

UJI FORMULA SWINBANK, SATTERLUND DAN IDSO & JACKSON YANG DIKEMBANGKAN DENGAN FORMULA CRAWFORD-DUCHON PADA PERHITUNGAN INTENSITAS GELOMBANG PANJANG ATMOSFER DI PERMUKAAN

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Fisika



Disusun Oleh :

Jedix Ivander Simamora

08121002043

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2016

LEMBAR PENGESAHAN

**UJI FORMULA
SWINBANK, SATTERLUND, DAN IDSO & JACKSON,
YANG DIKEMBANGKAN
DENGAN FORMULA CRAWFORD - DUCHON,
PADA PERHITUNGAN INTENSITAS
GELOMBANG PANJANG ATMOSFER DI PERMUKAAN**

SKRIPSI

Salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika

Oleh :

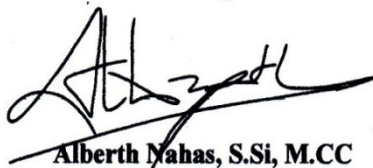
Jedix Ivander Simamora

08121002043

Indralaya, Juni 2016

Menyetujui,

Pembimbing II



Alberth Nahas, S.Si, M.CC

NIP. 198505052008011010

Pembimbing I



Drs. Arsali, M.Sc

NIP. 195710121986031002

Mengetahui

Ketua Jurusan Fisika



Drs. Octavianus C S, M.T.

NIP. 196510011991021001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“ Dan apa saja yang kamu minta dalam Doa dengan penuh kepercayaan, kamu akan menerimanya ”

(Matíus 21 : 22)

Tuhan menaruhmu di tempat sekarang, bukan karena kebetulan. Orang yang hebat tidak dihasilkan melalui kemudahan, kesenangan, dan kenyamanan. Mereka dibentuk melalui kesukaran, tantangan, dan air mata.

PERSEMBAHAN

Puji Tuhan dan terima kasih Yesus, Santa María, Santo Yusuf, Santo Antonius Padua, dan Para Malaikat Kudus Surgawi untuk Kasih dan Anugrah yang luar biasa dalam perjuangan skripsi ini. Karya ini dipersembahkan untuk :

- KemuliaanNya*
- Bapak dan Mamak*
- Kakak dan Adik-adikku*
- Dosen-dosenku*
- Sahabat dan Teman Seperjuangan*
- Almamater Kebanggaan*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena Kasih Setia-Nya yang luar biasa, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Uji Formula Swinbank, Satterlund dan Idso & Jackson yang dikembangkan dengan Formula Crawford-Duchon pada Perhitungan Intensitas Gelombang Panjang Atmosfer di Permukaan**” dengan baik dan tepat waktu.

Penulisan skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains di jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Sesungguhnya dalam penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak sehingga penulisan skripsi ini terselesaikan. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tak luput dari kekeliruan, untuk itu penulis mohon maaf dan menerima saran dan kritik yang dapat membangun. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat terutama untuk kemajuan ilmu sains geofisika bidang atmosfer.

