



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTYPE KOLEKTOR
SURYA PARABOLA BERBAHAN CERMIN UNTUK
PEMUSATAN ENERGI PANAS**

PROYEK AKHIR

MUHAMMAD DZAKKY (40040222650028)

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN

REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

AGUSTUS 2026



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTYPE KOLEKTOR
SURYA PARABOLA BERBAHAN CERMIN UNTUK
PEMUSATAN ENERGI PANAS**

PROYEK AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik**

MUHAMMAD DZAKKY (40040222650028)

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN

REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

AGUSTUS 2026

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : Muhammad Dzakky

NIM : 40040222650028

Tanda Tangan : 

Tanggal : 2026

SURAT TUGAS



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI

Jalan Prof. Sudarto, S.H Tembalang Semarang
Kode Pos 50275
Telp/Fax (024) 7471379
Laman www.vokasi.undip.ac.id
e-mail Vokasi@live.undip.ac.id

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 515/PA/RPM/III/2026

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

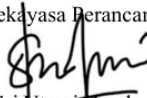
Nama : Muhammad Dzakky
NIM : 40040222650028
Judul Proyek Akhir : Perancangan dan Pembuatan Prototype Kolektor Surya
Parabola Berbahan Kaca untuk Pemusatan Energi Panas
Dosen Pembimbing : Dr. Seno Darmanto S.T., M.T.
NIP : 197110301998021001

Isi Tugas:

1. Merancang geometri (dimensi, kurvatur, dan titik fokus) untuk kolektor surya parabolic dish berbahan kaca.
2. Membuat sebuah prototipe fungsional kolektor surya parabolic dish berbahan kaca lengkap dengan sistem manual.
3. Menganalisis unjuk kerja prototipe melalui pengujian langsung untuk mengetahui temperatur maksimum di titik fokus dan efisiensi termal yang dapat dicapai.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 23 Februari 2026
Ketua Prodi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik


Dr. Sri Utami Handayani S.T., M.T.
NIP 197609152003122001

Tembusan:

1. Ketua Prodi
2. Bagian pengajaran
3. Mahasiswa ybs

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

Hasil proyek akhir ini diajukan oleh :

Nama	: Muhammad Dzakky
NIM	: 40040222650028
Program Studi	: Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul	: Perancangan dan Pembuatan Prototype Kolektor Surya Parabola Berbahan Kaca Cermin untuk Pemusatan Energi Panas

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

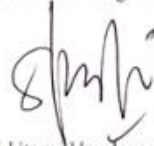
TIM PENGUJI

Penguji 1	: Dr. Seno Darmanto S.T., M.T.	()
Penguji 2	: Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.	()
Penguji 3	: Didik Ariwibowo, S.T., M.T.	()

Semarang, 3 September 2026

Ketua Program Studi Sarjana Terapan

Rekayasa Perancangan Mekanik



Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.

NIP. 197609152003122001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Dzakky
NIM : 40040222650028
Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

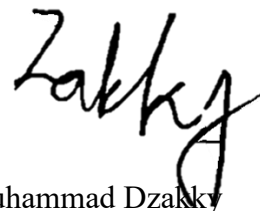
“Perancangan dan Pembuatan Prototype Kolektor Surya Parabola Berbahan Cermin untuk Pemusatan Energi Panas”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan 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 : Semarang
Pada Tanggal : 3 September 2026

Yang menyatakan



Muhammad Dzakky

MOTTO

1. “Bila kaum muda yang telah belajar di sekolah dan menganggap dirinya terlalu tinggi dan pintar untuk melebur dengan masyarakat yang bekerja dengan cangkul dan hanya memiliki cita-cita yang sederhana, maka lebih baik pendidikan itu tidak diberikan sama sekali”

(Tan Malaka)

2. “Membaca dan menulis adalah mukjizat yang diberikan Tuhan kepada manusia”

