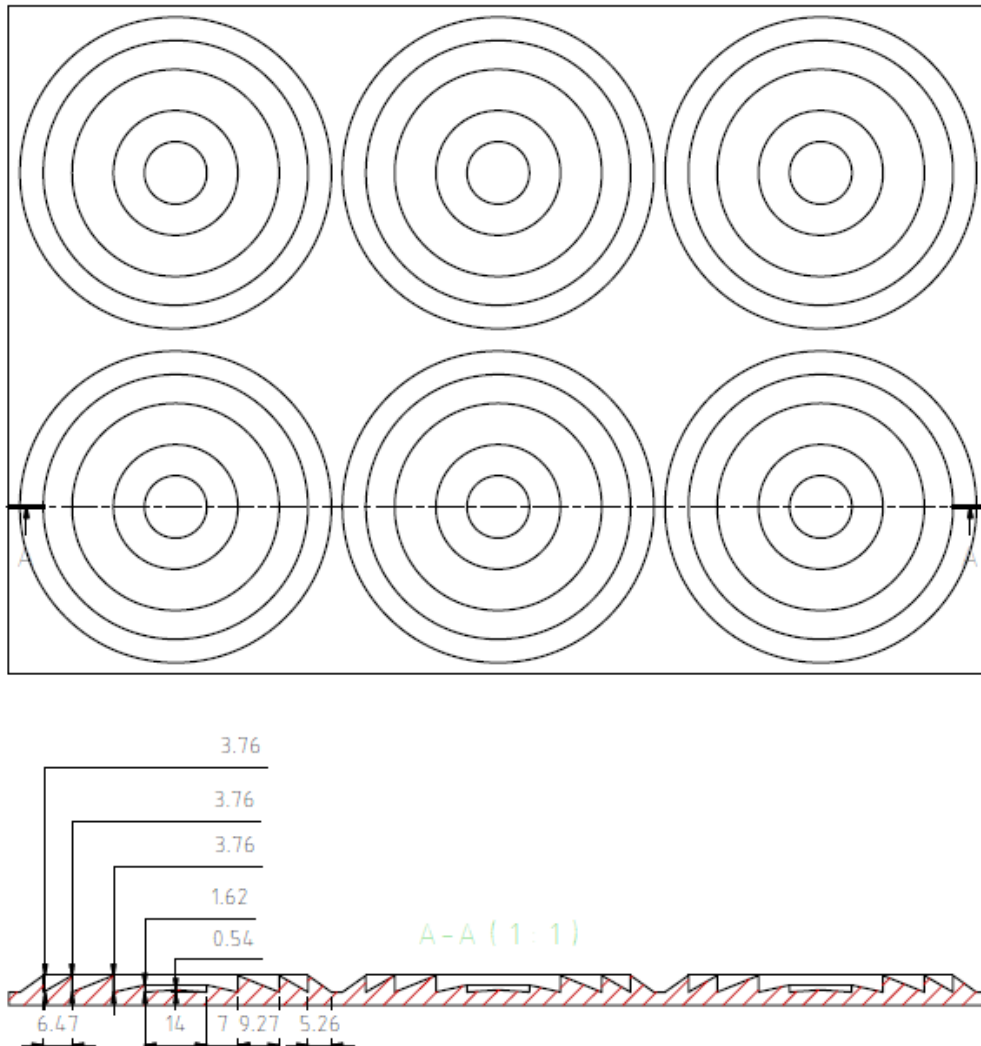


4. ANALISA DATA dan EKSPERIMEN

Sebuah lensa fresnel dirancang dengan jarak fokus sejauh 90 mm. Lensa akan dipasang di sebuah kolektor surya dengan tujuan untuk memanaskan *fluida* kerja yang mengalir.

4.1 Pengujian Lensa Fresnel Rancangan Sebelumnya Dengan Kaca

Lensa yang digunakan untuk pengujian ini merupakan lensa yang telah dibuat terlebih dahulu yaitu dengan dimensi pada Gambar 4.1 Pengujian yang dilakukan adalah dengan membandingkan lensa rancangan dengan kaca, dan juga lensa komersil. Data pengujian yang telah didapat dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2.



Gambar 4.1 Rancangan Lensa Sebelumnya

Tabel 4.1

Data 4 November 2019

	kaca, plat Ave. (°C)	commerc, plat Ave. (°C)	sendiri, plat Ave. (°C)	baru, plat Ave. (°C)
00:00:00	45.77	48.55	43.63	45.5
00:05:00	46.86	49.52	44.28	46.73
00:10:00	48.31	50.93	45.18	47.82
00:15:00	49.57	52.16	46.29	48.94
00:20:00	50.36	52.42	46.99	50.25
00:25:00	48.41	48.25	46.76	48.84
00:30:00	48.47	49.29	46.41	48.16
00:35:00	51.18	53.68	47.45	50.33
00:40:00	51.91	54.76	48.32	51.28
00:45:00	52.37	55.34	48.6	51.61
00:50:00	53.29	56.24	49.48	52.83
00:55:00	53.94	57.42	49.95	53.05
01:00:00	54.13	57.6	50.32	53.78
01:05:00	54.59	58.89	50.52	53.2
01:10:00	55.21	58.1	51.06	53.41
01:15:00	55.5	51.54	52.06	54.85
01:20:00	55.71	51.83	52.19	55.18
01:25:00	55.69	52.24	51.87	54.77
01:30:00	55.88	52.98	52.2	54.89
01:35:00	56.31	54.28	53.11	55.23
01:40:00	56.34	54.48	53.55	56.09
01:45:00	56.26	55.44	53.15	55.18
01:50:00	56.42	56.66	53.54	54.91
01:55:00	56.57	57.53	53.85	54.73
02:00:00	56.88	57.61	54.32	55.64

02:05:00	56.79	57.87	54.6	55.38
02:10:00	57.04	58.41	55	55.53
02:15:00	57.3	58.27	54.96	55.88
02:20:00	57.57	57.74	54.88	56.5
02:25:00	57.63	56.06	55.07	56.26
02:30:00	57.46	58.57	55.3	55.58
02:35:00	57.3	59.05	55.49	55.08
02:40:00	57.12	58.98	54.97	54.36
02:45:00	57.18	58.65	55.21	54.65
02:50:00	56.89	58.39	54.76	54.18
02:55:00	56.64	58.55	54.48	53.57
03:00:00	57.06	59.79	54.9	53.16
03:05:00	56.52	59.83	54	51.26
03:10:00	56.29	59.54	53.39	50.97
03:15:00	56.32	59.07	53.12	51.18
03:20:00	56.06	55.74	53.35	51.9
03:25:00	55.8	55.1	52.7	51.04
03:30:00	55.71	55.33	52.51	50.4
03:35:00	55.7	54.75	52.42	50.96
03:40:00	55.03	53.5	51.68	51.04
03:45:00	55.05	53.42	51.57	50.89
03:50:00	54.77	53.43	50.95	49.74
03:55:00	54.91	54.39	50.91	48.53
04:00:00	54.92	55.08	50.87	47.62
04:05:00	54.98	55.34	50.86	47.96
04:10:00	54.75	55.41	50.83	47.52
04:15:00	54.26	54.67	50.38	47.23
04:20:00	54.21	53.68	49.98	47.76
04:25:00	54.13	53.03	49.86	48.21

