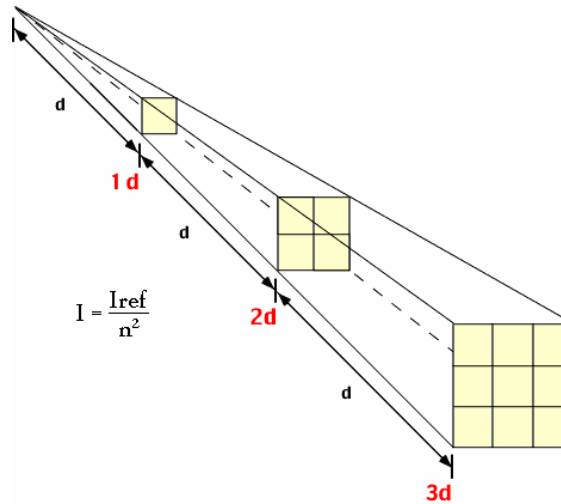


LAMPIRAN A

INVERSE SQUARE LAW

INVERSE SQUARE LAW



Intensitas radiasi merupakan fungsi dari jarak, dimana intensitas radiasi akan semakin berkurang dengan bertambahnya jarak tempuh sesuai dengan rumus berikut ini

$$I_{sun} = \frac{P_{sun}}{A_{sun}} = \frac{P_{sun}}{4 \cdot \Pi \cdot r^2}$$

- Besar intensitas radiasi pada jarak $r = d \Rightarrow I_{sun1} = \frac{P_{sun}}{A_{sun}} = \frac{P_{sun}}{4 \cdot \Pi \cdot d^2}$
- Besar intensitas radiasi pada jarak $r = nd \Rightarrow I_{sun2} = \frac{P_{sun}}{A_{sun}} = \frac{P_{sun}}{4 \cdot \Pi \cdot (nd)^2}$

karena radiasi berasal dari sumber yang sama (daya matahari sama), maka intensitas radiasi pada jarak $r = nd$ terhadap referensi intensitas radiasi pada jarak $r=d$ dengan besarnya jarak pada titik acuan yang sama adalah sebagai berikut :

$$I_{sun2} 4 \cdot \Pi \cdot (nd)^2 = I_{sun1} 4 \cdot \Pi \cdot (d)^2$$

$$I_{sun2} = \frac{4 \cdot \Pi \cdot (d)^2}{4 \cdot \Pi \cdot (nd)^2} \times I_{sun1}$$

$$I_{sun2} = \frac{1}{n^2} \times I_{sun1}$$

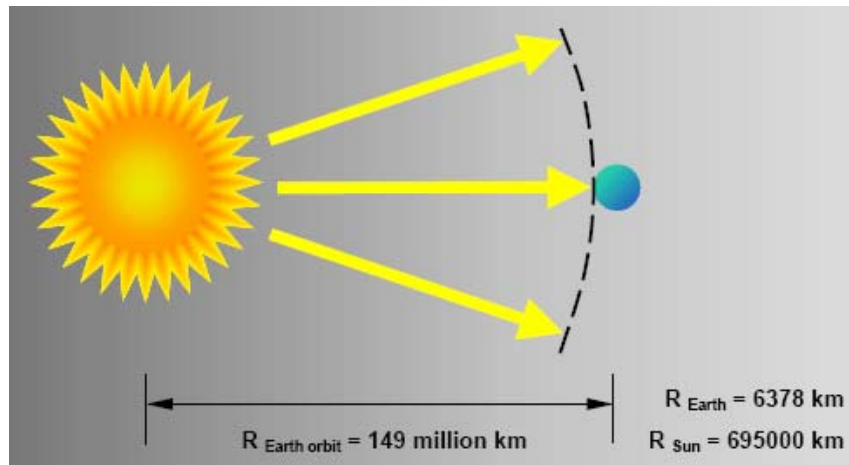
Dari persamaan diatas terlihat bahwa intensitas radiasi berbanding terbalik dengan kuadrat dari jarak yang dikenal dengan nama *Inverse Square Law*

LAMPIRAN B

SOLAR CONSTANT

SOLAR CONSTANT ^[22]

