



# MENGUKUR INTENSITAS RADIASI DIFUS



PERMITS KEMENTERIAN UNIV. HASANUDDIN	
Tgl. pengajuan	20 - 06 - 89
Pada hari	Jab. MIPA
Waktu	1 hrs
Tempat	Hasanudin
Permit No.	264 06 89
Temp. KRS	

**LA BIMA**  
82 03 080

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN

1989

MENGUKUR INTENSITAS  
RADIASI DIFUS

T E S I S

Untuk melengkapi tugas-tugas dan  
memenuhi syarat-syarat untuk  
mencapai gelar sarjana



O L E H

L A B I M A

8203080

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN.

1989

MENGUKUR INTENSITAS

RADIASI DIFUS

Disetujui oleh :

Pembimbing Utama



( Dr. D.R.M. Mills )

Pembimbing Pertama



( Dra. Nurlaela Rauf, MSc. )

NIP.: 131 570 877

Pada tanggal,

April 1989

MENGUKUR INTENSITAS

RADIASI DIFUS

Disetujui oleh :

Pembimbing Utama



( Dr. D. R. M. Mills )

Pembimbing Pembantu



( Pembimbing Pembantu )

NIP. 20 20 20 20

Pada tanggal,

## SARI BACAAN

Tujuan penelitian adalah membuat dan menguji perangkat pita pelindung untuk pengukuran radiasi matahari difus dan radiasi matahari langsung. Pengukuran radiasi difus dengan disk pelindung, radiasi langsung dan radiasi global dilakukan secara serentak. Dalam pemakaian pita pelindung perlu ada faktor koreksi. Hasil radiasi difus dan radiasi langsung menurut perhitungan dibandingkan dengan hasil pengukuran.

Dari analisis hasil pengukuran ternyata pita pelindung berfungsi dengan baik untuk mengukur radiasi difus. Faktor koreksi pita pelindung optimal dapat ditentukan. Diperoleh deviasi standar radiasi difus  $12 \text{ Wm}^{-2}$ , dan deviasi standar radiasi langsung  $20 \text{ Wm}^{-2}$ .

## ABSTRACT

The aim of this investigation is to make and test a shadowband apparatus for measuring diffuse and beam radiation. In using the shadowband, a correction factor is needed. Measurements of global radiation, diffuse radiation and beam radiation by direct method and by the shadowband are made simultaneously. Results from the shadowband are compared with result of direct measurements.

It is shown that shadowband apparatus can be used to measure diffuse radiation. Furthermore we can determine the optimal correction factor. Standard deviation of diffuse radiation by shadowband is  $12 \text{ Wm}^{-2}$ , and the beam radiation is  $20 \text{ Wm}^{-2}$ .

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya jualah, penyusunan tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Tugas akhir ini berjudul : Mengukur intensitas radiasi difus. Dibuat dalam rangka memenuhi persyaratan untuk mencapai gelar sarjana fisika dalam bidang fisika energi dan material di Universitas Hasanuddin Ujung Pandang.

Berbagai kesulitan dan hambatan yang kami temui dalam penyusunan tugas akhir ini, namun dengan usaha yang maksimal dan bantuan serta fasilitas dari berbagai pihak dapat teratasi.

Untuk itu, maka pada kesempatan ini kami haturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- Dr.D.R.M.Mills dan Dra. Nurlaela Rauf, MSc., masing-masing sebagai pembimbing utama dan pertama yang telah meluangkan waktunya mengarahkan kami dalam menyusun tugas akhir ini.
- Bapak dan Ibu dosen yang membimbing kami selama ini.
- Rekan-rekan sejurusan fisika, serta semua pihak yang telah membantu kami sejak awal kuliah sampai pada penyusunan tugas akhir ini.

Akhirnya dengan dada lapang kami mengharapkan saran dan kritikan demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Ujung Pandang, April 1989

Penyusun



## DAFTAR ISI

	Hal
SARI BACAAN .....	i
ABSTRACT .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Batasan Masalah .....	2
I.3 Tujuan .....	3
I.4 Sistematika Laporan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Sumber Energi Matahari .....	5
II.2 Spektrum Matahari .....	5
2.1 Spektrum Matahari Pada Permukaan Bumi .	6
II.3 Geometri Sinar Matahari Terhadap Permuka- an Bumi .....	7
II.4 Pita Pelindung .....	9
BAB III METODOLOGI	
III.1 Peralatan-peralatan Yang digunakan .....	13
1.1 Solarimeter .....	14
1.2 Pengukuran Radiasi Global .....	15
1.3 Pita Pelindung .....	15

	1.4	Alat Pengukur Radiasi Langsung .....	16
III.2		Sistematika Pengamatan .....	17
BAB	IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	
	IV.1	Data Pengamatan .....	19
	IV.2	Analisa Data	
	2.1	Radiasi Difus .....	20
	2.2	Radiasi Langsung .....	27
	2.3	Faktor Koreksi .....	27
BAB	V	SIMPULAN DAN SARAN	
	V.1	Simpulan .....	32
	V.2	Saran .....	33
DAFTAR		PUSTAKA .....	34

DAFTAR GAMBAR



	Hal.
Gambar II.1 Kesamaan kurva spektrum radiasi matahari dengan radiasi benda hitam .....	6
Gambar II.2a Gambaran bola bumi dan sudut geometri matahari .....	8
Gambar II.2b Gambar yang menunjukkan sudut azimut matahari .....	8
Gambar II.3 Skema pengukuran dan penempatan pita pelindung, pipa dan sel solar pada kerangka besi .....	10
Gambar II.4 Sketsa hubungan geometri pita pelindung dengan sudut datang sinar matahari .....	11
Gambar III.1 Solarimeter .....	14
Gambar III.2 Posisi solarimeter pada pengukuran radiasi global .....	15
Gambar III.3 Posisi solarimeter pada pengukuran radiasi difus .....	16
Gambar III.4 Posisi solarimeter pada pengukuran radiasi langsung .....	17
Gambar IV.1 Kurva antara radiasi difus dengan faktor koreksi pita pelindung dan radiasi difus dengan disk kecil .....	29
Gambar IV.2 Kurva antara radiasi langsung hasil pengukuran dan radiasi menurut perhitungan ..	30
Gambar IV.3 Kurva antara radiasi langsung hasil pengukuran dan selisih radiasi global dan $D''_{pp}$ ..	31

BAB I  
PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Penelitian mengenai pemanfaatan energi surya secara langsung saat ini terus dilakukan, antara lain pilihan pemasangan alat pengkonversi energi matahari yang sesuai pada tempat tertentu berdasarkan hasil pengukuran intensitas radiasi matahari. Fasilitas yang menunjang adalah program kegiatan penyediaan "data base" yaitu data radiasi matahari.

Data base ini biasanya meliputi radiasi global, radiasi langsung dan radiasi difus. Radiasi global yaitu gabungan radiasi langsung dan radiasi difus. Radiasi langsung yaitu radiasi dari arah matahari yang mencapai permukaan bumi tanpa mengalami hamburan. Radiasi difus yaitu radiasi matahari yang sampai ke bumi tidak secara langsung tetapi radiasi yang telah mengalami pantulan atau hamburan berbagai materi di atmosfer. Hubungan ketiga radiasi di atas dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$I_G = I_L + I_D \dots\dots\dots (I.1)$$

dimana  $I_G$  = intensitas global,  
 $I_L$  = intensitas radiasi langsung, dan  
 $I_D$  = intensitas radiasi difus.

Pada saat radiasi ini meliwati atmosfer sampai ke permukaan bumi nilainya berubah tergantung dari tanggal, jam, cuaca, dan keadaan atmosfer.

Proses-proses yang mempengaruhi radiasi matahari saat meliwati atmosfer tidak akan dipermasalahkan pada pembahasan ini. Yang menjadi fokus penelitian ini adalah pengukuran komponen radiasi matahari yang tiba dipermukaan bumi yaitu komponen radiasi langsung dan radiasi difus. Alat ukur yang digunakan untuk pengukuran intensitas radiasi dalam penelitian ini adalah sel solar silikon.

Untuk keperluan penelitian ini, sifat sel silikon yang perlu diketahui adalah linearitas dan responnya terhadap sudut sinar datang. Dianggap bahwa distribusi spektrum radiasi matahari adalah tetap baik untuk radiasi langsung maupun difus.

### I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah :

membuat dan menguji perangkat pita pelindung untuk pengukuran radiasi difus dan radiasi langsung.

Secara terperinci untuk mencapai tujuan utama ini yaitu dengan membandingkan :

a. Hasil pengukuran radiasi difus menurut pita

pelindung dengan pengukuran radiasi difus secara langsung dan menguji faktor koreksi pita pelindung.

- b. Hasil untuk radiasi langsung menurut metode pita pelindung dengan hasil yang diperoleh dari pengukuran langsung.