(Muhammad Dzakky)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir dengan judul ‘Perancangan Dan Pembuatan Prototype Kolektor Surya Parabola Berbahan Cermin Untuk Pemusatan Energi Panas’ ini dengan baik. Laporan ini disusun sebagai bagian dari tahapan pelaksanaan Proyek Akhir pada Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

Penyusunan laporan proyek akhir ini bertujuan untuk memaparkan perancangan dan kajian proyek akhir yang akan dilaksanakan, sekaligus sebagai salah satu syarat akademik dalam rangka penyelesaian studi pada Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Ibu Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi STR. Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Bapak Dr. Seno Darmanto S.T., M.T.. selaku dosen pembimbing Proyek Akhir yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, serta bimbingan dalam penyusunan hasil Proyek Akhir ini.
4. Seluruh dosen dan teknisi yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
5. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan moral dan

material.

6. Rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu serta memberikan dukungan selama proses penyusunan laporan ini.
7. Rekan tim Ibnu Aflah Naufal karena telah kebersamaian dari awal hingga akhir pengerjaan proyek akhir.
8. Teristimewa Latifatu Qolbi, S.Pd terima kasih sudah memenami dan memberikan dukungan selama ini.

Penulis menyadari bahwa laporan proyek akhir ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan, baik dari segi penyusunan maupun isi. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan pelaksanaan dan penulisan laporan proyek akhir di tahap selanjutnya.

Semarang, 3 September 2026

Muhammad Dzakky

ABSTRAK

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTYPE KOLEKTOR SURYA PARABOLA BERBAHAN CERMIN UNTUK PEMUSATAN ENERGI PANAS

Ketergantungan pada bahan bakar fosil serta kebutuhan aplikasi panas bersuhu tinggi pada sektor mendorong pengembangan kolektor surya pemusat berbasis material lokal yang terjangkau. Penelitian ini bertujuan merancang dan membuat prototipe kolektor surya parabolic dish berbahan reflektor kaca cermin pada dua varian diameter, yaitu 120 cm dan 100 cm, serta menganalisis unjuk kerjanya melalui pengujian temperatur titik fokus dan efisiensi termal. Prototipe dibuat dengan menyusun segmen-segmen kaca cermin silvered glass berukuran 5×5 cm pada rangka penopang berbentuk parabola, menggunakan panci presto beraluminium sebagai receiver bertekanan di titik fokus dan sistem pelacakan matahari manual satu sumbu. Pengujian dilaksanakan di RPM Pleburan Semarang pada pukul 10.00-14.00 WIB dengan interval 15 menit, mengukur suhu air, suhu permukaan receiver, tekanan gauge, dan intensitas radiasi matahari (DNI). Hasil pengujian menunjukkan prototipe D = 120 cm mencapai suhu air maksimum 107,7°C, suhu permukaan receiver maksimum 186,8°C, tekanan gauge maksimum 0,31 bar, dan efisiensi termal keseluruhan 31,99%, sedangkan prototipe D = 100 cm mencapai suhu air maksimum 106,0°C, suhu permukaan receiver maksimum 173,8°C, tekanan gauge maksimum 0,2385 bar, dan efisiensi termal keseluruhan 29,56%. Hasil ini membuktikan bahwa prototipe kolektor surya parabolic dish berbahan kaca cermin mampu memusatkan energi panas matahari hingga suhu di atas 100°C dengan efisiensi termal di atas 29%, dan diameter reflektor yang lebih besar terbukti meningkatkan performa termal secara konsisten. Sebagai rekomendasi, penelitian lanjutan disarankan mengembangkan sistem pelacakan matahari otomatis, mengoptimalkan desain receiver untuk menekan kerugian radiasi, serta mengarahkan pemanfaatan panas yang dihasilkan menuju sistem pembangkit listrik menggunakan modul Thermoelectric Generator (TEG) atau mesin Stirling.

Kata kunci : kolektor surya parabolic dish, reflektor kaca cermin, efisiensi termal, konsentrasi energi surya, energi terbarukan.