04:30:00	53.95	53.11	50.29	47.94
04:35:00	53.83	52.12	50.06	48.28

Tabel 4.2

Data 5 November 2019

	kaca, plat Ave. (°C)	commerc, plat Ave. (°C)	sendiri, plat Ave. (°C)	baru, plat Ave. (°C)
00:00:00	51.33	49.03	45.78	48.98
00:05:00	51.05	48.52	46.41	49.5
00:10:00	52.77	50.94	47.32	50.86
00:15:00	52.25	51.74	48.31	51.52
00:20:00	54.58	53.7	49.21	51.78
00:25:00	55.74	55.24	50.22	52.1
00:30:00	56.02	55.4	50.64	52.48
00:35:00	55.7	54.74	51.42	53.41
00:40:00	50.3	49.34	49.82	50.68
00:45:00	48.64	48.53	48.98	49.48
00:50:00	47.8	48.18	48.46	48.92
00:55:00	49.15	49.83	48.34	48.97
01:00:00	52.88	52.28	49.16	50.05
01:05:00	54.72	52.37	50.03	51.34
01:10:00	54.84	51.55	50.5	52.39
01:15:00	56.03	51.57	51.27	53.39
01:20:00	57.19	51.84	52.3	54.12
01:25:00	54.88	50.91	51.79	53.69
01:30:00	56.54	50.87	52.39	55.1
01:35:00	56.91	51.85	52.57	54.08
01:40:00	52.77	50.79	51.52	52.76
01:45:00	52.26	50.2	51.01	52.24
01:50:00	52.52	49.66	50.78	51.8

01:55:00	53.79	49.75	50.72	52.08
02:00:00	55.15	49.06	50.34	51.46
02:05:00	56.81	50.21	50.62	50.81
02:10:00	57.61	51.29	51.24	50.84
02:15:00	55.67	51.65	50.98	49.91
02:20:00	57.5	51.97	51.4	50.26
02:25:00	58.32	51.96	51.65	50.83
02:30:00	58.66	52.4	51.68	50.72
02:35:00	58.66	52.86	51.67	50.39
02:40:00	54.47	52.09	51.14	50.11
02:45:00	50.27	50.19	49.82	49.16
02:50:00	54.74	50.02	49.62	49.07
02:55:00	56.57	50.51	49.42	48.66

Berdasarkan data yang didapat diatas lensa rancangan sebelumnya masih belum menghasilkan suhu yang lebih tinggi atau sama dengan kaca maupun lensa komersil sehingga dibuatlah sebuah rancangan fresnel yang baru dengan dimensi yang baru dilakukan. Pada rancangan yang baru dimensi lensa, jumlah lensa dan juga ketebalan dilakukan perubahan hal ini dilakukan dengan harapan dapat menghasilkan suhu yang jauh lebih baik dengan rancangan sebelumnya.

4.2 Hasil Rancangan Lensa Fresnel

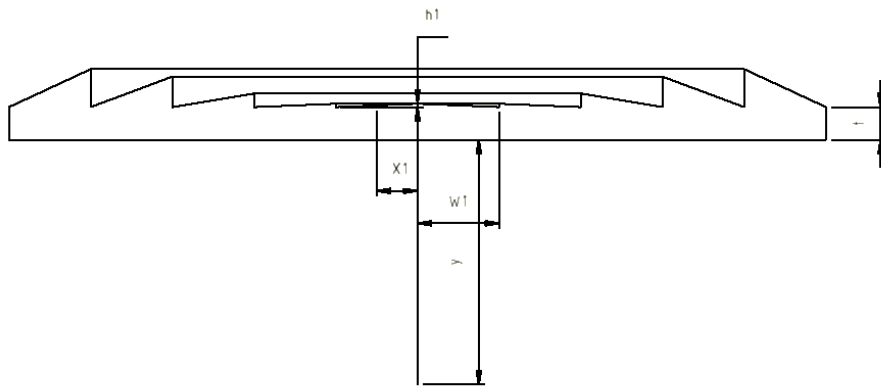
Untuk merancang sebuah lensa fresnel titik fokus ditentukan terlebih dahulu yaitu pada jarak ($f = 90 \text{ mm}$). Jarak fokus dirancang sejauh 90 mm karena kolektor surya yang dibuat berdasarkan referensi penulis sebelumnya yaitu 2 buah lensa fresnel komersil dengan jarak fokus 250 mm ditumpuk menjadi satu maka, jarak fokus menjadi 90 mm. (Valentio,2019)

Lensa fresnel yang dirancang juga memiliki ukuran diameter ($d = 50 \text{ mm}$) dengan jumlah cincin sebanyak 5 untuk tiap fresnel. Dikarenakan mesin yang ada saat ini tidak mampu untuk membuat lensa seperti lensa komersil. Mesin yang digunakan dalam pembuatan lensa komersil adalah mesin *injection molding* sedangkan mesin yang saat ini digunakan adalah mesin *press*, sehingga sebuah rancangan dibuatlah rancangan 12 fresnel.

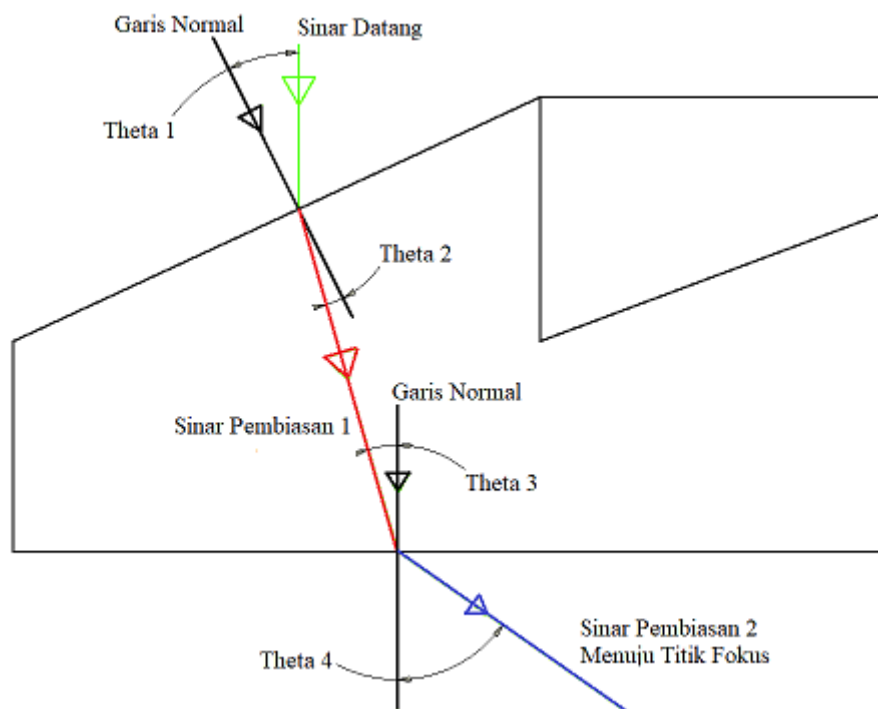
Diketahui juga:

n_a : Indeks bias Acrylic (PMMA) 1.49

n_u : Indeks bias udara 1



Gambar 4.2 Keterangan Posisi Tiap Dimensi Fresnel



Gambar 4.3 Posisi Sudut Dan Sinar Pada Tiap *Ring*.