#### I.4 Sistematika Laporan

Sistematika penyajian laporan ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

- BAB I bagian pendahuluan yang memuat latar belakang, batasan masalah, dan tujuan penelitian,
- BAB II tinjauan pustaka yang berisi kerangka teori yang melandasi penelitian ini,
- BAB III metodologi. Bagian ini dibahas secara khusus peralatan yang dibutuhkan, cara, waktu, dan tempat pengamatan dalam mengoperasikan alat yang dibuat,
- BAB IV menyajikan hasil dan pembahasan, dan
- BAB V merupakan bab terakhir yang menyajikan kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran.

BAB II  
TINJAUAN PUSTAKA



II.1 Sumber Energi Matahari

Matahari memancarkan radiasi elektromagnetik dalam daerah spektrum ultra-violet, sinar tampak, dan infra-merah dekat.

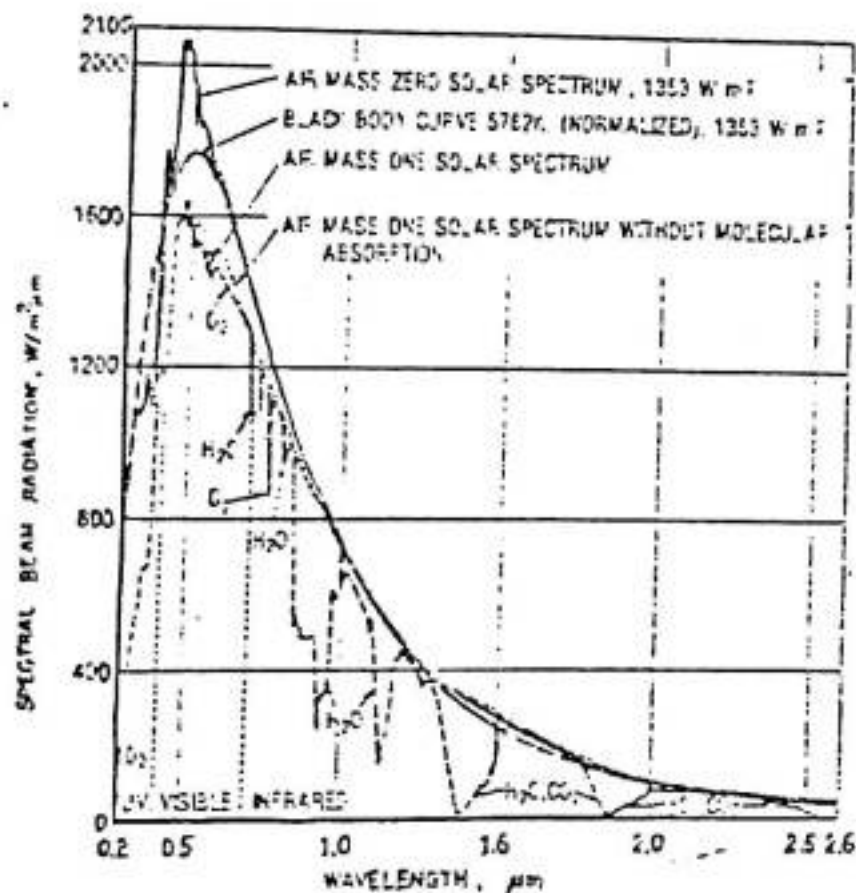
Pada tahun 1939 Hans Bethe mengusulkan suatu penjelasan tentang sumber energi matahari. Yang terus terjadi di dalam matahari merupakan suatu reaksi fusi, dimana empat atom hidrogen berfusi/bergabung membentuk inti helium. Reaksi fusi ini menghasilkan energi yang besar yang menjadi sumber panas untuk matahari dan bintang-bintang lain.

II.2 Spektrum Matahari

Benda hitam dengan distribusi spektrum menurut persamaan Planck, hampir merupakan pemancar radiasi elektromagnetik yang sempurna. Jika diberikan temperatur yang semakin tinggi, maka puncak spektrum akan bergeser pada daerah panjang gelombang pendek menurut hukum geseran Wien.

Spektrum radiasi benda hitam pada 5762 K hampir sama dengan spektrum radiasi matahari dengan puncak spektrum pada panjang gelombang  $0,5 \mu\text{m}$ . Atas dasar

ini matahari dianggap merupakan sumber radiasi benda hitam yang cukup ideal. Gambaran kesamaan kurva spektrum radiasi matahari dengan radiasi benda hitam ini dapat dilihat pada Gbr. II.1 [2].



Gbr. II.1 Kesamaan kurva spektrum radiasi matahari dengan radiasi benda hitam.

### II.2.1 Spektrum Matahari pada Permukaan Bumi

Radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi selalu mengalami beberapa variasi akibat :

1. Perubahan jarak dari bumi ke matahari (menurut tanggal dan bulan dalam satu tahun).
2. Panjang lintasan matahari melalui atmosfer (menurut jam/sudut tinggi matahari).
3. Variasi hamburan atmosfer (awan) oleh molekul-molekul udara, uap air, dan debu.



4. Proses penyerapan oleh  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $H_2O$  dan  $CO_2$  di atmosfer.

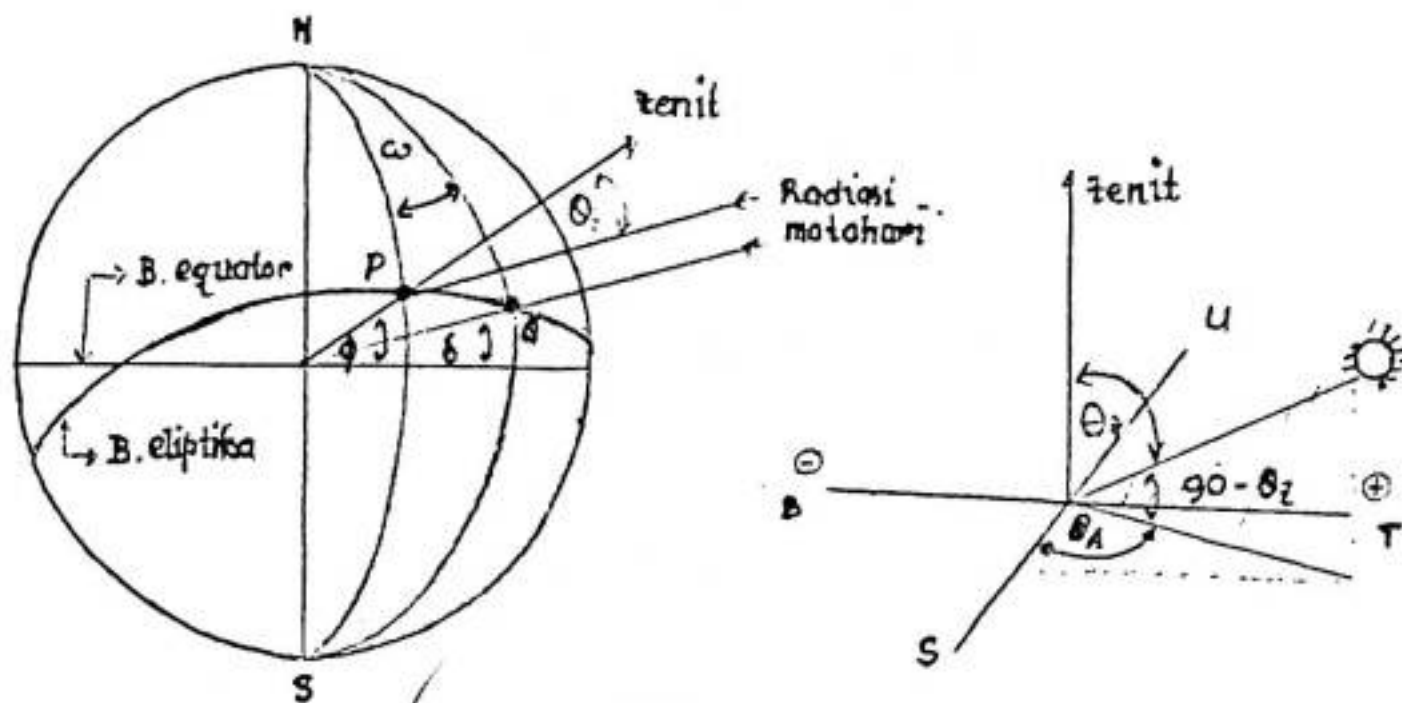
### II.3 Geometri Sinar Matahari terhadap Permukaan Bumi

Telah diketahui bahwa equator bumi membentuk sudut  $23,5^\circ$  terhadap bidang orbit bumi mengelilingi matahari. Akibatnya sudut ketinggian matahari pada tengah hari berbeda sepanjang tahun, begitu pula posisi matahari pada jam yang sama akan berbeda setiap harinya.