ABSTRACT

DESIGN AND FABRICATION OF A MIRROR-BASED PARABOLIC DISH SOLAR COLLECTOR PROTOTYPE FOR THERMAL ENERGY CONCENTRATION

Dependence on fossil fuels and the demand for high-temperature heat applications in small and medium enterprises have driven the development of an affordable, locally sourced concentrating solar collector. This study aims to design and fabricate a parabolic dish solar collector prototype using mirrored glass reflectors in two diameter variants, 120 cm and 100 cm, and to analyze its performance through focal-point temperature and thermal efficiency testing. The prototype was built by arranging 5×5 cm silvered glass mirror segments on a parabolic support frame, using an aluminum pressure cooker as the receiver at the focal point together with a single-axis manual solar tracking system. Testing was conducted at RPM Pleburan Semarang from 10:00 to 14:00 WIB at 15-minute intervals, measuring water temperature, receiver surface temperature, gauge pressure, and Direct Normal Irradiance (DNI). Results show that the $D = 120$ cm prototype reached a maximum water temperature of 107.7°C, a maximum receiver temperature of 186.8°C, a maximum gauge pressure of 0.3144 bar, and an overall thermal efficiency of 31.99%, while the $D = 100$ cm prototype reached a maximum water temperature of 106.0°C, a maximum receiver temperature of 173.8°C, a maximum gauge pressure of 0.2385 bar, and an overall thermal efficiency of 29.56%. These results demonstrate that the glass-mirror parabolic dish collector prototype is capable of concentrating solar thermal energy to temperatures above 100°C with a thermal efficiency above 29%, and that a larger reflector diameter consistently improves thermal performance. It is recommended that future work develop an automatic solar tracking system, optimize the receiver design to reduce radiative losses, and direct the generated heat toward an electricity-generation system using a Thermoelectric Generator (TEG) module or a Stirling engine.

Keywords : *parabolic dish solar collector, mirrored glass reflector, thermal efficiency, concentrated solar energy, renewable energy.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
SURAT TUGAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan.....	6
1.5 Luaran.....	6
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	6
1.6.1 Pendahuluan	7
1.6.2 Tinjauan Pustaka	7
1.6.3 Metodologi	7
1.6.4 Hasil dan Pembahasan.....	9
1.6.5 Kesimpulan dan Saran.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Kolektor Surya <i>Parabolic Dish</i>	10
2.2 Prinsip Kerja <i>Parabolic Dish</i>	12
2.3 Komponen Utama <i>Parabolic Dish</i>	13
2.3.1 Reflektor Parabola	13
2.3.2 Silvered Glass Mirror.....	14
2.3.3 <i>Receiver</i> dan Absorber.....	15
2.3.4 Rangka dan Struktur Penyangga.....	18

2.3.5 Sistem Solar Manual.....	19
2.3.6 Kolektor Otomatis.....	20
2.3.7 Instrumen Pengukuran	21
2.4 Parameter Kinerja <i>Parabolic Dish</i>	21
2.4.1 Efisiensi Termal.....	21
2.4.2 Analisis Kehilangan Panas.....	23
2.4.3 Rasio Konsentrasi	25
2.5 Perbandingan <i>Parabolic Dish</i> dengan Kolektor Surya Lainnya	27
2.5.1 Kolektor Pelat Datar	27
2.5.2 Kolektor Parabola Trough	27
2.6 Aplikasi <i>Parabolic Dish</i> di Indonesia	28
2.7 Studi Literatur.....	28
2.7.1 Studi Review dan Analisis <i>Kolektor Surya Pemusat (Concentrated Solar Collector)</i>	28
2.7.2 Penelitian Terkait di Indonesia	32
2.7.3 Celah Penelitian	33
BAB III METODOLOGI	35
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	35
3.2 Perancangan Desain	37
3.3 Proses Fabrikasi.....	37
3.4 Perakitan Prototipe	40
3.5 Tes Fungsi Alat	41
3.6 Tahapan Pengujian dan Analisis Data.....	42
3.6.1 Persiapan Pengujian.....	42
3.6.2 Prosedur Pengukuran Variabel Termal, Radiasi, dan Tekanan	42
3.7 Realisasi Biaya	45
3.8 Jadwal Kegiatan	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Hasil Perancangan dan Pembuatan Prototipe	49
4.1.1 Hasil Perancangan Prototipe.....	50
4.1.2 Hasil Fabrikasi Komponen	51
4.1.3 Hasil Perakitan Prototipe	52
4.1.4 Hasil Pra-Pengujian	54
4.2 Pelaksanaan Pengujian	55
4.2.1 Lokasi, Waktu, dan Kondisi Cuaca	55