Indralaya, Juni 2016

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan skripsi ini tidak terlepas dari pihak yang telah membantu. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus tiada kata yang terucap selain ucapan syukur atas Kasih dan Kebesaran-Mu. Puji syukur atas segala karunia yang telah Engkau berikan, sehingga penulis berkesempatan melakukan Penelitian Skripsi ini, mulai dari pelaksanaan kegiatan Penelitian hingga penyelesaian Penulisan Skripsi Penelitian ini.
2. Kedua orangtua Bapak Jentus Debataraja dan Ibu Debora Pakpahan, terimakasih atas doa, semangat serta materi yang telah diberikan kepada penulis.
3. Bapak Drs. Arsali, M.Sc dan Bapak Alberth Christian Nahas, S.Si, M.CC selaku pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis sejak awal perencanaan sampai selesainya penulisan skripsi ini.
4. Bapak Drs. Octavianus Cakra Satya, M.T., Ibu Netty Kurniawati, S.Si., M.Si, dan Ibu Erni, S.Si., M.Si selaku pembahas dan penguji yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini.
5. Ibu Dra. Yulinar Adnan, M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik Penulis.
6. Bapak Drs. Octavianus Cakra Satya, M.T., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
7. Dosen-dosen Jurusan Fisika Fakultas MIPA atas bimbingan selama penulis menuntut ilmu di Universitas Sriwijaya.
8. Seluruh staf administrasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
9. Seluruh Staf dan karyawan di *Global Atmosphere Watch (GAW) Station* atau Stasiun Pemantau Atmosfer Global, terletak di Bukit Kototabang, Kabupaten Agam, Sumatera Barat.
10. Kakak terkasih Wenny Fitria Simamora dan Adek-adek terkasih Dodi C Simamora, Rafael Simamora yang telah memberikan perhatian dan semangat dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
11. Teman - teman semua jurusan Fisika dan teman-teman seperjuangan jurusan Fisika angkatan 2012 Universitas Sriwijaya.

12. Semua pihak yang telah membantu demi kelancaran pelaksanaan dan proses penyelesaian penulisan skripsi ini.

Tiada kata yang terindah selain ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk semua pihak yang telah membantu. Tuhan Memberkati.

Salam.

**Uji Formula Swinbank, Idso & Jackson, dan Satterlund, yang
dikembangkan dengan Formula Crawford – Duchon,
pada perhitungan Intensitas Gelombang Panjang Atmosfer
di Permukaan**

oleh

Jedix Ivander Simamora
(Nim : 08121002043)

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sriwijaya,
Indralaya, Sumatera Selatan

ABSTRAK

Perhitungan intensitas panjang gelombang atmosfer di permukaan (LWd) telah banyak dilakukan peneliti sebelumnya dengan menemukan sebuah formula dengan ketetapan empirik. Namundemikian, penelitian tersebut kebanyakan dilakukan di daerah sub tropis. Berdasarkan dari lokasi penelitian tersebut muncul pemikiran untuk menguji formula tersebut di daerah tropis. Uji formula yang dilakukan yaitu *Swinbank, Idso & Jackson*, dan *Satterlund*. Disamping tujuan untuk menguji formula ini, manfaat dalam penelitian ini dapat memperkirakan LWd tanpa melalui alat pengukuran *Pyrgeometer*. Adapun metodologi penelitian ini adalah membandingkan hasil uji Formula dengan hasil alat pengukuran LWd, data periode satu tahun dengan analisa data per tiga bulan, mendapatkan formula yang ideal dalam periode satu tahun dengan uji statistik diantaranya : korelasi, simpangan rata-rata, akar kuadrat simpangan rata, *slope* dan *intercept*. Berdasarkan hasil penelitian ini secara umum dari nilai korelasi, simpangan rata-rata, dan akar kuadrat simpangan rata-rata, Formula yang ideal dalam periode satu tahun adalah Formula *Swinbank*.

Kata Kunci : Swinbank, Idso & Jackson, Satterlund, Parameter LWd, Bukit Kototabang.

**Test of Formula *Swinbank*, *Idso & Jackson*, and *Satterlund*,
developed by Formula *Crawford – Duchon*,
for The calculation of the intensity of
The longwave radiation atmosphere at the surface**

By

Jedix Ivander Simamora
(Nim : 08121002043)

Physics Major, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Inderalya, South Sumatera

ABSTRACT

The calculation of the intensity of the longwave radiation atmosphere at the surface (LWd) has been previously studied to find an empirical formulation. However, most of these studies were conducted in the sub-tropical region. The main aim of this research is Based on the location of the research that has never been tested in the tropics. The Tested formula are *Swinbank*, *Idso & Jackson*, and *Satterlund*. In order to test this formula, the benefits of this research can be to estimate LWd without a measurement tool like *Pyrgeometer*. The methodology of this study was comparing the test results formula with the results of measurement tools LWd, collected from a one-year period of data with data analysis every three months, in order to get the ideal formula in a period of one year some statistical tests are employed, which are correlation , Mean Bias Error, Root Mean Square Error, Slope and Intercept. Based on these results generally from the correlation value, Mean Bias Error, and Root Mean Square Error, the ideal formula is *Swinbank* .