Parameter yang diperlukan untuk mengetahui hubungan geometri matahari terhadap suatu tempat di bumi terdapat di beberapa buku, antara lain [2]:

- Sudut azimut ( $Q_A$ ) yaitu sudut antara proyeksi horizontal sinar matahari dengan garis bujur selatan dimana pada bujur timur bernilai positif dan pada bujur barat bernilai negatif.
- Sudut lintang terhadap equator ( $\theta$ ).
- Sudut deklinasi ( $\delta$ ) yaitu sudut antara sinar matahari dan garis tegak lurus terhadap sumbu polar dalam bidang sinar matahari.
- Sudut jam ( $w$ ) yaitu sudut yang dibentuk antara bujur posisi pengamatan dengan bujur dimana matahari persis di bidang utara selatan.
- Sudut zenit ( $Q_Z$ ) yaitu sudut antara sinar datang dengan garis vertikal (zenit).

Lebih jelasnya sudut-sudut di atas dapat dilihat pada gambar berikut [3] :



Gbr. II.2a (Gambaran bola bumi dan sudut-sudut geometri matahari.

Gbr. II.2b Menunjukkan sudut azimuth matahari.

Misalnya pengamatan dilakukan pada titik P. Sudut yang dibentuk antara sinar matahari dan zenit adalah  $Q_z$ . Sudut lintang P terhadap equator adalah  $\phi$ . Sudut  $w$  disebut sudut jam antara sudut bujur pada P dan garis bujur yang terbentuk oleh sinar matahari melalui sumbu bumi pada saat itu, melalui titik Q di Gbr. II.2a. Sudut antara sinar matahari dan bidang equator adalah sudut deklinasi ( $\delta$ ). Untuk sudut azimuth ( $Q_A$ ) terlihat pada Gbr. II.2b.

Hubungan antara sudut-sudut di atas secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$\cos Q_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos w \dots \dots (II.1)$$

Hubungannya dengan sudut azimut matahari digunakan persamaan (II.2) di bawah ini

$$\cos Q_A = \frac{\sin \delta - \sin \phi \cos Q_Z}{\cos \phi \sin Q_Z} \dots\dots\dots (II.2)$$

Untuk menentukan deklinasi matahari pada suatu hari menurut Cooper [2] dapat dihitung menggunakan persamaan (II.3)

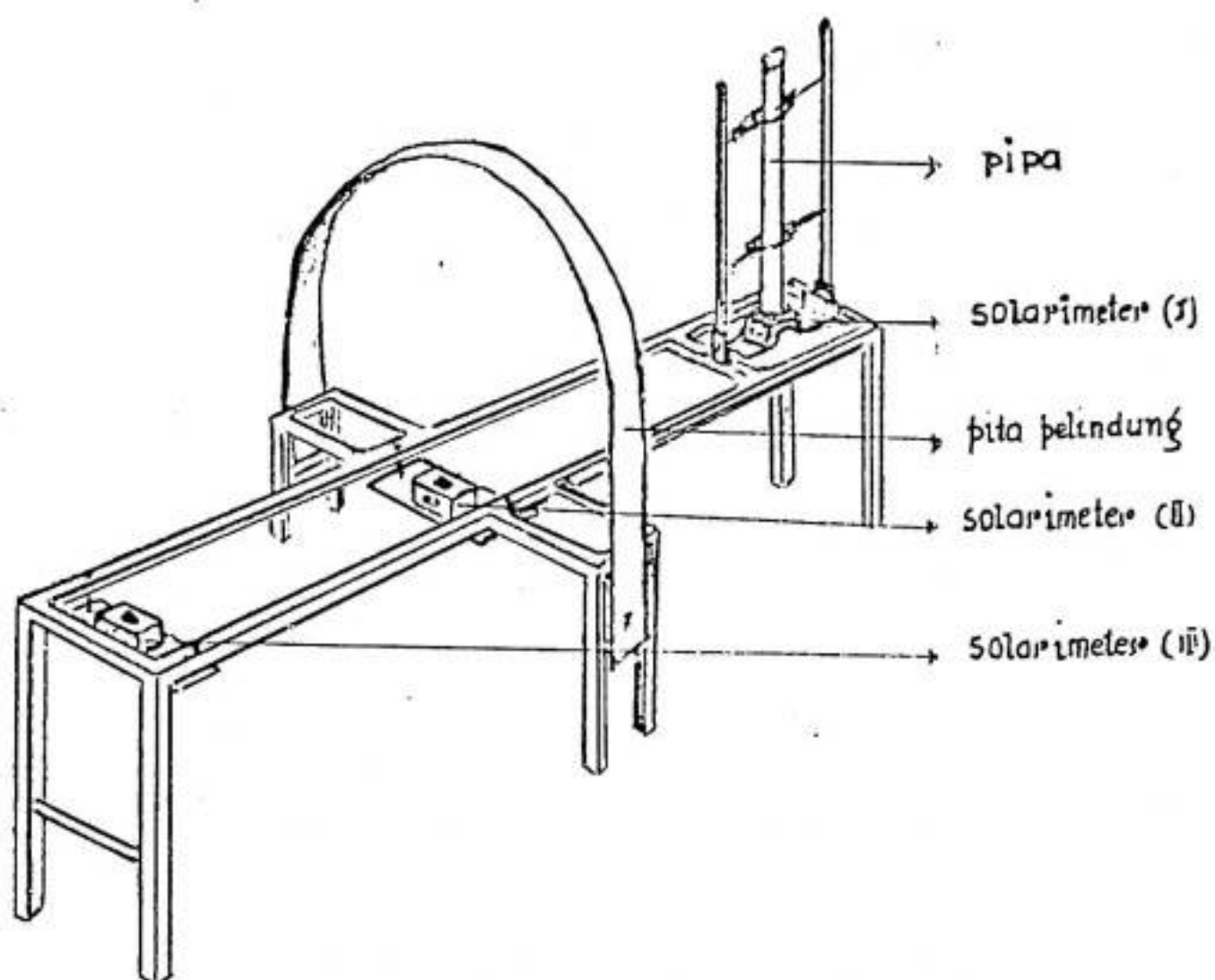
$$\delta = 23,45 \sin \left[ 360 \frac{(284 + n)}{365} \right] \dots\dots\dots (II.3)$$

dimana n adalah nomor urut hari dalam satu tahun, mulai 1 Januari dan berakhir pada nomor 365 pada tanggal 31 Desember. Untuk tahun kabisat berakhir pada nomor 366 karena jumlah hari bulan Pebruari 29 hari.

#### II.4 Pita Pelindung

Fungsi pita pelindung adalah menghalangi radiasi langsung terhadap sel solar. Letaknya diatur sedemikian, sehingga sel solar selama pengukuran selalu mendapat bayangan dari pita pelindung. Persoalan yang mendasar pada pita pelindung, bahwa radiasi yang terhalang bukan hanya radiasi langsung, tetapi juga sebahagian radiasi difus oleh hamburan/pantulan atmosfer. Karena itu perlu adanya faktor koreksi dari pita pelindung. Metode yang digunakan untuk menghitung faktor koreksi ini, bergantung pada

susunan geometrik pita pelindung serta anggapan tentang distribusi radiasi difus.



Gbr. II.3 Skema pengukuran dan penempatan pita pelindung, pipa (penghalang radiasi dari segala arah) dan sel solar pada kerangka besi.

Pada metode Drummond yang sudah menjadi metode standar, susunan geometrik pita pelindung dengan sudut datang matahari dapat dilihat pada Gbr. II.4. Fraksi langit yang dilindungi pita pelindung secara matematis dapat ditulis [4]

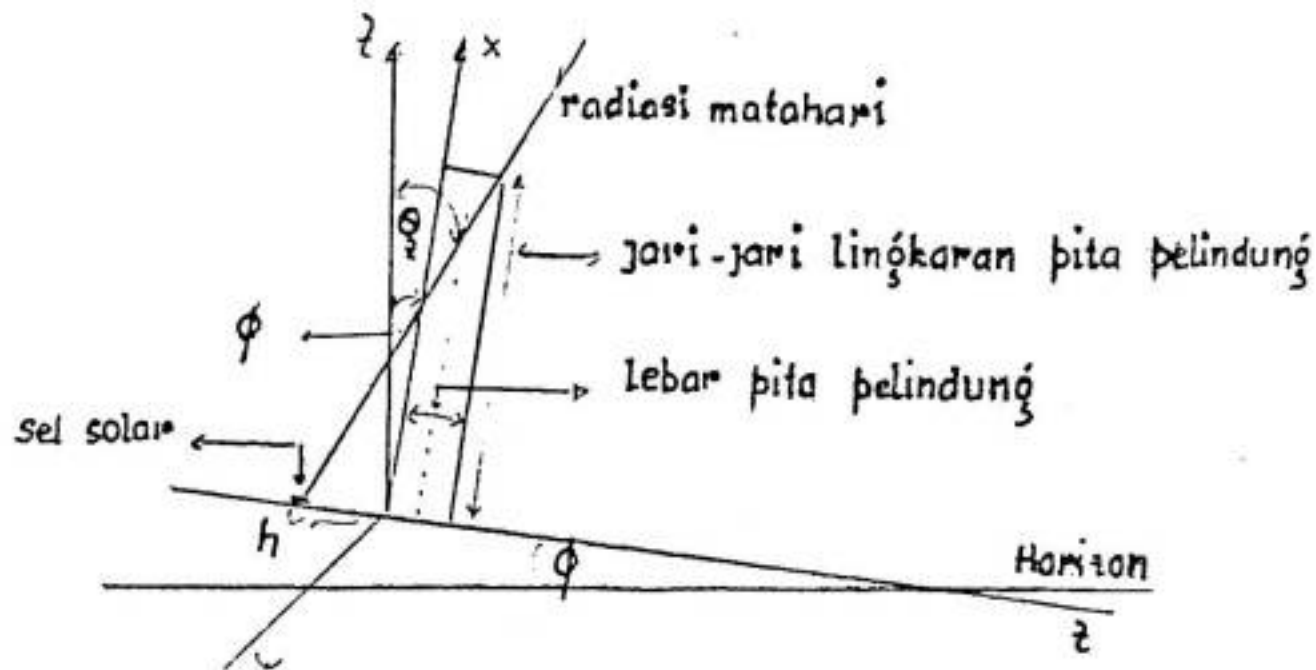
$$\frac{X}{T} = \frac{2b}{\pi R} \cos^3 \delta (\sin \phi \sin \delta t_0 + \cos \phi \cos \delta \sin t_0) \dots \dots \dots (II.4)$$