- n : urutan *ring*
- $\theta_1 = \text{Theta } 1$
- $\theta_2 = \text{Theta } 2$

- $\theta_3 = \text{Theta } 3$
- $\theta_4 = \text{Theta } 4$
- x_n : Jarak titik fresnel ke titik tengah *ring* n (mm)
- w_n : Jari-jari *ring* n (mm)
- h_1 : Tinggi *ring* n (mm)
- x'_n : Nilai x setelah h+t pada *ring* n (mm)
- xr_n : Nilai x sebenarnya pada *ring* n (mm)
- y : Jarak fokus fresnel (90 mm)
- t : Ketebalan fresnel (2 mm)

Berdasarkan persamaan snellius untuk menemukan dimensi tiap *ring*.

Persamaan snellius pada *ring* pertama

- Mencari h_1 ketika $x_1 = 2.5$ mm, $y = 90$ mm

1. $\theta_4 = \arctan \frac{x_1}{y} = \arctan \frac{2.5}{90} = 1.59^\circ$
2. $\theta_3 = \arcsin \left(\sin(\theta_4) * \frac{n_u}{n_a} \right) = \arcsin \left(\sin(1.59) * \frac{1}{1.49} \right) = 1.067^\circ$
3. $\theta_1 = \arctan \left(\frac{n_a}{n_u} * \frac{\sin \theta_3}{\left(\left(\frac{n_a}{n_u} \right) \cos \theta_3 - 1 \right)} \right) = \arctan \left(\frac{1.49}{1} * \frac{\sin 1.067}{\left(\left(\frac{1.49}{1} \right) \cos 1.067 - 1 \right)} \right) = 3.245^\circ$
4. $\theta_2 = \arcsin \left(\frac{\sin \theta_1 * n_u}{n_a} \right) = \arcsin \left(\frac{\sin(3.245) * 1}{1.49} \right) = 2.177^\circ$
5. $w_1 = 5$ mm
6. $h_1 = w_1 * \tan(\theta_3) = 5 * \tan(1.067) = 0.283$ mm

Data yang diatas merupakan data ketika lensa tidak memiliki ketebalan oleh karena itu dicarilah nilai x'_1 yang digunakan untuk mencari dimensi lensa dengan ketebalan 2 mm:

1. $x'_1 = (t + h_1) * (\tan \theta_3) = (2 + 0.283) * (\tan(1.067)) = 0.0944$ mm
2. $xr_1 = (x_1 - x'_1) = (2.5 - 0.0944) = 2.406$ mm
3. $\theta_4 = \arctan \frac{xr_1}{y} = \arctan \frac{2.458}{90} = 1.53^\circ$
4. $\theta_3 = \arcsin \left(\sin(\theta_4) * \frac{n_u}{n_a} \right) = \arcsin \left(\sin(1.53) * \frac{1}{1.49} \right) = 1.027^\circ$
5. $\theta_1 = \arctan \left(\frac{n_a}{n_u} * \frac{\sin \theta_3}{\left(\left(\frac{n_a}{n_u} \right) \cos \theta_3 - 1 \right)} \right) = \arctan \left(\frac{1.49}{1} * \frac{\sin 1.027}{\left(\left(\frac{1.49}{1} \right) \cos 1.027 - 1 \right)} \right) = 3.123^\circ$
6. $\theta_2 = \arcsin \left(\frac{\sin \theta_1 * n_u}{n_a} \right) = \arcsin \left(\frac{\sin(3.122) * 1}{1.49} \right) = 2.095^\circ$
7. $w_1 = 5$
8. $h_1 = (t + h_1) * (\tan \theta_1) = 5 * \tan(3.122) = 0.273$ mm

Berdasarkan langkah perhitungan diatas didapatkan hasil pada tiap *ring* 1-5 seperti pada Lampiran 1.

4.2.1. Mencari Dimensi *Ring* Melalui *Software Tracepro*

Tabel 4.3

Parameter Yang Digunakan Untuk Mecari Dimensi *Ring* Menggunakan *Tracepro*.

Fresnel	<i>Ring Width</i>	<i>Thicknes s</i>	<i>Outer Radius</i>	Catalog	Name	<i>Wavelen gth</i>	<i>Object Distance</i>	Image Distance
	(mm)	(mm)	(mm)			(μ m)	(mm)	(mm)
6	5	2	25	<i>Plastic</i>	<i>Acrylic</i>	0.5461	0	90

Menggunakan *Grid Source* dengan dimensi 150 mm x 220 mm dengan *irradiance/illumance* 672 W/m² diletakkan pada posisi $y = 149600000000$ mm (jarak bumi ke matahari).

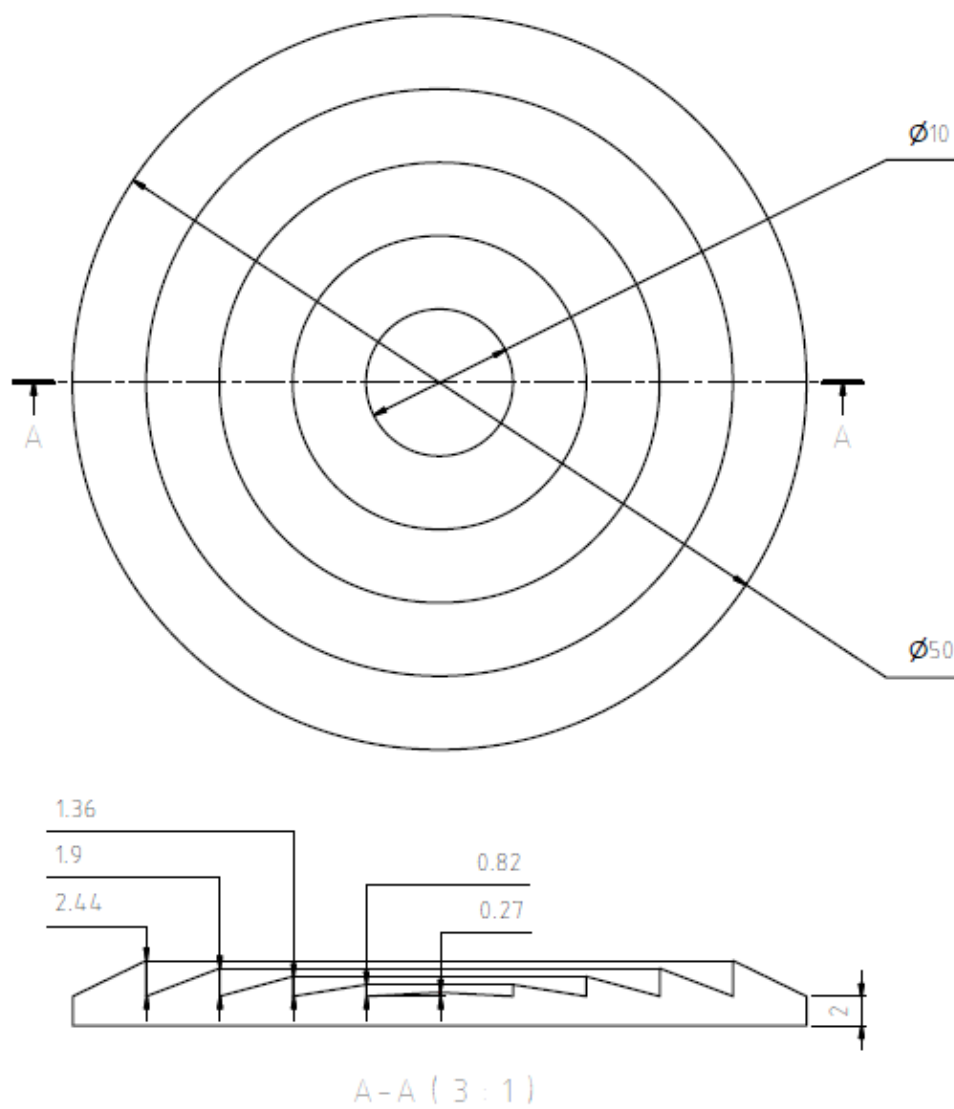
Membuat rancangan *primitive solid* sebagai wadah untuk menangkap cahaya yang datang setelah difokuskan oleh lensa. Pembuatan *primitive solid* berbentuk balok dengan dimensi 150 mm x 220 mm x 2 mm sebagai wadah ketika melakukan simulasi, pengaturan *properties* permukaan balok yang terkena hasil dari lensa fresnel dapat dilakukan dengan menggunakan *catalog: default* dan *name: perfect absorber* dengan tujuan untuk melihat seberapa besar *irradiance* yang dihasilkan oleh lensa yang dianalisa. *Primitive solid* diletakkan pada titik $y = 90$ mm karena titik fokus dari lensa sebesar 90 mm.