Key Words : *Swinbank*, *Idso & Jackson*, *Satterlund*, LWd, Bukit Kototabang.

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

MOTTO & PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR ISTILAH.....	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3

BAB II TINJUAN PUSTAKA

2.1 Keseimbangan Energi (<i>Energy Budget</i>).....	4
2.2 Radiasi Matahari.....	5
2.2.1 Gelombang Pendek Atmosfer (<i>Shortwave Radiation Downward</i>).....	5
2.2.2 Gelombang Panjang Atmosfer (<i>Longwave Radiation Downward</i>).....	6
2.3 Hukum Pergeseran Wien.....	7

2.4 Pengukuran LWd (<i>Longwave Radiation Downward</i>)	
secara intrumen.....	7
2.4.1 Prinsip Kerja Alat.....	7
2.5 Formula yang diujikan.....	9
2.5.1 Formula <i>Swinbank</i>	9
2.5.2 Formula <i>Idso & Jackson</i>	9
2.5.3 Formula <i>Satterlund</i>	10

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
3.2 Data.....	11
3.2.1 Pengolahan Data.....	11
3.2.2 Instrumen Pengukuran pada masing-masing parameter.....	12
3.3 Penentuan Clf.....	12
3.3.1 Mendeskripsikan keadaan langit dengan tutupan awan- berdasarkan perbandingan nilai Clf Perhitungan dengan indeks kecerahan awan.....	14
3.4 Penentuan Emisivitas yang dikembangkan dengan Clf.....	14
3.5 Penentuan LWd Perhitungan.....	15
3.6 Penentuan Formula ideal dengan Uji Statistik.....	16
3.7 Flowchart Penelitian.....	19

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil	20
4.1.1 Periode Desember - Januari - Februari (D.J.F).....	20
4.1.2 Periode Maret - April - Mei (M.A.M).....	23
4.1.3 Periode Juni – Juli - Agustus (J.J.A).....	26
4.1.4 Periode September - Oktober - November (S.O.N).....	29
4.1.5 Nilai Clf (<i>Cloud Fraction</i>).....	32
4.1.6 Nilai LWd Observasi.....	32
4.2 Pembahasan	33

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan.....	36
5.2 Saran.....	37

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram KT'09: "Earth's Global Energy Budget".....	4
Gambar 2.2 Spektrum Gelombang <i>Longwave Radiation</i> dan <i>Shortwave Radiation</i>	5
Gambar 2.3 Kawat logam pada alat <i>Thermoelectric</i>	8
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	8
• Periode Desember 2012 & 2013 – Januari 2013 – Februari 2013	
Gambar 4.1 Grafik LWd (P) Formula <i>Swinbank</i> , <i>Satterlund</i> , dan <i>Idso & Jackson</i> terhadap LWd (O) tanpa koreksi.....	20
Gambar 4.2 Grafik <i>Slope</i> dan <i>Intercept</i> dari LWd (P) Formula <i>Swinbank (a)</i> , <i>Idso & Jackson (b)</i> , <i>Satterlund (c)</i> terhadap LWd (O) tanpa koreksi.....	21
Gambar 4.3 Grafik LWd (P) Formula <i>Swinbank</i> , <i>Satterlund</i> , dan <i>Idso & Jackson</i> terhadap LWd (O) yang telah terkoreksi.....	22
• Periode Maret 2013 – April 2013 – Mei 2013	
Gambar 4.4 Grafik LWd (P) Formula <i>Swinbank</i> , <i>Satterlund</i> , dan <i>Idso & Jackson</i> terhadap LWd (O) tanpa koreksi.....	23
Gambar 4.5 Grafik <i>Slope</i> dan <i>Intercept</i> dari LWd (P) Formula <i>Swinbank (a)</i> , <i>Idso & Jackson (b)</i> , <i>Satterlund (c)</i> terhadap LWd (O) tanpa koreksi.....	24
Gambar 4.6 Grafik LWd (P) Formula <i>Swinbank</i> , <i>Satterlund</i> , dan <i>Idso & Jackson</i> terhadap LWd (O) yang telah terkoreksi.....	25