Nilai *solar constant* dapat dihitung dengan menganggap matahari sebagai *blackbody*, yaitu sebagai berikut :



daya pada orbit bumi = daya pada permukaan matahari

$$S_o \cdot A_{\text{earth orbit}} = I_{\text{sun surface}} \cdot A_{\text{sun surface}}$$

$$S_o = I_{\text{sun surface}} \cdot A_{\text{sun surface}} / A_{\text{earth orbit}}$$

$$S_o = e_{\text{sun}} \cdot \sigma \cdot (T_{\text{sun surface}})^4 \cdot 4\pi(R_{\text{sun}})^2 / 4\pi(R_{\text{earth orbit}})^2$$

$$S_o = 1 \cdot 5,67 \times 10^{-8} \cdot (5762)^4 \cdot (6,95 \times 10^8 / 1,49 \times 10^{11})^2$$

$$S_o = 1360 \text{ Wm}^{-2}$$

dengan S_o : *solar constant* (Wm^{-2})

$A_{\text{earth orbit}}$: luas permukaan orbit bumi (m^2)

$I_{\text{sun surface}}$: intensitas radiasi pada permukaan matahari (Wm^{-2})

$A_{\text{sun surface}}$: luas permukaan matahari (m^2)

e_{sun} : emisivitas matahari = 1, karena *black body*

σ : konstanta Stefan–Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$)

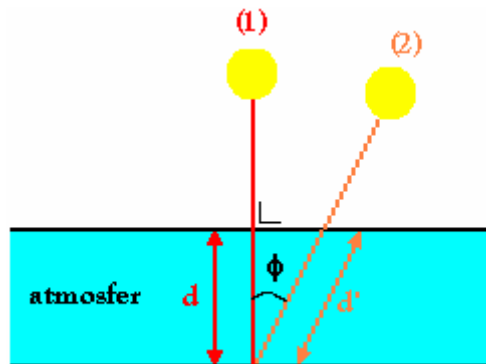
$T_{\text{sun surface}}$: temperatur absolut permukaan matahari (K)

R_{sun} : radius matahari (m)

$R_{\text{earth orbit}}$: radius orbit bumi (m)

LAMPIRAN C

AIR MASS (AM)

AIR MASS (AM)

Dari gambar diatas terlihat pada kondisi optimum (1) *irradiance* tegak lurus dengan permukaan atmosfer sehingga *irradiance* menempuh jarak terpendek dengan ketebalan atmosfer sebesar d . Sedangkan untuk kondisi yang tidak optimum (2), dimana terbentuk sudut sebesar ϕ terhadap kondisi optimum, *irradiance* menempuh jarak n kali dari jarak optimum d . Nilai n menunjukkan besarnya ketebalah optik atmosfer untuk sembarang kondisi terhadap referensi ketebalan optik atmosfer saat kondisi optimum yang lebih dikenal dengan nama *Air Mass* (AM). *Air Mass* (AM) dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$d' = n \times d$$