4.2.2. Gambar Desain Lensa Fresnel Hasil Dari Perhitungan dan *Tracepro*

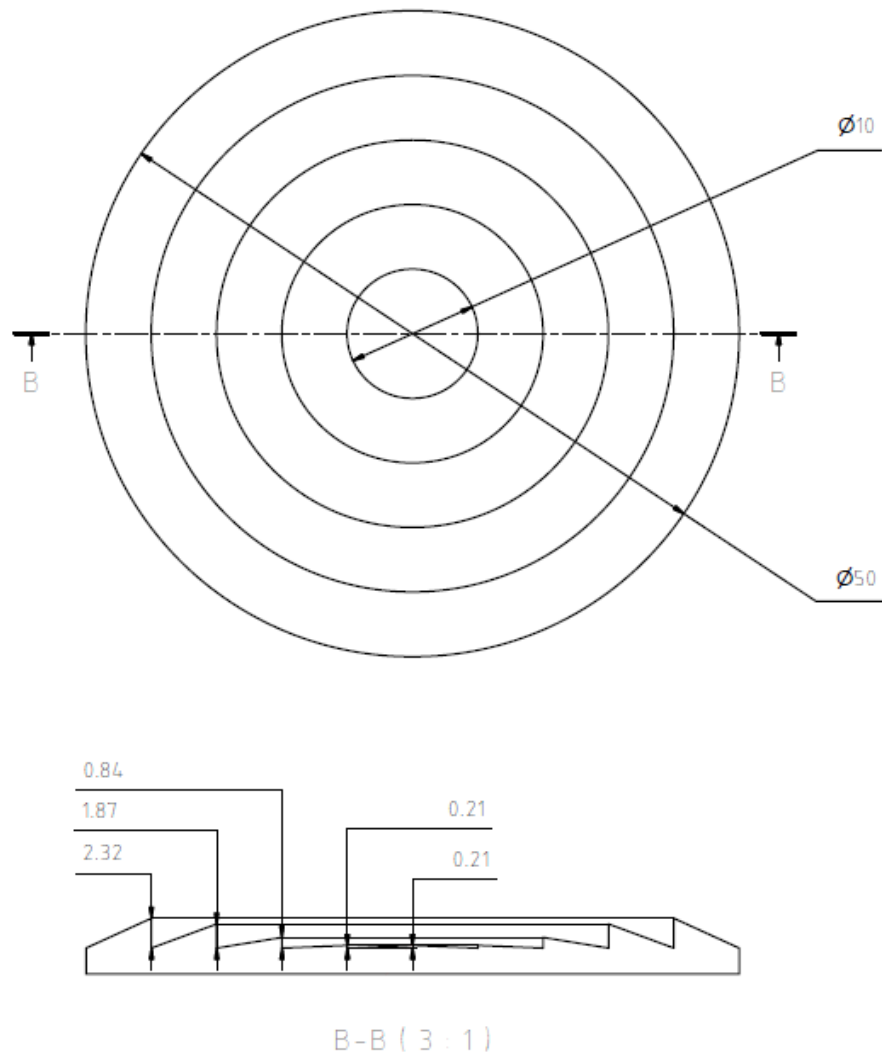
Tabel 4.4

Perbandingan Dimensi Fresnel Hasil Perhitungan Dan *Trecepro*

Jenis Fresnel	Jumlah <i>Ring</i>	<i>h Ring 1</i> (mm)	<i>w Ring 1</i> (mm)	<i>h Ring 2</i> (mm)	<i>w Ring 2</i> (mm)	<i>h Ring 3</i> (mm)	<i>w Ring 3</i> (mm)	<i>h Ring 4</i> (mm)	<i>w Ring 4</i> (mm)	<i>h Ring 5</i> (mm)	<i>w Ring 5</i> (mm)
Perhitungan	5	0.273	5	0.816	5	1.358	5	1.9	5	2.44	5
<i>TracePro</i>	5	0.209	5	0.209	5	0.836	5	1.866	5	2.319	5