- **Periode Juni 2013 – Juli 2013 – Agustus 2013**

Gambar 4.7 Grafik LWd (P) Formula Swinbank, Satterlund,
dan Idso & Jackson terhadap LWd (O) tanpa koreksi.....26

Gambar 4.8 Grafik *Slope* dan *Intercept* dari LWd (P)
Formula Swinbank (a), Idso & Jackson (b), Satterlund (c)
terhadap LWd (O) tanpa koreksi.....27

Gambar 4.9 Grafik LWd (P) Formula Swinbank, Satterlund, dan
Idso & Jackson terhadap LWd (O) yang telah terkoreksi.....28

- **Periode September 2013 – Oktober 2013 – November 2013**

Gambar 4.10 Grafik LWd (P) Formula Swinbank, Satterlund,
dan Idso & Jackson terhadap LWd (O) tanpa koreksi.....29

Gambar 4.11 Grafik *Slope* dan *Intercept* dari LWd (P)
Formula Swinbank (a), Idso & Jackson (b), Satterlund (c)
terhadap LWd (O) tanpa koreksi.....30

Gambar 4.12 Grafik LWd (P) Formula Swinbank, Satterlund, dan
Idso & Jackson terhadap LWd (O) yang telah terkoreksi.....31

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Panjang gelombang dari komponen penyusun gelombang pendek	6
Tabel 3.1 Penggunaan Data Parameter Pengamatan.....	11
Tabel 3.2 Nama Instrumen pengukuran parameter	12
Tabel 3.3 Indeks Kecerahan Awan.....	14
Tabel 4.1 Nilai LWd Perhitungan ketiga Formula Periode D – J – F	20
Tabel 4.2 Nilai MBE dan RMSE ketiga Formula Periode D – J – F	20
Tabel 4.3 Nilai Korelasi, Slope, & Intercept ketiga Formula Periode D – J – F	21
Tabel 4.4 Nilai Korelasi, MBE, RMSE terkoreksi Periode D – J – F.....	22
Tabel 4.5 Nilai LWd Perhitungan ketiga Formula Periode M – A – M	23
Tabel 4.6 Nilai MBE dan RMSE ketiga Formula Periode M – A – M	23
Tabel 4.7 Nilai Korelasi, Slope, & Intercept ketiga Formula Periode M – A – M	24

Tabel 4.8 Nilai Korelasi, MBE, RMSE terkoreksi Periode M – A – M.....	25
Tabel 4.9 Nilai LWd Perhitungan ketiga Formula Periode J – J – A	26
Tabel 4.10 Nilai MBE dan RMSE ketiga Formula Periode J – J – A	26
Tabel 4.11 Nilai Korelasi, Slope, & Intercept ketiga Formula Periode J – J – A	27
Tabel 4.12 Nilai Korelasi, MBE, RMSE terkoreksi Periode J – J – A.....	28
Tabel 4.13 Nilai LWd Perhitungan ketiga Formula Periode S – O – N	29
Tabel 4.14 Nilai MBE dan RMSE ketiga Formula Periode S – O – N	29
Tabel 4.15 Nilai Korelasi, Slope, & Intercept ketiga Formula Periode S – O – N	30
Tabel 4.16 Nilai Korelasi, MBE, RMSE terkoreksi Periode S – O – N.....	31
Tabel 4.17 Nilai Clf dan Intensitas Keadaan Awan.....	32
Tabel 4.18 Nilai LWd Observasi.....	32