dimana :  $X$  = sudut padat yang ditutupi pita pelindung

$T = 2\pi$  = sudut padat setengah bola



- R = jari-jari lingkaran pita pelindung
- b = lebar pita pelindung
- $t_0$  = sudut jam matahari pada saat terbenam
- $\phi$  = sudut lintang terhadap equator
- $\delta$  = sudut deklinasi matahari.



Gbr. II.4 Sketsa hubungan geometri pita pelindung dengan sudut datang sinar matahari [4].

Berdasarkan anggapan bahwa radiasi difus adalah isotropis, radiasi difus yang terukur pada metode pita pelindung adalah

$$D_{pp} = D \left( 1 - \frac{X}{T} \right)$$

dimana  $D$  adalah radiasi difus yang sebenarnya. Maka rumus yang dipakai untuk menaksirkan radiasi difus dari hasil pengukuran pita pelindung  $D_{pp}$  adalah

$$D'_{pp} = \frac{D_{pp}}{\left( 1 - \frac{X}{T} \right)} \dots\dots\dots (II.5)$$

$D_{pp}$  = intensitas radiasi difus yang terukur



pada pita pelindung (pp)

$D'_{pp}$  = intensitas radiasi difus dengan faktor koreksi pp,

dimana  $\frac{1}{1 - \frac{\lambda}{T}}$  disebut sebagai faktor koreksi.

Bila pengukuran radiasi langsung, berkas sinar datang selalu tegak lurus terhadap permukaan. Dengan demikian komponen horizontal radiasi langsung dapat ditulis :

$L \cos \theta$                       dimana,

$L$  = berkas sinar datang yang tegak lurus permukaan

$\theta$  = sudut datang sinar matahari

### BAB III METODOLOGI

#### III.1 Peralatan-peralatan yang Digunakan

Penelitian yang dilakukan modelnya cukup sederhana. Demikian pula alat-alat yang digunakan relatif murah dan sebahagian sudah tersedia di Laboratorium Fisika.

Alat-alat tersebut yaitu :

- sel silikon dan voltmeter selaku solarimeter,
- pita pelindung untuk radiasi difus,
- alat untuk mengukur radiasi langsung.

Solarimeter yang digunakan jumlahnya ada tiga buah yang karakteristiknya sudah diukur dan hasilnya sama pada intensitas yang sama [5]. Ketiganya diletakkan pada kerangka besi agar terhindar dari pengaruh pantulan tanah/rumput jika langsung diletakkan pada permukaan bumi. Tiga solarimeter yang diletakkan pada kerangka besi masing-masing fungsinya :

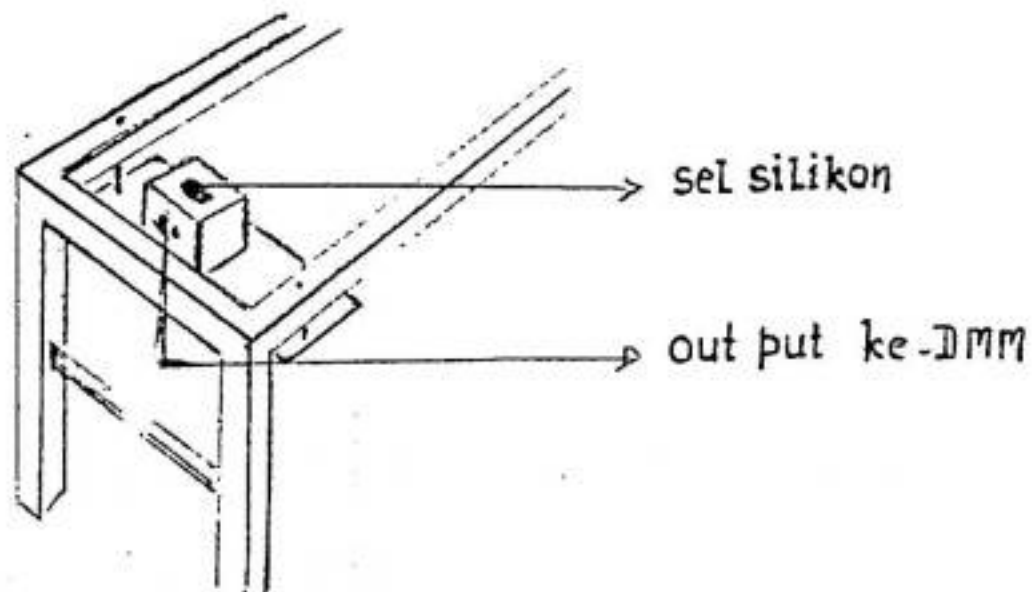
1. Mengukur radiasi global.
2. Mengukur radiasi difus.
3. Mengukur radiasi langsung.

Upaya untuk menyamai warna langit, maka kerangka besi dan pita pelindung dicat dengan warna abu-abu sedang.

gantung pada ketelitian K ini, karena hasil yang dicari adalah dalam bentuk perbandingan antara dua data dimana kedua-duanya diukur dengan solarimeter solarimeter yang sifatnya sama.

### III.1.2 Pengukuran Radiasi Global

Sel solar yang diletakkan pada salah satu ujung kerangka besi digunakan untuk mengukur radiasi global. Radiasi yang tiba pada permukaan sel solar ini secara bebas, berasal dari segala arah. Skema pengukuran radiasi global ini dapat dilihat pada Gbr. III.2.



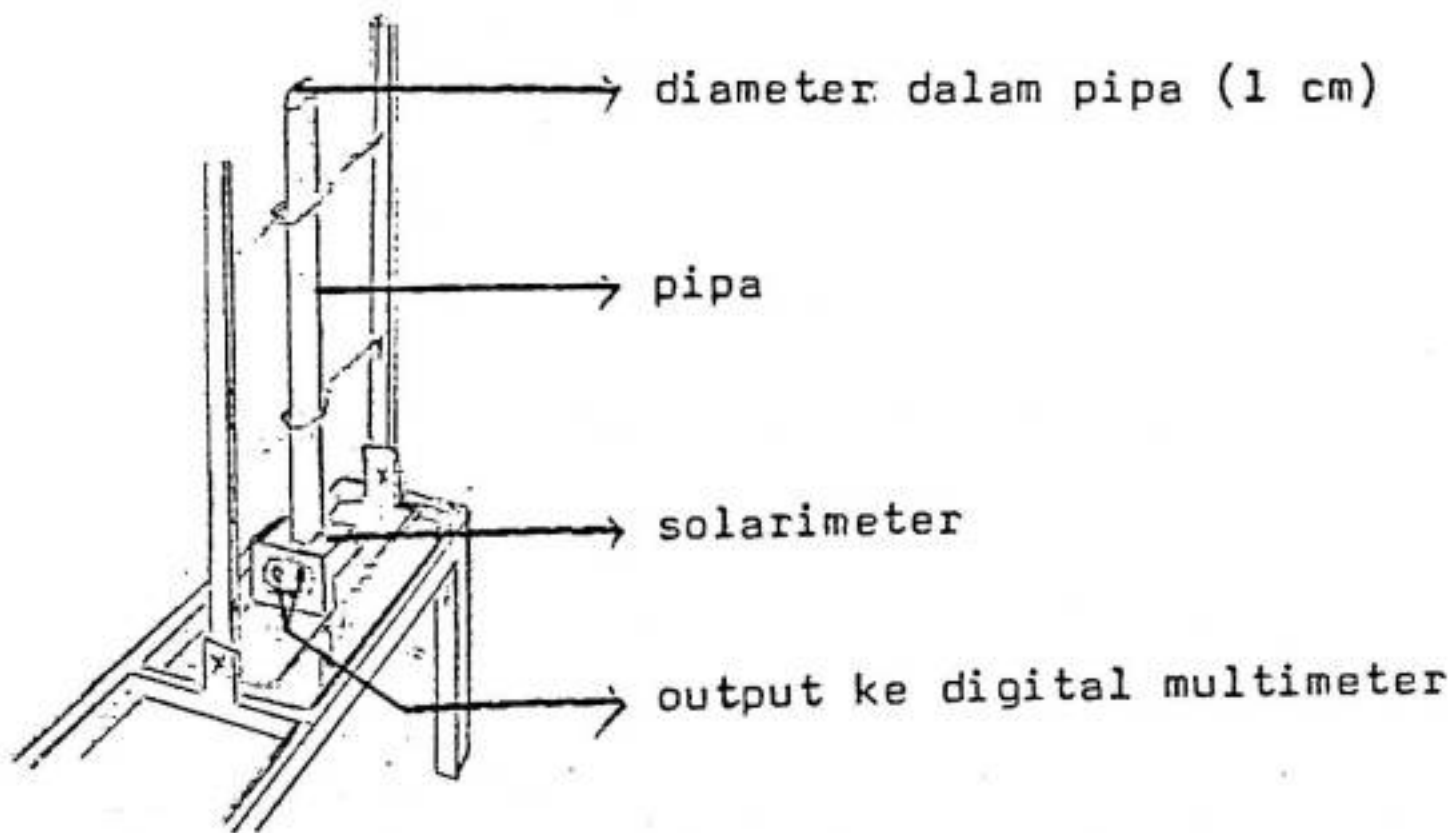
Gbr. III.2 Posisi solarimeter pada pengukuran radiasi global.