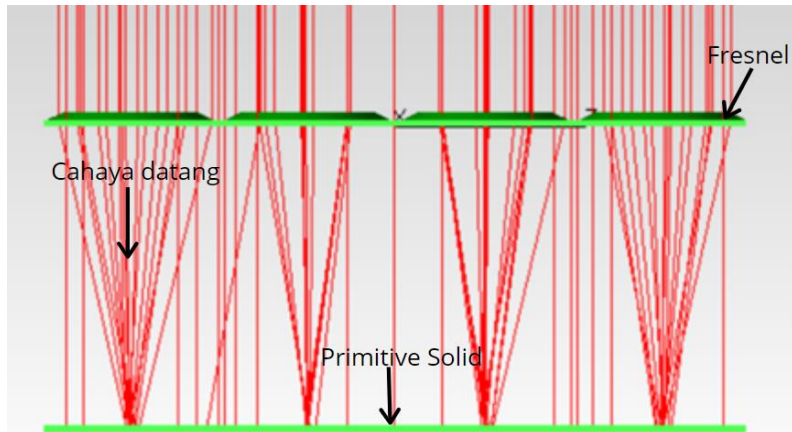


Gambar 4.4 Lensa Hasil Perhitungan

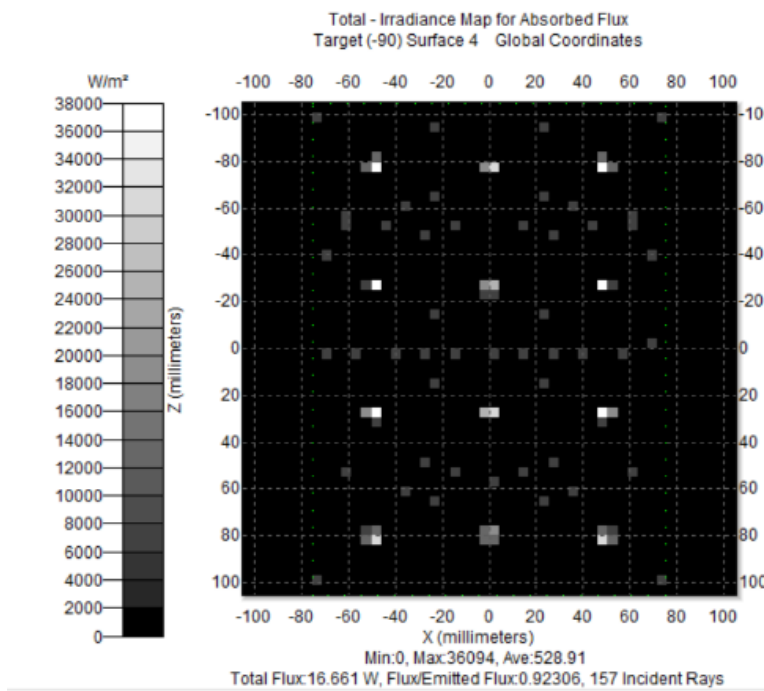


Gambar 4.5 Fresnel Hasil *Tracepro*

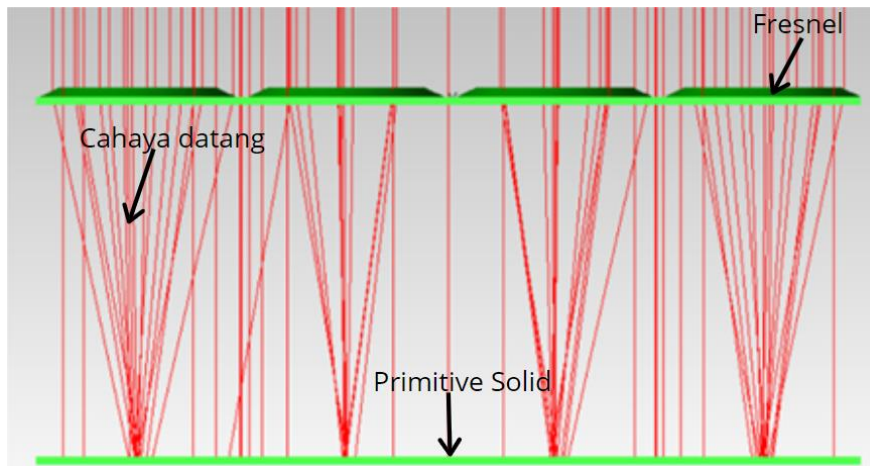
4.2.3. Hasil Simulasi *Tracepro*



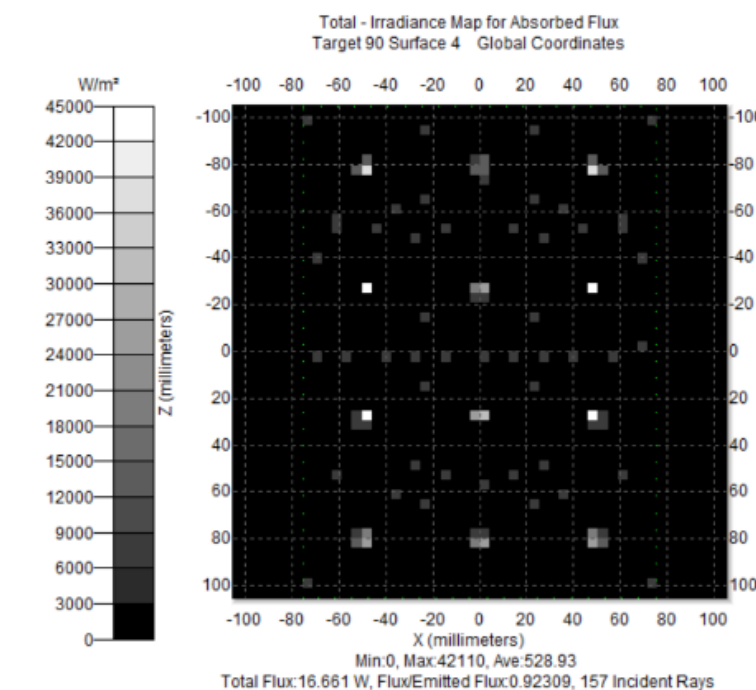
Gambar 4.6 Simulasi Lensa Hitungan



Gambar 4.7 Irradiance Map Lensa Hitungan

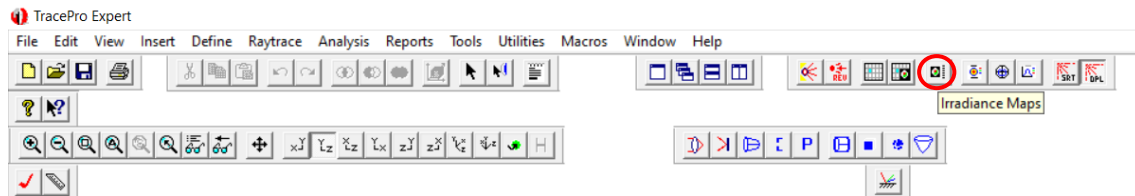


Gambar 4.8 Simulasi Lensa *Tracepro*



Gambar 4.9 *Irradiance Map* Lensa *TracePro*

Gambar 4.6 dan 4.8 merupakan tampilan proses simulasi dimana garis merah adalah perumpamaan dari cahaya yang datang (cahaya matahari) lalu dibiaskan oleh fresnel dan cahaya yang telah dibiaskan ditangkan oleh primitive solid untuk menghasilkan *irradiance map* seperti pada gambar 4.7 dan 4.9. Untuk menampilkan *irradiance map* dapat dilihat pada gambar 4.10. Hasil perbandingan *Irradiance map* (gambar 4.7 dan 4.9) dapat dilihat pada tabel 4.5.



Gambar 4.10 Pilihan Untuk Menampilkan *Irradiance Maps*.

Tabel 4.5

Perbandingan Hasil Simulasi

Parameter	Fresnel Hasil Hitungan	Fresnel Hasil <i>TracePro</i>
<i>Max Flux</i> (W/m ²)	36094	42110
<i>Average Flux</i> (W/m ²)	528.91	528.93
<i>Total Flux</i> (W)	16.661	16.661

Dari tabel 4.5 dapat dilihat bahwa fresnel hasil dari tracepro dapat menghasilkan *flux* yang lebih baik jika dibandingkan dengan fresnel hasil dari hitungan. Pengujian kali ini menggunakan rancangan yang di rekomendasikan *software TracePro* karena hasil yang ditunjukkan pada proses simulasi menunjukan hasil yang lebih baik dibanding rancangan hasil hitungan.