DAFTAR ISTILAH

1. LWd = *Atmospheric downward longwave radiation* atau Radiasi Gelombang Panjang Atmosfer
2. LWd (P) = LWd Perhitungan
3. LWd (O) = LWd Observasi
4. Periode D – J – F = Periode Desember – Januari – Februari
5. Periode M – A – M = Periode Maret – April – Mei
6. Periode J – J – A = Periode Juni – Juli – Agustus
7. Periode S – O – N = Periode September – Oktober – November
8. SWd = *Atmospheric downward shortwave radiation* atau Radiasi Gelombang Pendek Atmosfer
9. Clf = *Cloud Fraction*
10. MBE = *Mean Bias Error* atau Simpangan Rata-rata
11. RSME = *Root Mean Square Error* atau Akar Kuadrat Simpangan Rata-rata

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya perhitungan intensitas gelombang panjang atmosfer di Permukaan (*Longwave Radiation Downward*) menggunakan alat yang dinamakan *Pyrgeometer*. Namun, di setiap stasiun pengamatan iklim dan cuaca tidak banyak yang memiliki alat tersebut dikarenakan mahal untuk dioperasikan di stasiun pengamatan. Oleh karena itu pengukuran intensitas gelombang panjang atmosfer dipermukaan pada stasiun pengamatan sulit dilakukan. Karena keterbatasan alat tersebut, maka dilakukanlah penelitian perhitungan untuk mengukur intensitas gelombang panjang atmosfer di permukaan.

Adapun para peneliti sebelumnya telah melakukan pengukuran gelombang panjang atmosfer di permukaan teresterial bumi dengan cara merumuskan sebuah formula yang tujuannya untuk mengukur panjang gelombang atmosfer tanpa menggunakan alat *Pyrgeometer*. Penelitian ini telah banyak dilakukan di daerah subtropis. Formula yang telah dirumuskan itu dan yang akan dibahas dalam tulisan skripsi ini adalah Formula *Swinbank*, *Idso & Jackson*, dan *Satterlund*.

Ketiga formula yang dirumuskan tersebut memiliki tempat yang berbeda-beda dalam merumuskan formula-formula tersebut dan memiliki nilai ketetapan *empiric* yang didapatkan dari uji tempat lokasi formula dirumuskan. Pada Formula *Swinbank* yang dirumuskan pada tahun 1963 di uji di lokasi Benson, Inggris dengan mengembangkan data yang telah dirumuskan oleh Dines pada tahun 1921 (*Swinbank, 1963*). Kemudian pada Formula *Idso & Jackson* di rumuskan pada tahun 1969 di lokasi Alaska, Arizona, Australia, dan Samudera Hindia (*Idso dan Jackson, 1969*) dan pada Formula *Satterlund* yang dirumuskan tahun 1979 yang perumusan Formulanya dengan menganalisis ulang data *Idso & Jackson* dan *Brutsaert* (*Satterlund, 1979*).

Namun untuk daerah tropis, ketiga formula tersebut belum ada yang menguji untuk menghitung gelombang panjang atmosfer di permukaan. Dari alasan tersebut maka uji Formula dilakukan di daerah tropis, yang dimana uji lokasinya di stasiun pemantau atmosfer global (GAW) Bukit Kototabang sumatera barat.

Alasannya, posisi stasiun tersebut berada disekitar garis ekuator, data yang dimiliki stasiun tersebut panjang dari segi waktu pengukuran, serta instrument pengukuran untuk LWd lengkap sebagai data pembanding terhadap data perhitungan.

Dalam uji Formula ini menggunakan data pengukuran Parameter meteorologis yang lazim dipermukaan, yakni : Tekanan, Suhu, dan Kelembapan udara serta data pengukuran *Shortwave radiation* (SWd) dan *Longwave radiation* (LWd). Kalau rentang datanya dimulai pada Periode bulan Desember 2012 sampai Desember 2013.

Adapun tujuan pelaksanaan dalam penelitian ini untuk melakukan uji validitas Formula *Swinbank*, *Idso & Jackson* dan *Satterlund* di daerah tropis dengan cara membandingkan hasil uji Formula tersebut terhadap LWd pengukuran yang diperoleh dari Stasiun GAW Bukit Kototabang.