### III.1.3 Pita Pelindung

Sel silikon pada bagian tengah kerangka besi selama pengukuran selalu terhalang dari radiasi langsung oleh pita pelindung. Lebar dan jari-jari lingkaran pita pelindung masing-masing 8 dan 28 cm.



pipa 1 cm dan 30 cm. Letaknya dibuat sedemikian rupa sehingga bisa diatur sesuai dengan lintasan matahari agar sel silikon selama pengukuran selalu menerima radiasi langsung dari arah matahari. Kerangka pengukuran ini terlihat pada Gbr. III.4.



Gbr. III.4 Posisi solarimeter pada pengukuran radiasi langsung.

### III.2 Sistematis Pengamatan.

Untuk menghindari berbagai pantulan, penelitian ini dilakukan di lantai V sebelah selatan dari Laboratorium Fisika Dasar. Pengambilan data dilakukan secara kontinyu beberapa hari dengan keadaan yang bervariasi yaitu dengan perbandingan radiasi difus dengan radiasi langsung dan rendah sampai dengan tinggi.

Dengan situasi ini ada kemungkinan untuk menguji hasil pengukuran dari alat pita pelindung dalam keadaan yang berbeda-beda.

Untuk data sudut surya ada beberapa parameter yang dibutuhkan yaitu :

- sudut lintang  $\phi$ , untuk Ujung Pandang  $5,4^{\circ}$  [7].
- sudut deklinasi  $\delta$  dihitung menurut persamaan (II.3), dan
- sudut jam.

Sudut jam dihitung dengan rumus

$$w = 0,25 \text{ (jumlah menit sebelum (-) atau setelah (+) lewat tengah hari, AST).}$$

Untuk AST (Actual Solar Time/Jam Solar) dapat dihitung :

$$\text{AST} = \text{waktu setempat} + (\text{bujur setempat} - \text{bujur meridian standar zona waktu}) \times 4 \text{ menit.}$$

Untuk Ujung Pandang berada pada Bujur Timur  $119,5^{\circ}$  [7], hampir sama dengan meridian standar zona waktu  $120^{\circ}$  pada Bujur Timur, maka dianggap jam solar sama dengan waktu setempat (WITA).

BAB IV  
HASIL DAN PEMBAHASAN.



IV.1. Data Pengamatan.

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan kontinyu selama 5 hari. Intensitas radiasi matahari yang diukur dengan sel silikon dan multimeter digital dicatat dalam bentuk tegangan mV. Dengan menggunakan konstanta pembanding  $K = 0,1367 \text{ mV/Wm}^{-2} [5]$ , maka data-data yang diperoleh dapat diubah dalam  $\text{Wm}^{-2}$ .

Data ini terlampir pada tabel IV-1.1 sampai dengan IV-1.5 dengan simbol-simbol yang mempunyai pengertian sebagai berikut :

- $\theta$  = sudut datang sinar matahari dihitung menurut pers. (II.1),
- $G$  = intensitas radiasi global pada permukaan horizontal,
- $L$  = intensitas radiasi langsung yang datang tegak lurus terhadap permukaan sel silikon,
- $D_{pp}$  = radiasi difus yang terukur dengan pita pelindung,
- $D'_{pp}$  = radiasi difus dengan faktor koreksi pita pelindung, dihitung menurut pers. (II.6),

$D_o$  = radiasi difus dengan menggunakan disk kecil sebagai penghalang radiasi langsung,

$L \cos \theta$  = radiasi langsung pada permukaan horizontal,

$G - D'_{pp}$  = radiasi langsung menurut hasil perhitungan, dan:

$G - D''_{pp}$  = taksiran radiasi langsung yang dijelaskan pada pasal IV.2.3.

## IV.2 Analisa Data

### IV.2.1 Radiasi Difus

Untuk menguji ketelitian radiasi difus menurut pita pelindung yang terkoreksi  $D'_{pp}$  terhadap  $D_o$  digunakan metode regresi. Hasil secara grafik dapat dilihat pada gambar IV.1.

Pada metode ini ditentukan hubungan dua variabel. Dalam metode regresi ini diharapkan hubungan linear garis :

$$Y = bX.$$

Misalkan data  $\{(X_i, Y_i)\}$  untuk  $i = 1$  sampai dengan  $n$  dan  $Y_i^* = bX_i$  adalah nilai yang diperoleh pada garis regresi untuk data  $X_i$ . Maka jumlah simpangan kuadrat masing-masing data yang disimbolkan dengan  $S$  dapat dirumuskan. [6]

Tgl. 14 Maret 1989

TABEL - IV.1

JAM	$\theta$	$D_0/L \cos \theta$	G	L	$D_{PP}$	$D'_{PP}$	$D_0$	$L \cdot \cos \theta$	$G - D'_{PP}$	$G - D''_{PP}$
11.00	17,29	6,3 : 10	885,1	553,8	320,4	351,9	330,7	528,9	533,3	522,6
11.30	11,42	9,6 : 10	848,6	438,9	373,1	409,7	414,8	430,1	438,9	426,6
12.00	8,62	47 : 10	504,8	87,1	365,8	401,6	403,8	86,3	103,1	91,2
12.30	2,8	29 : 10	577,9	147,8	392,1	430,9	433,8	147,8	147,0	134,1
13.00	8,67	71 : 10	485,7	56,3	351,1	386,2	392,1	55,6	99,5	87,9
13.30	15,45	88 : 10	387,7	40,2	312,4	343,1	340,2	38,8	44,6	34,3
14.00	22,56	43 : 10	547,9	103,9	377,5	414,8	415,5	95,8	133,1	120,7
14.30	29,82	19 : 10	623,3	234,1	345,3	379,7	389,2	203,4	243,6	232,2
15.00	37,15	8,9 : 10	797,4	548,4	329,2	362,1	390,6	437,5	435,3	424,4

Keterangan : Semua besaran dalam satuan  $Wm^{-2}$  kecuali  $\theta$  dalam derajat busur .