$$AM = n = \frac{d'}{d}$$

$$= \frac{1}{\cos \phi}$$

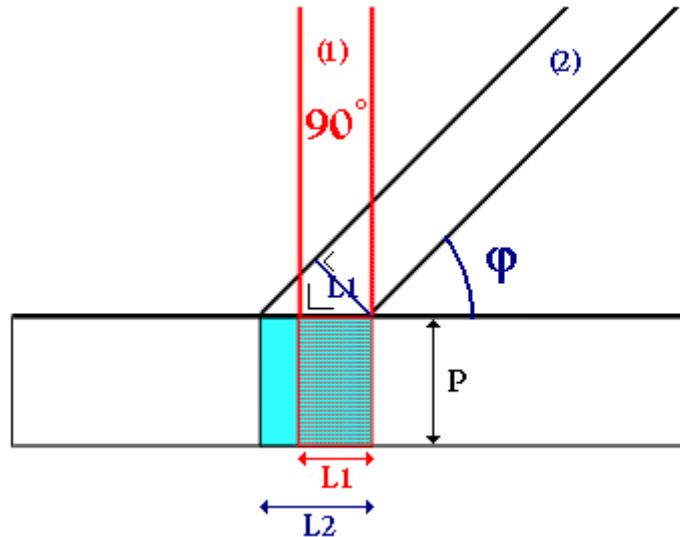
$$AM = \text{csc} \phi$$

keterangan : $\cos \phi = \frac{d}{d'}$

LAMPIRAN D

PERSENTASE *IRRADIANCE*

PERSENTASE IRRADIANCE



Dari gambar diatas terlihat, pada kondisi (1) *irradiance* tegak lurus dengan permukaan solar panel, diperlukan luas permukaan sebesar $A_1(P \times L_1)$ agar dapat menerima semua *irradiance*. Sedangkan pada kondisi (2) untuk *irradiance* membentuk sudut sebesar ϕ terhadap permukaan solar cell, diperlukan luas permukaan sebesar $A_2(P \times L_2)$. Untuk solar cell dengan lebar sebesar L_1 , maka intensitas radiasi yang diterima permukaan solar cell dengan sudut ϕ dapat dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned} \%Intensitas &= \frac{A_1}{A_2} \times 100\% \\ &= \frac{(P \times L_1)}{(P \times L_2)} \times 100\% \\ &= \frac{L_1}{L_2} \times 100\% \\ &= (\sin \phi) \times 100\% \end{aligned}$$

keterangan : $\sin \phi = \frac{L_1}{L_2}$

LAMPIRAN E

SEJARAH SOLAR CELL

SEJARAH SOLAR CELL [6, 11, 20]

Tahun	Peristiwa
1839	<i>Photovoltaic effect</i> ditemukan oleh fisikawan Perancis Alexandre Edmond Becquerel ketika bereksperimen dengan sel elektrolit pembentuk 2 elektrode besi.
1877	W.G. Adams dan R.E. Day menemukan <i>photovoltaic effect</i> dalam zat padat Selenium.
1883	Solar cell pertama kali dibuat oleh Charles Fritts yang melapisi semikonduktor Selenium dengan lapisan tipis emas untuk membentuk junction. Devais ini memiliki efisiensi 1%.
1904	Wilhelm Hallwachs membuat junction solar cell dari tembaga dan tembaga oksida.
1918	Jan Czochralski, ilmuwan Polandia menemukan metoda pembentukan single crystalline Silikon yang dikenal dengan nama <i>Czochralski Method</i> .
1932	Audobert dan Stora menemukan <i>photovoltaic effect</i> pada Cadmium-Selenide (CdS), material solar cell yang masih digunakan saat ini.
1946	Russel Ohl membuat hak paten atas solar cell modern
1950	Bell Laboratories memproduksi solar cell untuk aktivitas luar angkasa.
1953	Gerald Pearson memulai riset tentang Lithium-Silikon solar cell.
1954	AT&T memperkenalkan solar cell Silikon pertama dengan efisiensi sekitar 6% yang dikembangkan oleh 3 peneliti Amerika yaitu Daryl Chapin, Calvin Fuller dan G.L. Pearson di Bell Laboratories.
1955	Hoffman Electronics membuat solar cell komersil dengan efisiensi 2%.
1957	Hoffman Electronics membuat solar cell dengan efisiensi 8%.
1958	T.Mandelkorn,U.S. Signal Corps Laboratories membuat P-N junction Silikon solar cell yang lebih kuat terhadap dampak radiasi dan sesuai untuk luar angkasa. Hoffman Electronics membuat solar cell dengan efisiensi 9%.