4.3 Langkah-Langkah Pembuatan Matras Lensa Fresnel

1. Menggunakan desain pada gambar 4.5 untuk proses pembuatan *Die* dan matras untuk pembuatan fresnel.

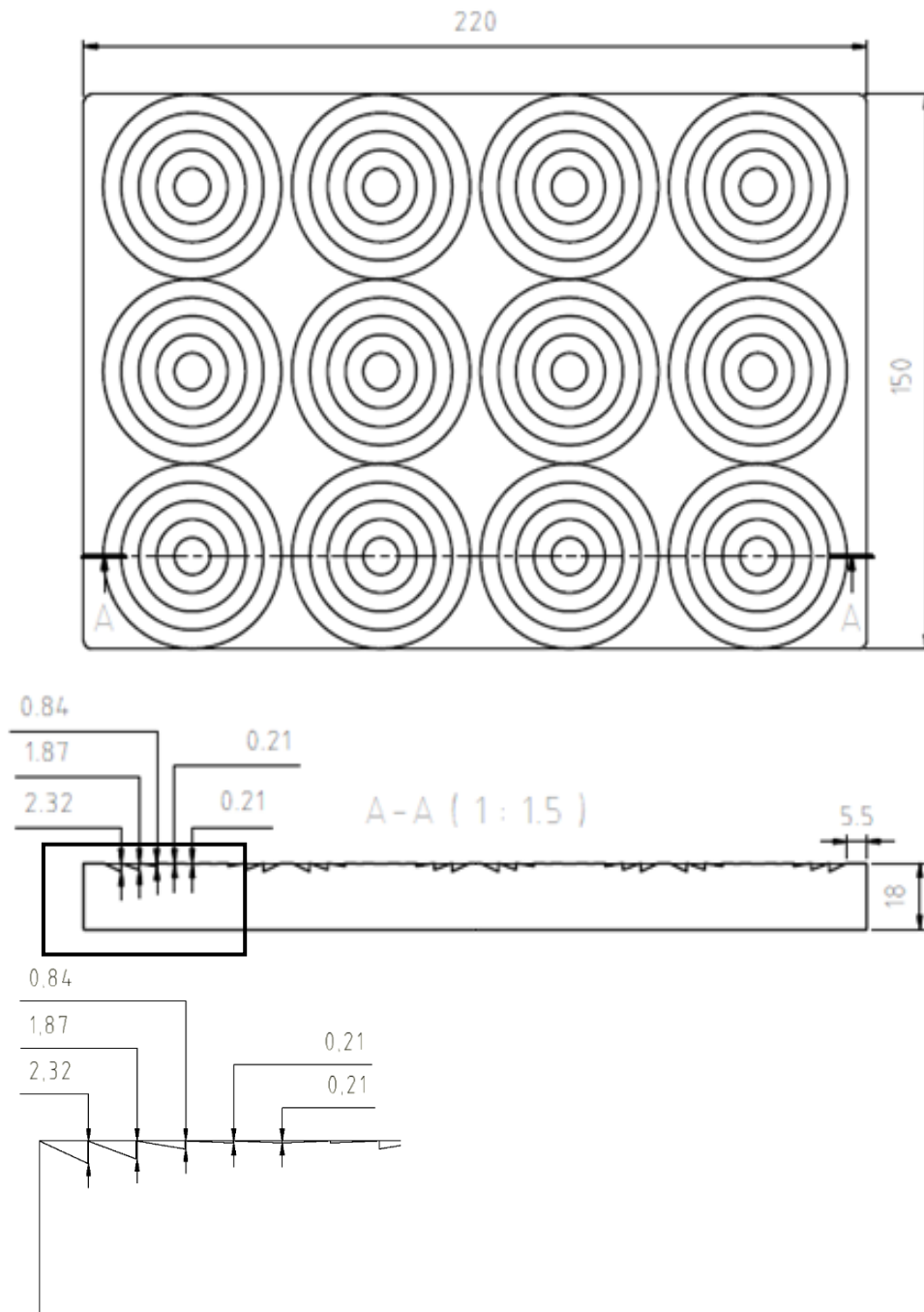


Gambar 4.11 Tampak Atas *Die* Untuk Pembuatan Lensa Fresnel



Gambar 4.12 Tampak Samping *Die* Untuk Pembuatan Lensa Fresnel

2. *Die* seperti pada gambar 4.11 dan gambar 4.12 nanti akan digunakan sebagai *Tool* pada proses *EDM* (*Electrical Discharge Machining*) matras. Material yang digunakan untuk pembuatan *Die* adalah Tembaga.
3. Melakukan pembelian bahan dasar matras yaitu material S45C yang berdimensi: 25 x 155 x 255 mm.
4. Melakukan proses *Machining Milling* untuk meratakan permukaan material dasar menjadi 20 x 150 x 250 mm.
5. Setelah itu melakukan proses *EDM* menggunakan *Die* pada gambar 4.11 dan gambar 4.12 untuk membuat matras lensa Fresnel.
6. Proses EDM dibuat sesuai dengan gambar 4.13.



Gambar 4.13 Dimensi Akhir Matras Lensa Fresnel

7. Setelah proses EDM selesai maka ketebalan matras dikurangi sebesar 2 mm sehingga dimensi akhir matras menjadi seperti pada gambar 4.13.



Gambar 4.14 Tampak Atas Matras Setelah Proses EDM



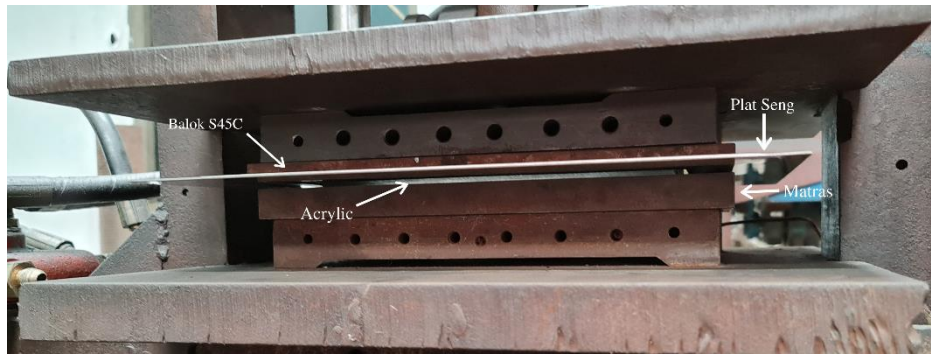
Gambar 4.15 Tampak Samping Matras Setelah Proses EDM

8. Pengurangan ketebalan sebesar 2 mm bertujuan sehingga ketika selesai dipress lensa Fresnel memiliki ketebalan 2 mm seperti pada rancangan desain lensa Fresnel.
9. Matras yang telah jadi dipasangkan pada *frame* yang telah dibuat dan digunakan untuk pembuatan rancangan lensa sebelumnya.
10. Setelah Matras dipasang maka oleskan *WAX* pada permukaan matras sehingga ketika selesai melakukan *Hot Press* acrylic tidak lengket dengan matras. Setelah itu letakan matras lensa pada mesin *Hot Press*.

11. Meletakkan acrylic dengan ketebalan 3 mm di atas matras dan ditutup dengan plat seng lalu letakkan juga 1 balok S45C diatasnya. (Plat seng dan balok S45C telah tersedia dan telah digunakan untuk pembuatan rancangan lensa sebelumnya).
12. Setelah itu menyalakan mesin *hot press* dan mengatur suhu pada 200 °C.
13. Acrylic di tekan secara berkala setiap 15 menit dengan lama penekanan 5 menit (proses penekanan tidak dapat dilakukan secara terus menerus dikarenakan piston mesin *press* bias mengalami kerusakan).
14. Setelah suhu tercapai tetap lakukan pengepressan selama 45 menit dengan interval yang sama (sehingga lensa dapat terbentuk dengan baik).
15. Setelah proses nomor 14 selesai maka matikan mesin dan lakukan proses pendinginan matras hingga suhunya mencapai suhu ruangan.
16. Setelah suhu matras mencapai suhu ruangan keluarkan dari mesin *press* dan ambil acrylic yang telah dicetak menjadi lensa Fresnel.