4.2.2 Pelaksanaan Tracking dan Pencatatan Data.....	56
4.2.3 Pemasangan Probe Temperatur	56
4.2.4 Mengatur Titik Fokus	57
4.2.5 Kondisi Fluida Kerja.....	58
4.2.6 Validasi Pengujian	59
4.3 Data Hasil Pengukuran.....	61
4.4 Analisis Termal dan Radiasi.....	63
4.4.1 Perbandingan Profil Suhu Air.....	64
4.4.2 Perbandingan Daya Berguna	64
4.4.3 Perbandingan Daya Solar.....	67
4.4.4 Perbandingan Kerugian Radiasi (<i>Q_{rad}</i>).....	67
4.5 Analisis Tekanan dan Entalpi.....	68
4.5.1 Profil Tekanan Gauge	69
4.5.3 Entalpi Saturasi dari Tabel Saturated Water — D = 120 cm.....	70
4.5.4 Entalpi Saturasi dari Tabel Saturated Water — D = 100 cm.....	71
4.5.5 Indikasi Energi Laten Penguapan	72
4.6 Efisiensi Termal Kolektor	73
4.7 Perbandingan Performa Kedua Prototipe	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN.....	85

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Realisasi Biaya Fabrikasi	45
Tabel 3.2 Jadwal Kegiatan	47
Tabel 4.1 Perbandingan Nilai DNI Pengujian $D = 120$ cm (21 Juli 2026) dan $D = 100$ cm (7 Juni 2026)	59
Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Lapangan — $D = 120$ cm (21 Juli 2026, Pukul 10.00–14.00 WIB).....	61
Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Lapangan — $D = 100$ cm (7 Juni 2026, Pukul 10.00–14.00 WIB).....	62
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Q_{useful} , Q_{solar} , dan Q_{rad} per Interval — $D = 120$ cm.....	65
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Q_{useful} , Q_{solar} , dan Q_{rad} per Interval — $D = 100$ cm.....	66
Tabel 4.6 Tekanan Absolut dan Nilai Entalpi — $D = 120$ cm.....	70
Tabel 4.7 Tekanan Absolut dan Nilai Entalpi — $D = 100$ cm.....	71
Tabel 4.8 Efisiensi Termal Kolektor per Interval Waktu — $D = 120$ cm.....	74
Tabel 4.9 Efisiensi Termal Kolektor per Interval Waktu — $D = 100$ cm.....	75
Tabel 4.10 Rekapitulasi dan Perbandingan Performa Kedua Prototipe.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Desain parabolic dish	11
Gambar 2. 2 Visual Parabolic Dish.....	13
Gambar 2. 3 Silvered glass mirror	15
Gambar 2. 4 Receiver cavity atau panci presto	18
Gambar 2. 5 Rangka penopang	19
Gambar 2. 6 Sistem kolektor manual.....	20
Gambar 2. 7 Sistem kolektor otomatis.....	21
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	36
Gambar 3. 2 Desain awal parabolic dish.....	37
Gambar 3. 3 Parabola komersial hasil fabrikasi di pabrik	38
Gambar 3. 4 Glass Cutter	39
Gambar 3. 5 Proses perakitan parabola padaudukan penyangga	40
Gambar 3. 6 Proses pemasangan kaca reflektor pada permukaan parabola	41
Gambar 4.1 Desain akhir prototype kolektor surya parabolic dish	50
Gambar 4.2 Skema peralatan dan instrumen.....	51
Gambar 4.3 Hasil pemotongan kaca reflektor berukuran 5 cm × 5 cm	52
Gambar 4.4 Hasil perakitan parabola pada rangka penyangga	52
Gambar 4.5 Hasil pemasangan kaca reflektor pada permukaan parabola	53
Gambar 4.6 Hasil pemasangan receiver pada titik fokus parabola	54
Gambar 4.7 Hasil pengujian titik fokus	55
Gambar 4.8 Dokumentasi pelaksanaan pengujian di lapangan.....	56
Gambar 4.9 Cara pemasangan probe temperature	57

