

ANALISA PENGARUH TEKANAN UDARA DAN TEMPERATUR TERHADAP REFRAKSI ATMOSFER PADA PERHITUNGAN TINGGI

Dita Ayu Pibrianti , Chatarina Nurjati S , dan Danar Guruh P

Prodi Teknik Geomatika ITS, Kampus Sukolilo, Surabaya 60111

Abstrak

Salah satu kesalahan sistematik yang terjadi pada pengukurun tinggi metode sipat datar adalah kesalahan karena adanya refraksi atmosfer. Kesalahan refraksi atmosfer terjadi karena cahaya atau gelombang elektromagnetik melalui udara yang kerapatannya berbeda. Kerapatan udara dipengaruhi oleh tekanan udara dan temperatur yang berubah dengan ketinggian di atmosfer. Perlu adanya penelitian untuk mengetahui pengaruh besarnya temperatur dan tekanan terhadap refraksi atmosfer yang terjadi pada pengukuran tinggi metode sipat datar.

Data yang diperlukan dalam penelitian adalah data pengukuran yang terdiri dari data jarak, beda tinggi, temperatur dan tekanan udara. Data-data tersebut diolah sehingga didapatkan nilai refraksi atmosfer setiap pengukuran dan dapat digambarkan dalam grafik. Analisa yang digunakan adalah analisa regresi linear berganda.

Hasil dari penelitian yang berupa grafik menunjukkan bahwa nilai rata-rata refraksi atmosfer yang terjadi pada pengukuran siang hari lebih besar daripada pengukuran pagi atau sore hari. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya refraksi atmosfer berbanding lurus dengan temperatur dan tekanan udara. Hasil dari analisa regresi linear berganda menunjukkan nilai koefisien korelasi linier berganda antara refraksi dengan temperatur dan tekanan pada daerah yang relatif datar adalah sebesar 0,021 sedangkan untuk daerah yang relatif bergelombang adalah sebesar 0,076. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh temperatur dan tekanan udara terhadap refraksi atmosfer pada pengukuran tinggi adalah sangat lemah atau dianggap tidak ada.

Kata Kunci : Refraksi atmosfer, temperatur, tekanan udara, koefisien korelasi linier berganda

PENDAHULUAN

Salah satu kesalahan yang terjadi pada pengukurun tinggi adalah kesalahan sistematik yang dikarenakan adanya refraksi atmosfer. Besarnya pengaruh refraksi atmosfer pada pengukuran tinggi dapat dihitung dengan formula matematika yang telah ditentukan. Kesalahan refraksi atmosfer terjadi karena cahaya atau gelombang elektromagnetik melalui udara yang kerapatannya berbeda. Hal itu dipengaruhi oleh tekanan atmosfer dan jumlah kandungan air, yang mana berubah dengan ketinggian di atmosfer. Penelitian ini akan mencari pengaruh refraksi atmosfer pada pengukuran tinggi metode sipat datar.

Perumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh tekanan udara dan temperatur terhadap besarnya refraksi atmosfer pada pengukuran tinggi dengan metode sipat datar.

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah, metode pengukuran yang digunakan adalah pengukuran tinggi dengan sipat datar, pengukuran dilaksanakan di daerah kampus ITS dan Desa Puspo Kecamatan Puspo Kabupaten Pasuruan, pengukuran tinggi dilakukan dengan penambahan pengukuran temperatur dan tekanan udara, pengukuran tinggi dilakukan dengan menggunakan rambu ukur yang dilengkapi dengan meteran jahit atau penggaris untuk bacaan milimeternya. Sebagai pembanding dilakukan pengukuran ulang dengan menggunakan rambu ukur yang dilengkapi bacaan mikrometer dan nivo, pada pengukuran tinggi ini, jarak antar titik rata-rata tidak lebih dari 100 meter.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh temperatur dan tekanan udara terhadap refraksi atmosfer pada pengukuran tinggi dengan metode sipat datar.

METODOLOGI PENELITIAN

Wilayah pengukuran pada penelitian ini ada dua tempat, yaitu di kampus ITS Sukolilo Surabaya dan di Desa Puspo kecamatan Puspo Kabupaten Pasuruan.