Gambar 4.16 Pengatur Temperatur Dari Mesin *Hot Press*



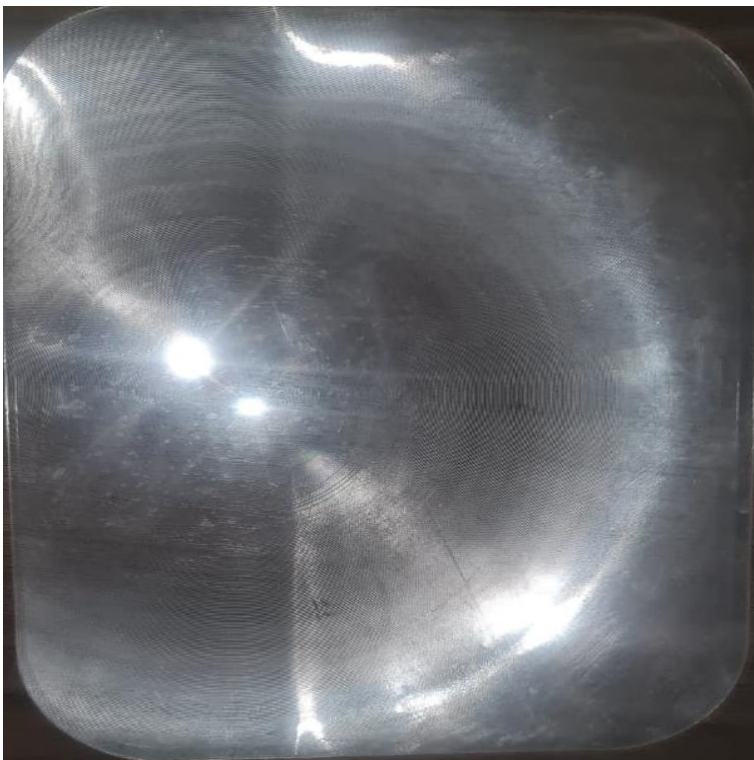
Gambar 4.17 Posisi Peletakan Untuk Proses *Hot Press*



Gambar 4.18 Fresnel 12 Hasil Rancangan



Gambar 4.19 Fresnel 6 Hasil Rancangan Sebelumnya



Gambar 4.20 Fresnel Komersil

4.4 Pemasangan Alat Ukur dan Lensa Pada Tiap Kolektor Surya

Sebelum dilakukan proses pengambilan data, kolektor surya dipasang alat ukur berupa thermocouple pada beberapa bagian seperti pada bagian inlet, outlet, dan 2 pada bagian plat. Lalu, kolektor surya diberi penutup dan menggunakan pompa untuk membuat fluida kerja dapat mengalir.



Gambar 4.21 Posisi Peletakan Kolektor Surya



Gambar 4.22 Kolektor Surya Dengan Penutup *Flat Lens*



Gambar 4.23 Kolektor Surya Dengan Penutup Lensa Fresnel Rancangan Terbaru



Gambar 4.24 Kolektor Surya Dengan Penutup Lensa Fresnel Rancangan Pertama



Gambar 4.25 Kolektor Surya Dengan Penutup Lensa Fresnel Komersil

4.5 Hasil Pengujian Fresnel 12, Fresnel 6, Fresnel Komersil, dan *Flat Lens*

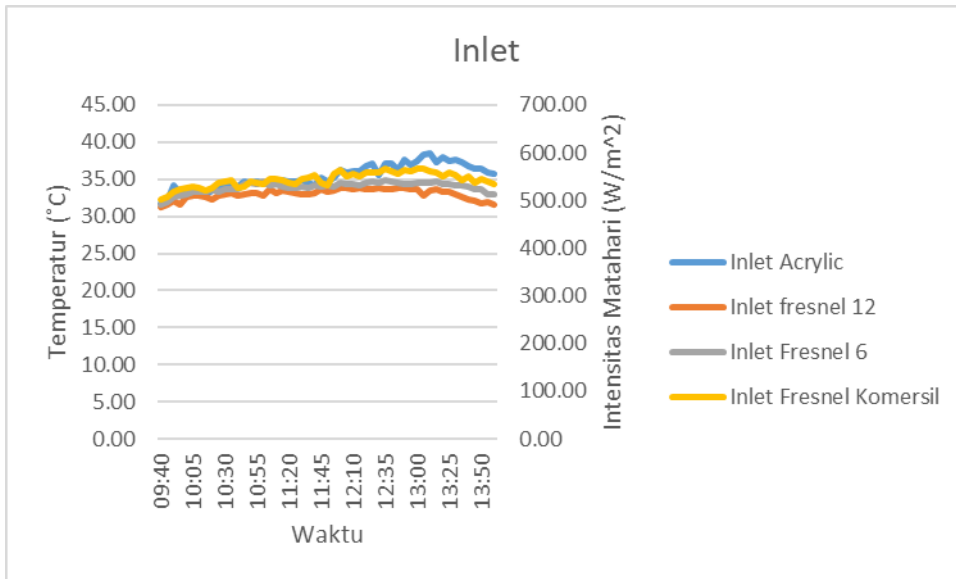
Data hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran 2 hingga lampiran 6. Gambar 4.26 hingga Gambar 4.29 dapat dilihat Pengaruh suhu terhadap intensitas matahari dan juga perbedaan suhu *inlet* dan *outlet* akibat intensitas matahari. Waktu pengujian dilakukan mulai tanggal 17-05-2021 hingga tanggal 21-05-202 dan jam Pengujian dilakukan mulai pukul 9:00 hingga pukul 14:30. Penutup kolektor surya yang digunkakan merupakan *flat lens*, lensa fresnel komersil, 12 fresnel, 6 fresnel. *Flat lens* yang digunakan berdimensi 220 x 300 mm.