Faktor koreksi  $1 - \frac{\lambda}{T} = 0,91$

$\delta = -3,22^\circ$

TABEL - IV.2

Tgl. 17 Maret 1989

JAM	$\theta$	$D_0/L \cos \theta$	G	L	$D_{PP}$	$D'_{PP}$	$D_0$	L.COS $\theta$	$G - D'_{PP}$	$G - D''_{PP}$
09.00	45,56	9,6 : 10	521,6	373,1	173,4	199,0	250,2	261,2	322,6	316,6
09.30	38,18	6,4 : 10	607,2	463,1	186,5	214,3	233,4	364,3	392,8	386,5
10.00	30,87	4,1 : 10	672,3	558,9	160,2	182,2	195,3	479,9	490,1	484,6
10.30	23,67	8,5 : 10	596,2	409,0	237,7	273,6	318,9	374,5	322,6	314,4
11.00	16,72	5,5 : 10	742,5	531,3	218,7	251,6	280,9	508,4	490,9	483,4
11.30	10,54	9,3 : 10	681,8	351,9	218,7	251,6	280,9	508,4	490,9	483,4
12.00	7,42	15 : 10	682,5	274,3	340,9	392,1	398,0	272,1	290,4	278,6
12.30	3,12	16 : 10	646,7	252,4	323,3	371,6	395,0	252,4	275,1	264,0
13.30	16,25	1,7 : 10	731,5	643,8	97,3	111,9	106,1	618,1	619,6	616,2
14.00	23,45	3,4 : 10	774,7	616,7	169,7	195,3	190,2	565,5	579,4	573,4
14.30	30,76	4,6 : 10	790,8	605,0	195,3	224,6	235,6	524,5	566,2	559,5
15.00	38,14	5,4 : 10	765,2	580,8	223,1	256,8	248,0	457,2	508,4	500,6

Keterangan : Faktor koreksi pita pelindung  $1 - \frac{X}{T} = 0,87$  $\delta = -2,02^\circ$

## TABEL - IV.3

Tgl. 19 Maret 1989

JAM	$\theta$	$D_0 / \cos \theta$	G	L	$D_{PP}$	$D'_{PP}$	$D_0$	L.COS $\theta$	G - $D'_{PP}$	G - $D''_{PP}$
09.00	45,42	6,4 : 10	561,1	465,3	176,3	207,8	209,2	326,3	353,3	347,1
09.30	38,03	4,5 : 10	645,2	551,6	161,7	190,2	199,8	434,5	455,0	449,3
10.00	30,68	1,9 : 10	669,3	642,3	91,4	107,5	102,4	552,3	561,8	558,6
10.30	23,42	1,6 : 10	679,6	635,7	80,5	94,4	93,6	583,0	585,2	582,4
11.00	16,37	3,5 : 10	658,4	504,8	136,1	160,2	168,3	484,3	498,2	493,4
11.30	9,98	2,7 : 10	709,6	566,2	125,8	147,8	152,9	557,4	561,8	557,4
12.00	6,59	3,8 : 10	779,8	570,6	174,8	205,6	215,8	566,9	574,3	568,0
12.30	3,39	4,6 : 10	778,3	539,9	210,7	248,0	248,7	539,1	534,7	522,9
13.00	9,78	2,4 : 10	695,0	562,6	111,9	131,8	135,3	554,5	563,3	559,3
13.30	16,83	1,7 : 10	729,3	652,5	90,0	106,1	103,2	624,7	623,3	620,0
14.00	24,09	2,3 : 10	661,3	585,2	101,9	118,5	123,6	534,0	542,8	539,2
14.30	31,44	2,4 : 10	673,0	633,5	114,1	134,6	128,0	540,6	538,4	534,4
15.00	38,83	3,1 : 10	550,1	479,9	95,1	111,9	117,0	373,8	438,2	434,8

Keterangan : Faktor koroksi pita polindung 1 -  $\frac{X}{T} = 0,85$ 

$$\delta = -1,21^\circ$$

## TABEL - IV.4

Tgl. 20 Maret 1989

JAM	$\theta$	$D_0/L \cos \theta$	G	L	$D_{PP}$	$D_{PP}'$	$D_0$	L.COS $\theta$	G - $D_{PP}'$	G - $D_{PP}''$
09.00	45,37	3,9 : 10	411,9	387,7	95,3	113,5	117,0	298,5	305,	295,0
09.30	37,96	2,5 : 10	626,2	629,1	103,9	123,6	124,4	496,0	502,6	498,9
10.00	30,60	4,5 : 10	626,2	503,3	145,6	173,4	194,6	433,1	452,8	447,6
10.30	23,31	3,9 : 10	667,9	518,7	143,4	170,4	186,5	476,2	497,4	492,4
11.00	16,22	1,9 : 10	731,5	634,2	98,0	115,6	113,4	609,4	616,0	612,4
11.30	9,73	2,7 : 10	699,3	571,3	121,4	144,8	150,7	563,3	554,5	550,2
12.00	6,21	2,1 : 10	742,5	639,4	111,9	133,1	135,3	635,7	609,4	605,4
12.30	3,52	3,1 : 10	637,9	490,9	123,6	147,0	152,9	490,1	490,9	486,5
13.00	10,01	2,6 : 10	681,1	546,5	116,3	138,3	140,5	538,4	542,8	538,7
13.30	17,1	2,3 : 10	684,0	585,2	103,1	122,9	127,3	559,6	561,1	557,4
14.00	24,39	2,2 : 10	693,5	621,8	99,5	118,5	123,6	566,2	575,0	571,4
14.30	31,75	2,0 : 10	659,1	649,6	92,9	110,5	109,0	552,3	548,7	545,3
15.00	39,16	3,2 : 10	566,2	554,5	114,9	136,8	138,3	430,1	429,4	425,3

Keterangan : Faktor koreksi pita pelindung .  $1 - \frac{\lambda}{T} = 0,84$ 

$$\delta = -0,81^\circ$$



TABEL - IV.5

Tgl. 21 Maret 1989

JAM	$\theta$	$D_0/L \cos \theta$	G	L	$D_{PP}$	$D'_{PP}$	$D_0$	L.COS $\theta$	G - $D'_{PP}$	G - $D''_{PP}$
09.00	45,31	27 : 10	403,1	152,9	219,5	264,1	288,2	107,5	139,0	131,1
09.30	37,89	20 : 10	457,2	185,8	242,1	291,9	295,5	147,0	165,3	156,5
10.00	30,1	12 : 10	618,1	329,9	275,8	332,1	343,8	284,6	286,0	276,0
10.30	23,21	8,9 : 10	667,9	395,0	257,5	310,2	322,6	362,8	357,7	348,4
11.00	16,06	100 : 10	245,8	21,9	182,9	220,2	212,1	21,2	25,6	19,0
11.30	9,47	9,4 : 10	823,0	438,9	325,5	392,1	406,0	433,1	430,9	419,0
12.00	5,8	6,8 : 10	956,8	607,2	346,7	417,7	409,7	604,2	539,1	526,6
12.30	3,67	24 : 10	416,2	124,4	233,4	280,9	296,3	124,4	135,3	126,9
13.00	10,26	69 : 10	273,6	32,9	188,0	226,8	220,9	32,2	46,8	40,0
13.30	17,41	12 : 10	485,7	234,1	209,2	253,1	264,8	223,1	232,6	225,0
14.00	24,71	25 : 10	400,1	125,8	226,8	273,6	286,0	114,1	126,6	118,3
14.30	32,09	58 : 10	985,3	40,2	164,6	198,2	198,2	34,4	87,1	81,2

Keterangan : Faktor koreksi pita pelindung  $1 - \frac{X}{T} = 0,83$  $\delta = -0,4^\circ$

$$\begin{aligned}
 S &= \sum (Y_i - Y_i^*)^2 \\
 &= \sum (Y_i - bX_i)^2 \dots\dots\dots (IV.1)
 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan nilai minimum, turunan S terhadap b harus sama dengan nol

$$\begin{aligned}
 0 &= \frac{\partial S}{\partial b} = -2 \sum X_i Y_i + 2b \sum X_i^2 \\
 \therefore b &= \frac{\sum X_i Y_i}{\sum X_i^2} \dots\dots\dots (IV.2)
 \end{aligned}$$

Selanjutnya nilai minimum untuk S ditulis dengan  $S_0$ ,

$$\begin{aligned}
 S_0 &= \sum (Y_i - Y_i^*)^2 \\
 &= \sum (Y_i^2 - 2bX_i Y_i + b^2 X_i^2) \\
 &= \sum Y_i^2 - \frac{(\sum X_i Y_i)^2}{\sum X_i^2} \dots\dots\dots (IV.3)
 \end{aligned}$$

Menurut persamaan metode kuadrat terkecil, deviasi standar untuk data  $Y_i$  adalah

$$\sigma = \sqrt{\frac{S_0}{n-1}}$$

dan deviasi standar untuk parameter b adalah

$$\sigma_b = \frac{\sigma}{\sqrt{\sum Y_i^2}}$$

Dengan memasukkan semua data,  $D_0$  sebagai X dan  $D'_{pp}$  sebagai Y dimana  $n = 59$  pasangan data, maka didapat :

$$b = 0,972 ; \quad \tilde{\sigma} = 12 \text{ Wm}^{-2}; \quad \tilde{\sigma}_b = 0,006$$

$$b = 0,972 \pm 0,006$$

$$D'_{pp} = (0,972 \pm 0,006) D_o.$$

#### IV.2.2 Radiasi Langsung

Menentukan hubungan radiasi langsung hasil pengukuran dengan pita pelindung dan hasil perhitungan juga menggunakan metode regresi, dengan persamaan

$$Y = bX .$$

Dengan memasukkan data  $G - D'_{pp}$  sebagai Y dan  $L \cos \theta$  sebagai X diperoleh nilai

$$b = 1,013 ; \quad \tilde{\sigma} = 24 \text{ Wm}^{-2} ; \quad \tilde{\sigma}_b = 0,0072$$

sehingga dapat ditulis

$$b = 1,013 \pm 0,007 , \text{ dan}$$

$$G - D'_{pp} = (1,013 \pm 0,007) L \cos \theta .$$

Perbandingan antara radiasi langsung hasil pengukuran langsung dan menurut pita pelindung terlihat pada gambar IV.2.