Gambar 4.10 Cara mengatur titik fokus.....	58
Gambar 4.11 Perbandingan Irradiance (DNI) $D = 120\text{ cm}$ vs $D = 100\text{ cm}$ terhadap waktu.....	61
Gambar 4.12 Grafik perbandingan suhu air $D = 120\text{ cm}$ vs $D = 100\text{ cm}$ terhadap waktu.....	64
Gambar 4.13 Grafik perbandingan q_{useful} $D = 120\text{ cm}$ vs $D = 100\text{ cm}$ terhadap waktu.....	65
Gambar 4.14 Grafik perbandingan Q_{solar} $D = 120\text{ cm}$ vs $D = 100\text{ cm}$ terhadap waktu.....	67
Gambar 4.15 Grafik perbandingan Q_{rad} $D = 120\text{ cm}$ vs $D = 100\text{ cm}$ terhadap waktu.....	68

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan
DNI	<i>Direct Normal Irradiance</i> / intensitas radiasi matahari langsung (W/m^2)
Cg	Rasio konsentrasi geometris
γ	<i>Intercept factor</i> (faktor intersepsi berkas pantul)
σ_{slope}	<i>Slope error</i> (kesalahan kemiringan permukaan reflektor)
ρ	Reflektivitas spekular permukaan reflektor
q''	Fluks panas pada titik fokus (W/m^2)
Tf	Temperatur stagnasi titik fokus ($^{\circ}\text{C}$)
I	Irradiance / intensitas radiasi matahari terukur (W/m^2)
A_{ap}	Luas aperture / bukaan kolektor parabola (m^2)
Δt	Durasi interval waktu pengukuran (detik)
Q_{solar}	Energi radiasi matahari yang diterima reflektor (kJ)
Q_{useful}	Energi termal berguna yang diserap fluida kerja (kJ)
Q_{rad}	Energi yang hilang melalui radiasi permukaan <i>receiver</i> (W)
m_{air}	Massa air dalam <i>receiver</i> (kg)
Cp	Kalor jenis air ($\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C}$)
ΔT_{air}	Kenaikan suhu air pada interval pengukuran ($^{\circ}\text{C}$)
ε	Emisivitas permukaan <i>receiver</i>
σ	Konstanta Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)
$A_{permukaan}$	Luas permukaan <i>receiver</i> yang terkena radiasi (m^2)
η	Efisiensi termal kolektor (%)
T_{air}	Suhu air hasil pengukuran termokopel ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{ambient}$	Suhu udara sekitar/lingkungan ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{receiver}$	Suhu permukaan <i>receiver</i> hasil pengukuran <i>Thermal Imaging Camera</i> (°C)
P_{gauge}	Tekanan gauge fluida kerja (bar)
P_{abs}	Tekanan absolut fluida kerja (kPa)
T_{sat}	Suhu saturasi hasil interpolasi tabel <i>saturated water</i> (°C)
h_f	Entalpi cairan jenuh (kJ/kg)
h_{fg}	Entalpi penguapan / laten (kJ/kg)
h_g	Entalpi uap jenuh (kJ/kg)
D	Diameter bukaan (aperture) kolektor parabola (cm)