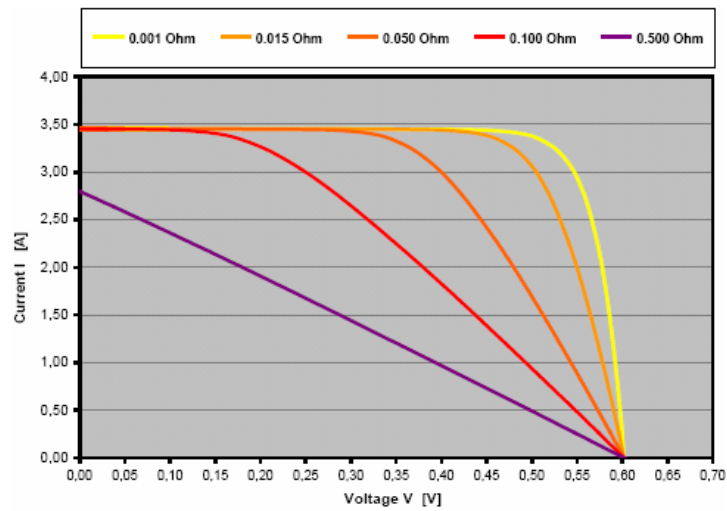
	Vanguad I, satelit komunikasi pertama berdaya solar cell diluncurkan dengan 0,1 W, 100 cm ² solar panel.
1959	Hoffman Electronics membuat solar cell komersil dengan efisiensi 10%.
1960	Hoffman Electronics membuat solar cell dengan efisiensi 14%.
1962	Satelit komunikasi Telstar berdaya solar cell.
1963	Perusahaan Sharp memproduksi solar panel Silikon.
1967	Soyuz I pesawat luar angkasa berawak pertama berdaya solar cell.
1971	Salyut I berdaya solar cell.
1973	Skylab berdaya solar cell.
1976	David Carlson dan Christopher Wronski dari RCA Laboratories membuat amorphous Silikon solar cell pertama dengan efisiensi sekitar 1,1%.
1980	Institute of Energy Conversion di University of Delaware mengembangkan solar cell thin film pertama menggunakan teknologi Cu ₂ S/CdS dengan efisiensi lebih dari 10%.
1985	Center for Photovoltaic Engineering pada University of New South Wales membuat Silikon solar cell dengan efisiensi 20%.
1989	Reflective solar concentrator pertama kali digunakan pada solar cell.
1991	Photoelectrochemical cell (dye-sensitized cell/graetzel cell) pertama kali ditemukan.
1994	NREL mengembangkan GaInP/GaAs dengan 2 terminal concentrator merupakan solar cell pertama dengan efisiensi 30%.
1996	National Center for Photovoltaic memperkenalkan dye-sensitized cell dengan efisiensi 11%.
akhir 1990-an	Dikenal <i>Grid Connected System</i> sebagai sektor pertumbuhan solar cell yang terpesat.
2005	Solar panel dapat mengubah sekitar 17% dari energi radiasi yang datang menjadi energi listrik.

LAMPIRAN F

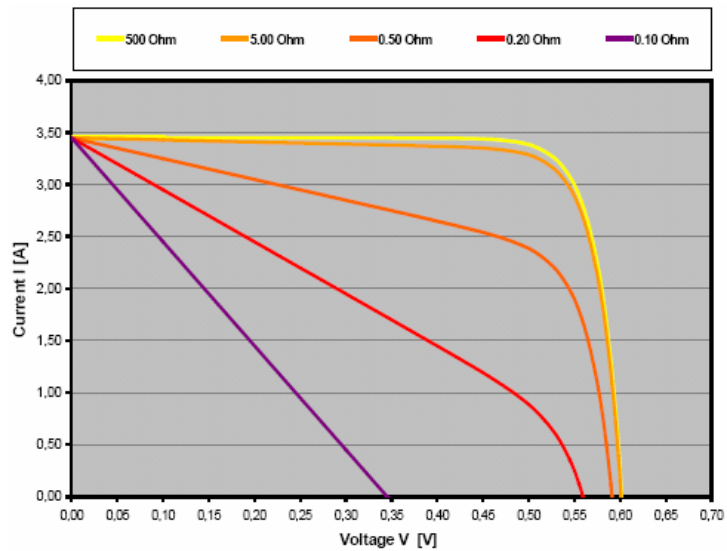
KURVA SOLAR CELL untuk VARIASI
RESISTANSI SERI dan RESISTANSI PARALEL

Lampiran F - Kurva Solar Cell untuk Variasi Resistansi Seri dan Resistansi Paralel