Struktur isi penulisan skripsi ini terdiri dari : BAB I sebagai Pendahuluan, BAB II sebagai Tinjauan Pustaka, BAB III sebagai Metodologi Penelitian, BAB IV sebagai Hasil dan Pembahasan, BAB V sebagai Kesimpulan dan Saran, Daftar Pustaka, dan terakhir Lampiran.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam penelitian ini adalah menghasilkan pola grafik LWd Pengukuran yang dibandingkan dengan LWd Perhitungan pada masing-masing Formula *Swinbank*, *Idso & Jackson*, dan *Satterlund* yang dikembangkan dengan Formula *Crawford-Duchon*.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Melakukan perhitungan nilai LWd melalui Formula *Swinbank*, *Satterlund*, dan *Idso & Jackson* yang dikembangkan dengan *Crawford – Duchon*.
2. Membandingkan nilai LWd hasil perhitungan pada masing-masing formula yang diujikan terhadap nilai LWd Pengukuran.
3. Memperoleh Formula terbaik berdasarkan hasil nilai dari Uji Parameter Statistik yang digunakan.

4. Melakukan kajian terhadap parameter yang mempengaruhi hasil perhitungan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui validitas hasil perhitungan masing-masing Formula terhadap hasil pengukuran lapangan.
2. Dengan uji Formula *Swinbank*, *Idso & Jackson*, dan *Satterlund*, LWd dapat diperkirakan tanpa harus melalui pengukuran.

1.5 Batasan Masalah

1. Pada penelitian ini, hasil perhitungan uji Formula *Swinbank*, *Idso & Jackson*, dan *Satterlund* yang dikembangkan dengan Formula *Crawford-Duchon* hanya dapat diuji di lokasi pengamatan, sehingga hasil LWd melalui perhitungan pada masing-masing Formula hanya bersifat Lokal.
2. Hasil Formula yang ideal pada penelitian ini tidak mewakili periode tahun yang lain. Artinya, tiap tahun berbeda Formula idealnya.
3. Hasil LWd perhitungan pada masing-masing Formula berlaku dari pukul 00:00 – 11:00 UTC
4. Nilai Clf hanya diperoleh dari hasil perhitungan dari Formula *Crawford-Duchon* yang dibandingkan terhadap index kecerahan awan sebagai acuan untuk menggambarkan keadaan awan di langit bukan di bandingkan terhadap nilai Clf yang diperoleh dari hasil pengukuran alat di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsali, Oktavianus,C.S., dan Hamdi, S, 2014. *Uji Formula Brutsaert – Crawford(BC) Pada Perhitungan Radiasi Gelombang Panjang Atmosfer*. Bali : SIMPOSIUM FISIKA NASIONAL 2014 (SFN XXVII).
- Crawford, T dan Duchon, C. 1998. *Improved Parameterization for Estimating Effective Atmospheric Emissivity for Use in Calculating Daytime Downwelling Longwave Radiation*. Oklahoma : School of Meteorology University of Oklahoma.
- Idso, S dan Jackson, R., 1969. *Thermal Radiation from the Atmosphere*. Arizona : Water Conservation Laboratory, Phoenix.
- Iqbal, M. 1983. *An Introduction To Solar Radiation*. Canada : Department of Mechanical Engineering The University of British Columbia.
- Mora, V., 2011. *Atmospheric Downwelling Longwave Radiation at the Surface During Cloudless and Overcast Conditions, Measurements and Modeling*. Italia : Universitat de Girona.
- Satterlund, D., 1979. *An Improved Equation for Estimating LongWave Radiation*. Washington : Department of Forestry and Range Management, Washington State University.
- Smith, W., 1996. *Note On the Relationship Between Total Precipitable Water and Surface Dew Point*. Madison : University of Wisconsin.
- Swinbank, W., 1963. *Longwave Radiation from Clear Skies*. Australia : Division of Meteorological Physics, Aspendale.