#### IV.2.3 Faktor Koreksi

Menurut analisa data  $D'_{pp} - D_o$  di atas, terlihat bahwa untuk radiasi difus  $D'_{pp}$  masih dibawah  $D_o$ , karena menurut persamaan garis  $D'_{pp} = 0,972 D_o$ . Bila dikalikan dengan faktor 1,03, akan diperoleh

taksiran radiasi difus yang lebih sempurna

$$D''_{pp} = 1,03 D'_{pp} = (1,001 \pm 0,007) D_o.$$

Untuk melihat apakah  $D''_{pp}$  memberi hasil yang lebih baik untuk radiasi langsung, dibutuhkan analisa data  $L \cos \theta$  dengan  $G - D''_{pp}$  (gambar IV.3). Data  $G - D''_{pp}$  terlampir di tabel IV.1 - IV.5. Dari analisa tersebut diperoleh :

$$b = 0,996 ; \quad \sigma = 20,5 \text{ Wm}^{-2}; \quad \sigma_b = 0,006$$

sehingga dapat ditulis

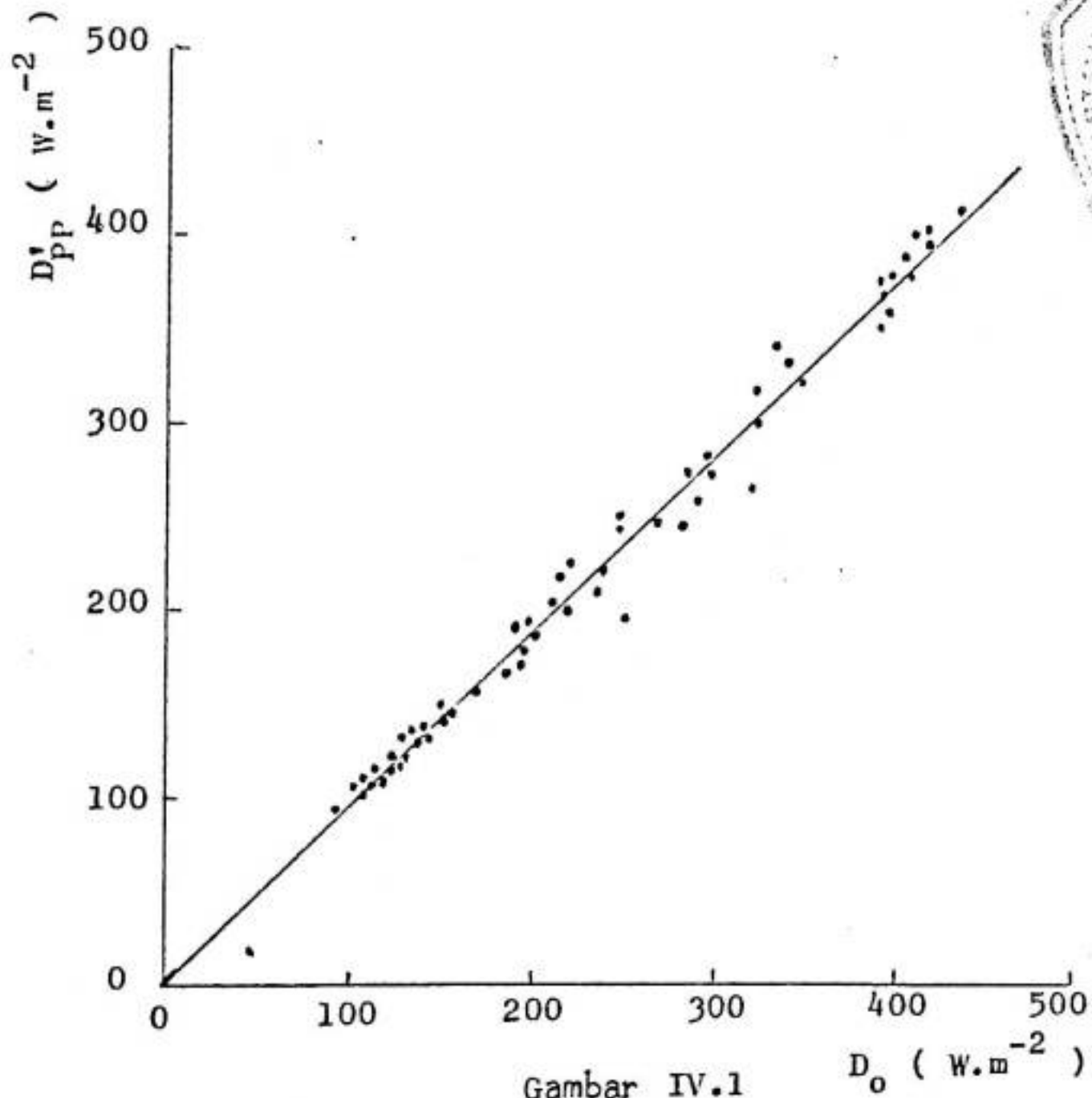
$$b = 0,996 \pm 0,006 , \text{ dan}$$

$$G - D''_{pp} = (0,996 \pm 0,006) L \cos \theta .$$

Hasil ini menunjukkan bahwa komponen datar radiasi langsung lebih baik diukur dengan  $G - D''_{pp}$  dari pada  $G - D'_{pp}$ , karena menurut garis regresi  $G - D''_{pp}$  mendekati radiasi langsung  $L \cos \theta$  dalam batas ketelitian parameter  $b$ , sekaligus deviasi standar  $\sigma$  untuk data  $G - D''_{pp}$  dan  $L \cos \theta$  sedikit lebih kecil dari  $\sigma$  untuk  $G - D'_{pp}$ .

Oleh karena hasil radiasi secara langsung lebih baik dengan memakai  $D''_{pp}$ , maka dapat dianjurkan persamaan koreksi untuk radiasi difus pita pelindung yang kami teliti

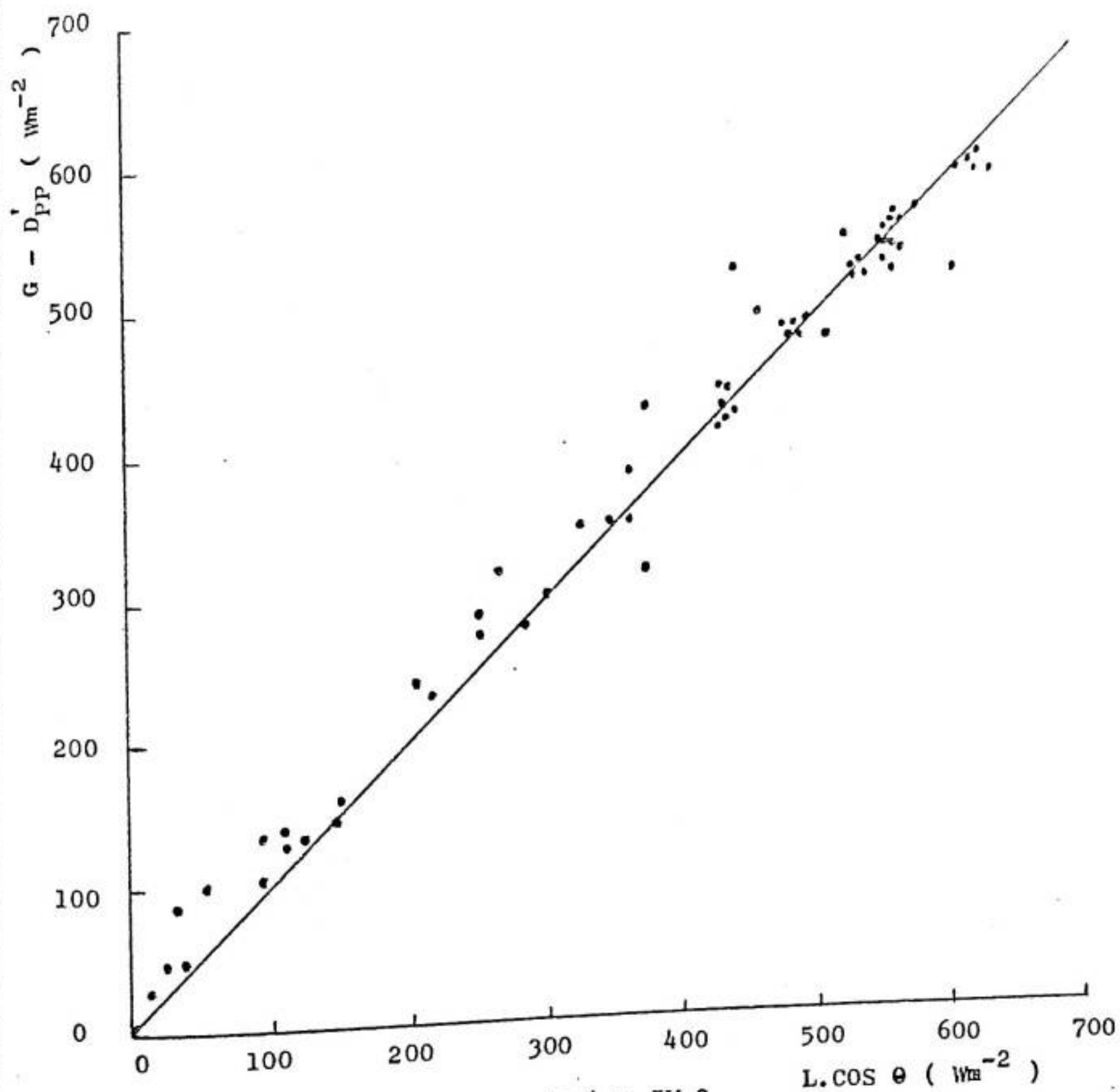
$$D''_{pp} = \frac{1,03 D_{pp}}{1 - \frac{X}{T}}$$