KURVA SOLAR CELL untuk VARIASI RESISTANSI SERI dan RESISTANSI PARALEL



Kurva solar cell untuk variasi resistansi seri



Kurva solar cell untuk variasi resistansi paralel

LAMPIRAN G

JENIS SOLAR CELL

JENIS SOLAR CELL [3]

Material	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	FF	η	Area (cm ²)	Remarks	Refine
Silikon	0,622	34,3	0,796	16,8	2	P ⁺ -n-n ⁺	1
Silikon	0,731	1380	0,754	18,3	2		1
Silikon	0,783	15000	0,75	17,6	0,4	500x concentration	2
Silikon	0,621	36,5	0,806	18,3	2,8	MIS, active area	3
Silikon	0,540	32,7	0,76	13,3	2,8	semicrystalline, MIS	3
Silikon	0,585	31,9	0,74	13,8	4	edge-supported growth	4
Silikon	0,572	24,2	0,76	10,5	5	silicon on ceramic	
Silikon	0,522	28,1	0,79	11,5	11,4	ITO/semicrystalline	4
Silikon	0,561	26,2	0,778	11,4	45	EFG (ribbon)	5
Silikon	0,50	15	0,63	5	0,04	roller quenching	6
Amorphous Si	0,84	17,8	0,676	10,1	1,1	a-SiC / a-Sip-i-n	7
Amorphous Si	0,880	13,1	0,57	6,6	0,73	MIS	4
Amorphous Si	0,878	11,1	0,66	6,4	1,2	p-i-n	4
GaAs	0,97	25	0,81	20	0,5	n ⁺ -p-p ⁺ homojunction	4
GaAs	0,93	28	0,81	18,2	1,5	AlGaAs / GaAs	8

JENIS SOLAR CELL [3]

Material	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	FF	η	Area (cm ²)	Remarks	Refine
GaAs	1,05	270	0,85	23	1,5	AlGaAs / GaAs, 10x	8
GaAs	-	-	-	21	-	AlGaAs / GaAs, 100x	9
GaAs	0,95	23	0,78	17	0,5	CLEFT	4
GaAs	0,76	24,4	0,63	12	0,1	on Ge coated Si	4
AlGaAs / GaAs	2,05	10,8	0,74	16,5	4,0	tandem cell	4
GaAs	0,56	22,7	0,67	8,5	9	CVD thin film, MIS	4
Cu ₂ S / CdS	0,52	24,8	0,71	9,2	1	solution ion-exchange	4
Cu ₂ S / ZnCdS	0,6	22,8	0,75	10,2	1	16% C, 84% Zn	4
CuInSe ₂ / CdS	0,4	38	0,63	9,4	1	evaporation	4
CuInSe ₂ / CdZnS	0,431	39	0,631	10,6	-	20% Cd, 80% Zn	10
CdS / CdTe	-	-	-	10,5	-	thin film	10
CdS / CdTe	0,79	-	-	8	-	electrodeposition	10
CdS / InP	0,63	15	0,71	12,5	0,23	single crystal InP	11
InP	0,66	24,8	0,64	11,5	-	PEC	4
WSe ₂	0,72	22,6	0,57	10,2	-	PEC	4

JENIS SOLAR CELL ^[3]

Material	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	FF	η	Area (cm ²)	Remarks	Refine
MoSe ₂	0,65	25	0,56	9,4	-	PEC	4
CdTe	0,723	18,7	0,64	8,6	0,02	CdTe electrodeposition,	4
CdSe	0,57	23,8	0,48	6,5	1	electrodeposition	4
CdSe / ZnSe / Au	0,6	20	0,45	5,0	0,01	-	12
CuTe / CdTe	0,59	13	0,63	4,8	6	-	12
Zn ₃ P ₂	0,48	18	0,55	4,3	1	Mg / Zn ₃ P ₂ , thin film	4
CuInS / CuInS ₂	0,41	19	0,43	3,3	0,12	-	12
merocyanine / Al	1,2	1,9	0,25	0,7	1	-	12