Debit aliran air pada kolektor surya dapat dilihat pada tabel 4.6:

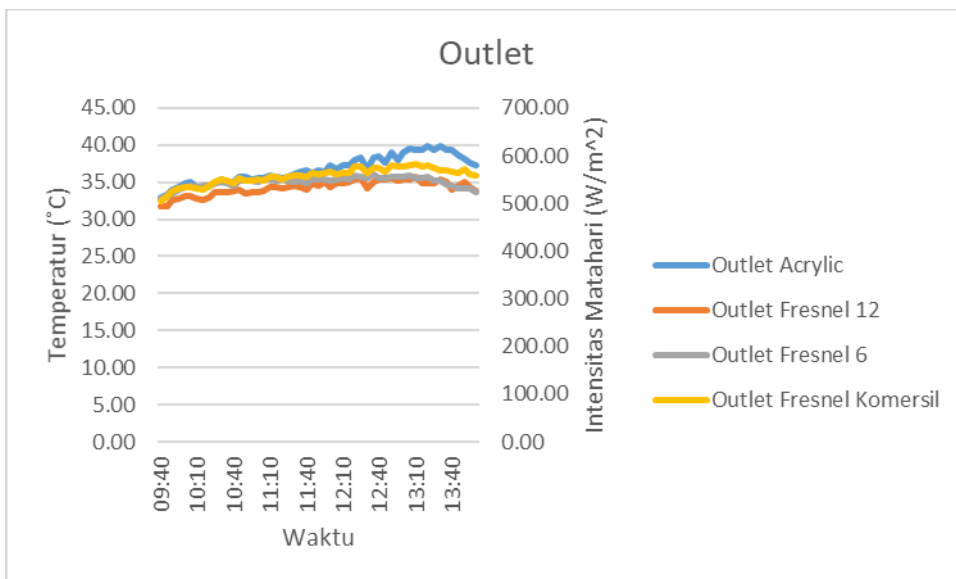
Tabel 4.6

Debit Aliran Air

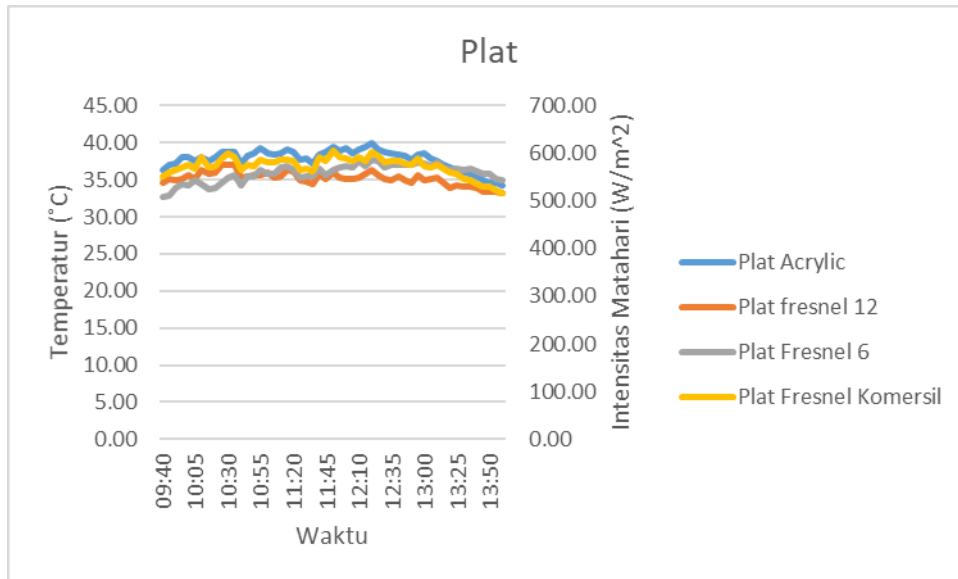
Debit <i>Flat Lens</i> (L/menit)	Debit Fresnel 12 (L/menit)	Debit Fresnel 6 (L/menit)	Debit Fresnel Komersil (L/menit)
3	3	3.18	3.18



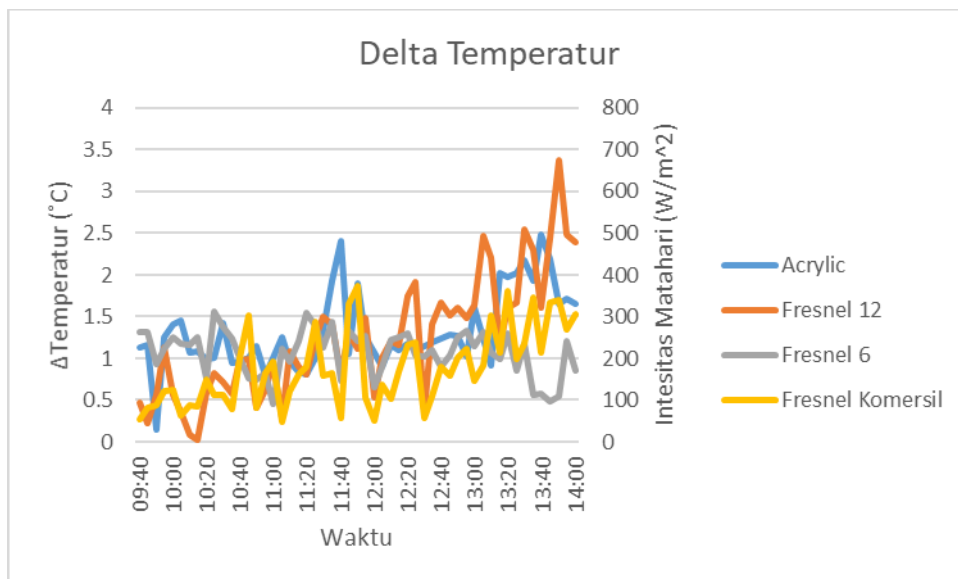
Gambar 4.26 Grafik Temperatur Rata-Rata Pada *Inlet* Dari Tanggal 17-Mei 2021 Hingga 21-Mei-2021 dan Tanggal 26-Juni-2021 & 29-Juni-2021



Gambar 4.27 Grafik Temperatur Rata-Rata Pada *Outlet* Dari Tanggal 17-Mei 2021 Hingga 21-Mei-2021 dan Tanggal 26-Juni-2021 & 29-Juni-2021



Gambar 4.28 Grafik Temperatur Rata-Rata Pada Plat Dari Tanggal 17-Mei 2021 Hingga 21-Mei-2021 dan Tanggal 26-Juni-2021 & 29-Juni-2021



Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Temperatur Rata-Rata Antara *Inlet* dan *Outlet* Plat Dari Tanggal 17-Mei 2021 Hingga 21-Mei-2021 dan Tanggal 26-Juni-2021 & 29-Juni-2021

Berdasarkan Gambar 4.26 hingga Gambar 4.29 merupakan hasil anilisa data yang di dapat adalah:

1. Temperatur yang lebih tinggi ini terjadi karena *flat lens* lebih bening jika dibandingkan dengan lensa yang dibuat.

2. Lensa yang yang dibuat tidak dapat sebening *flat lens* polos karena pada proses pembuatan lensa, acrylic melalui proses hot press yang membuat tingkat kebeningan acrylic menurun sehingga menyebabkan cahaya yang lewat jadi berkurang.
3. Penyebab lensa rancangan terbaru kurang jika disbanding yang lain karena keterbatasan mesin yang digunakan. Dimana performa mesin untuk menaikkan suhu menurun setelah mencapai suhu 175 °C dan suhu maksimal yang bisa diraih adalah 200 °C.
4. Penyebab lain dari hasil rancangan terbaru yang kurang ini dikarenakan tekanan maksimal yang diberikan mesin adalah 100 psi sedangkan karena cincin yang harus dibuat pada rancangan baru bertambah menyebabkan luasan bertambah menyebabkan tekanan yang dihasilkan mesin kurang sehingga groove lensa jadi tidak sebagus lensa rancangan sebelumnya. Groove yang jelek ini juga akan mempengaruhi pemfokusan cahaya yang datang.
5. Lensa fresnel komersil bisa menghasilkan temperature yang mendekati *flat lens* dikarenakan lensa fresnel komersil memiliki karakteristik yang lebih bening dibandingkan lensa buatan sendiri.