Gambar IV.1

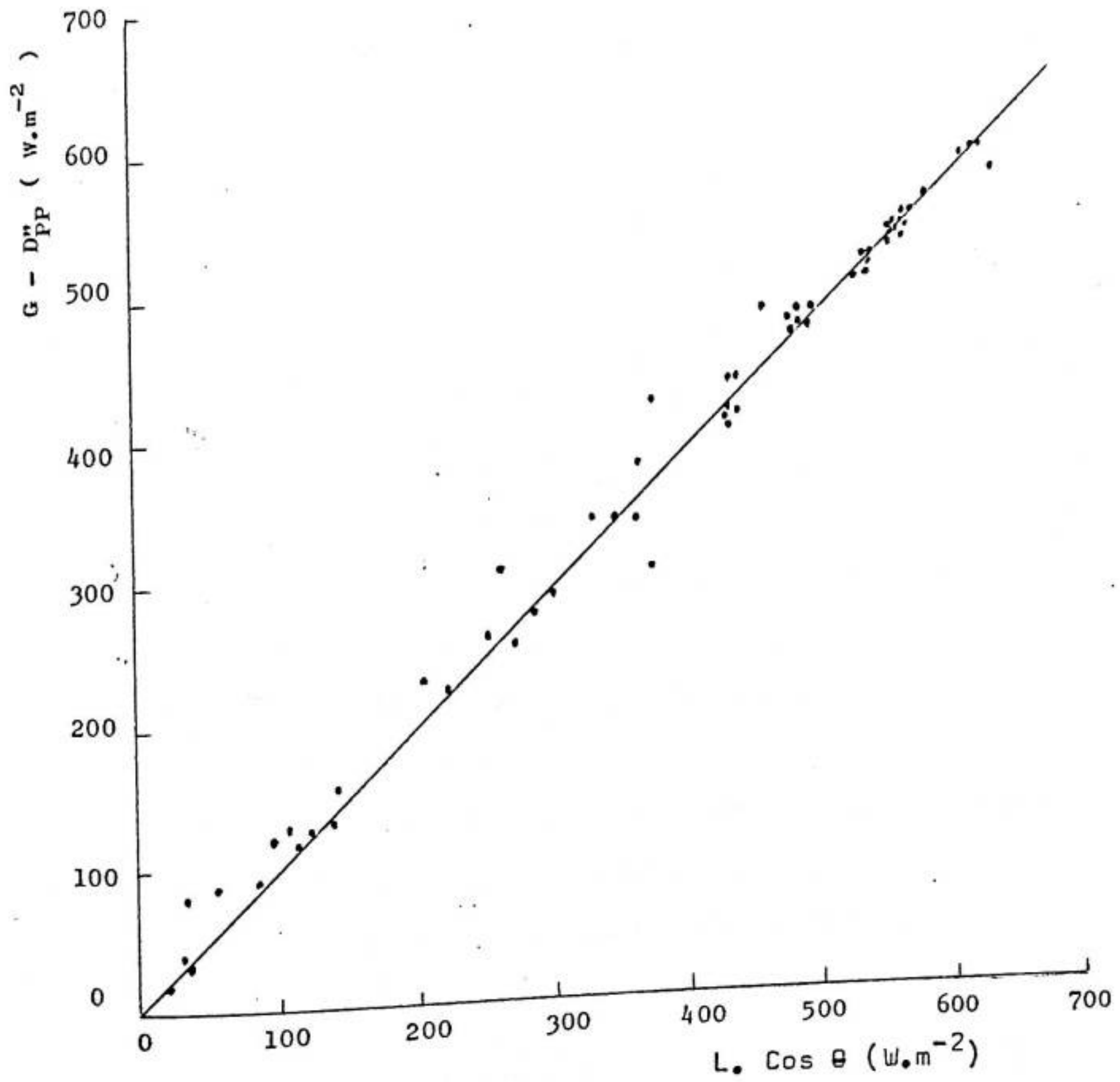
 $D_O ( W \cdot m^{-2} )$ 

Perbandingan antara hasil pengukuran radiasi difus dengan faktor koreksi P.P dan radiasi difus dengan disk kecil.



Gambar IV.2

Perbandingan antara radiasi langsung menurut pengukuran dan perhitungan (tanpa koreksi).



Gambar IV.3  
Perbandingan antara radiasi langsung  
menurut pengukuran dan perhitungan  
(dengan faktor koreksi)

BAB. V  
SIMPULAN DAN SARAN

V.1. Simpulan

Dari hasil analisa data, diperoleh :

- Antara radiasi difus dengan faktor koreksi pita pelindung  $D'_{pp}$  dan radiasi difus dengan disk kecil  $D_o$  terdapat hubungan regresi

$$D'_{pp} = (0,972 \pm 0,006) D_o .$$

- Komponen horizon radiasi langsung dari hasil pengukuran radiasi global dan radiasi difus  $D'_{pp}$  menurut rumus  $G - D'_{pp}$ , tidak menunjukkan perbedaan yang besar dengan pengukuran radiasi langsung secara langsung.
- Bila faktor koreksi pita pelindung diubah menjadi  $1,03/(1 - X/T)$ , maka hasil untuk radiasi difus lebih dekat pada hasil yang terukur dengan disk kecil dengan hasil regresi :

$$D''_{pp} = \frac{1,03 D_{pp}}{(1 - \frac{X}{T})} = (1,001 \pm 0,006), D_o$$

dan hasil untuk komponen horizon radiasi langsung juga lebih baik,

$$G - D''_{pp} = (0,996 \pm 0,006) L \cos \theta .$$

- Pengamatan juga menunjukkan bahwa hasil radiasi difus menurut pita pelindung memiliki deviasi



standar (untuk satu hasil ukur) sebesar  $12 \text{ Wm}^{-2}$ .  
Deviasi pasti akan terjadi bila radiasi difus kurang isotropis, karena faktor koreksi untuk pita pelindung berdasarkan anggapan bahwa radiasi difus adalah isotropis.

- Pita pelindung yang cukup sederhana dengan pengamatan manual ternyata dari penelitian ini hasilnya cukup baik.

#### V.2 Saran

- Melihat prospek sumber energi surya yang cukup menggembirakan, diharapkan setelah penelitian ini, akan ada rekan-rekan dari mahasiswa fisika Universitas Hasanuddin yang melanjutkan penelitian tentang energi surya ini.
- Pendataan untuk radiasi langsung dilaksanakan secara rutin dengan mengambil data radiasi global  $G$  dan radiasi difus agar dapat diketahui kemungkinan pemakaian alat-alat solar energi di daerah ini.
- Mengingat keterbatasan data yang dianalisa dalam penelitian ini, sebaiknya ketelitiannya diuji dengan pengambilan data pada jangka panjang (bulan-bulan yang berbeda deklinasi).

## DAFTAR PUSTAKA

1. Culp, Archie W., "Prinsip-Prinsip Konversi Energi", penterjemah Ir. Darwin Sitompul, M.Eng., Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985.
2. Duffie, J.A. and W.A. Beckman, "Solar Energy Thermal Processes", John Wiley, New York, 1974.
3. Jansen, Ted J., "Solar Engineering Technology", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1985.
4. Lebaron, Brock A., et al., "Correction for Diffuse Irradiance Measured with Shadowbands", Solar Energy, Vol. 25, pp 1-13, 1980.
5. Lubis, "Pembuatan Solarimeter dengan Menggunakan Sel Silikon", Skripsi Jurusan Fisika, F.MIPA-UH, Ujung - Pandang, 1989.
6. Rektorys, RNDR Karel., "Survey of Applicable Mathematics", Iliffe Books, London, 1969.
7. Sariman DP.EMM., "Penentuan Posisi Pusat Gempa Lokal dengan Metode Geiger untuk Model Kerak Bumi Berlapis Mendatar dan Percobaan Penerapannya untuk Daerah Jawa dan Sebagian Sumatra", Skripsi Jurusan Fisika, F.MIPA-UI, Jakarta, 1984.