LAMPIRAN H

PERBANDINGAN TEKNIK MEMOMPA

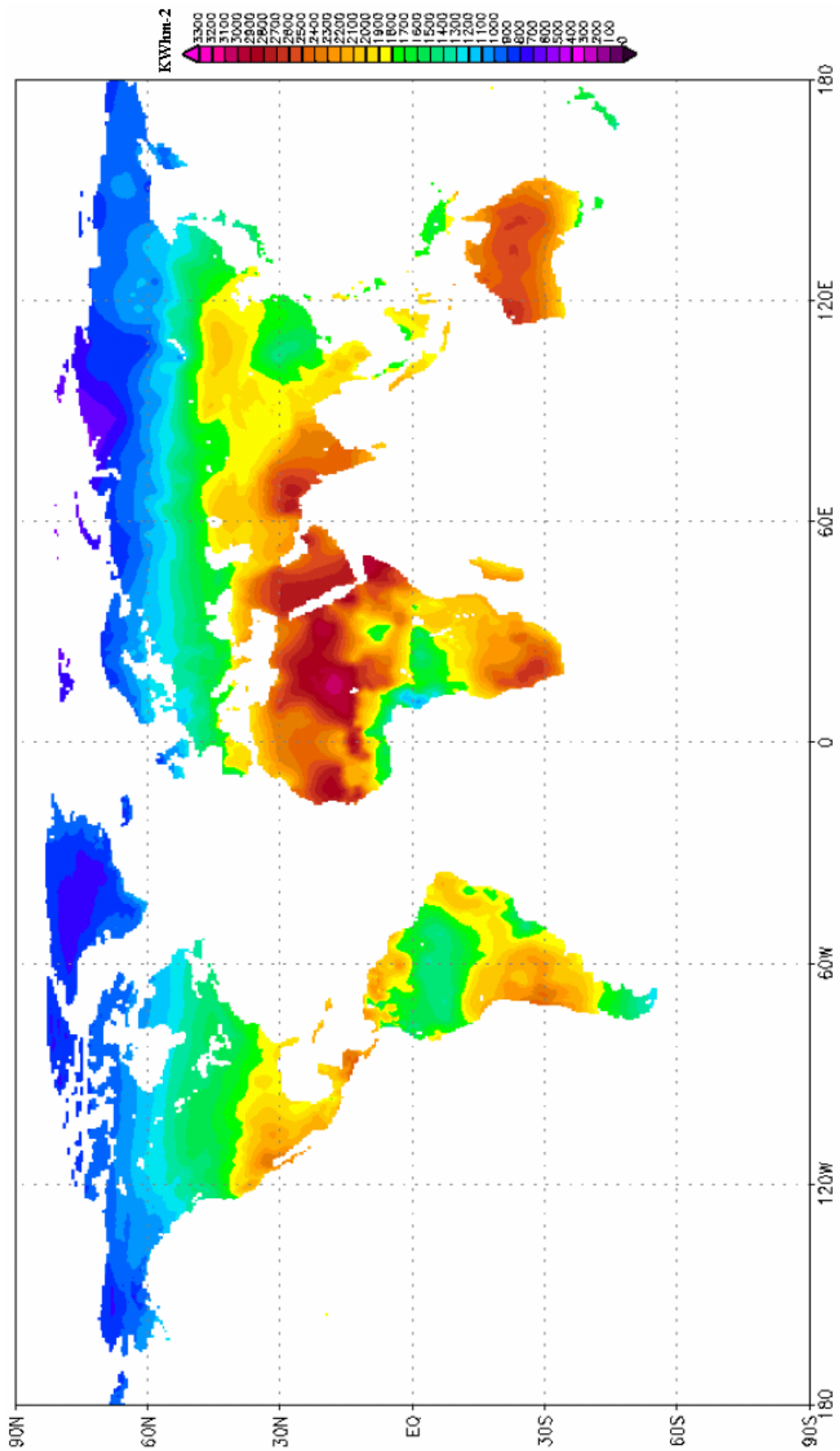
PERBANDINGAN TEKNIK MEMOMPA ^[2]

Teknik Memompa	Keuntungan	Kekurangan
Hand Pump	<ul style="list-style-type: none"> • biaya rendah • teknologi yang sederhana • perawatan mudah 	<ul style="list-style-type: none"> • debit rendah • menghabiskan waktu dan energi secara tidak produktif • tidak ekonomis
Diesel & Gasoline Pump	<ul style="list-style-type: none"> • biaya awal rendah • portable • mudah dipasang dan digunakan 	<ul style="list-style-type: none"> • membutuhkan perawatan dan penggantian suku cadang • perawatan sering tidak memadai sehingga kurang handal dan dapat mengurangi usia pakai • bahan bakar cenderung mahal dan persediaannya tidak dapat diandalkan • menghasilkan noise, debu dan asap.
Wind Pump	<ul style="list-style-type: none"> • tidak membutuhkan bahan bakar fosil sehingga tidak menimbulkan polusi • awet 	<ul style="list-style-type: none"> • perawatan sukar • biaya perbaikan mahal • sukar mencari suku cadang • instalasi sukar dan membutuhkan peralatan khusus • sangat sensitif terhadap kecepatan angin • membutuhkan tempat terbuka
Solar Water Pump	<ul style="list-style-type: none"> • perawatan mudah • ramah lingkungan • tidak membutuhkan bahan bakar fosil • pemasangan mudah • dapat diandalkan • awet • sistem modular 	<ul style="list-style-type: none"> • biaya awal besar • output rendah saat cuaca mendung

LAMPIRAN I

ANNUAL GLOBAL SOLAR RADIATION

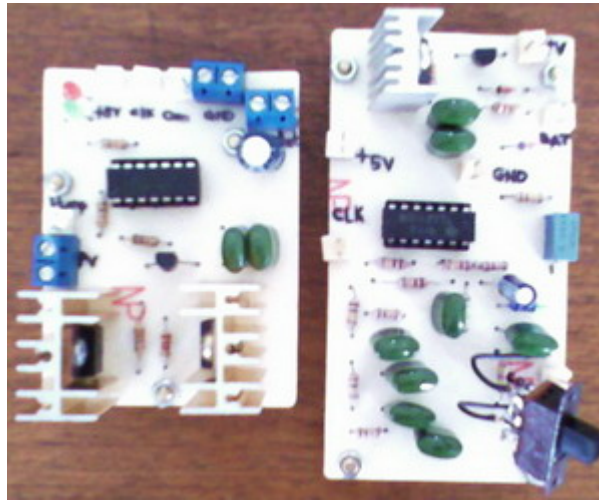
ANNUAL GLOBAL SOLAR RADIATION [22]



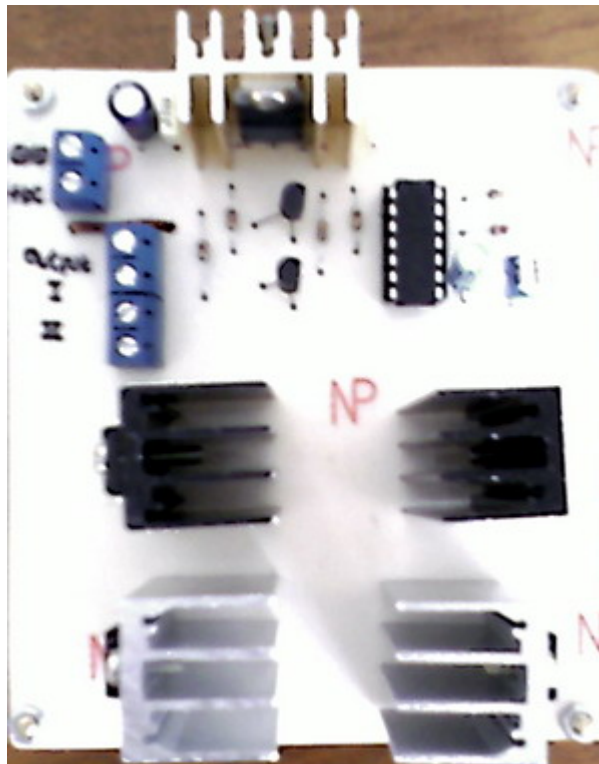
LAMPIRAN J

DOKUMENTASI

DOKUMENTASI



series regulator



square wave inverter