Alat

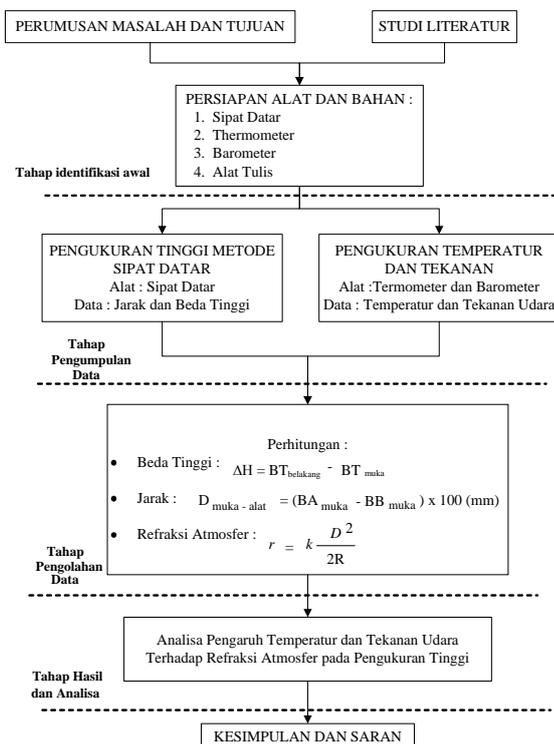
Tahap pengukuran adalah sebagai berikut :

1. Waterpas Wild NAK 1 buah
2. Rambu Ukur 2 buah
3. Mikrometer Target 2 buah
4. Rol meter 1 buah
5. Statif 1 buah
6. Nivo 2 buah
7. Termometer 2 buah
8. Barometer 1 buah

Tahap Pengolahan, adalah 1 unit *Notebook*, Microsoft Office 2003 untuk penulisan laporan, Microsoft Excel 2003 untuk pengolahan data ukur, Minitab untuk analisa dengan regresi linear.

Data

1. Data Bacaan Sipat Datar (BA, BB dan BT)
2. Data Temperatur dan Tekanan



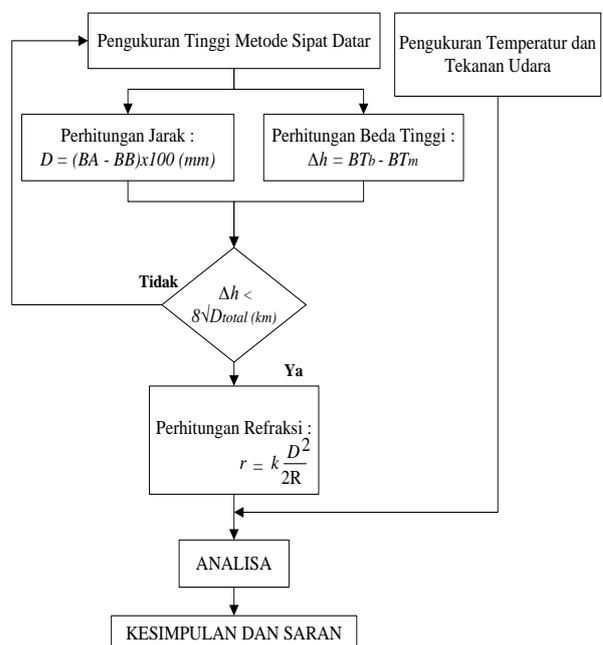
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahap Pengukuran

Pengukuran dilaksanakan dengan metode sipat datar memanjang pulang pergi yaitu :

1. Pengukuran di ITS dilaksanakan selama 4 hari pada tanggal 4 Juni – 7 Juni 2008 pada pukul 09.00 - 17.00 WIB dengan total jarak rata-rata sama dengan 5,050 km, terdiri dari 1 kring tertutup yang terbagi menjadi 4 seksi.
2. Pengukuran di Desa Puspo Pasuruan yang dilaksanakan selama 3 hari pada tanggal 21 Juni – 23 Juni 2008 pada pukul 07.00 – 17.00 WIB dengan total jarak rata-rata 1,377 km, terdiri dari satu kring tertutup yang terbagi menjadi 3 seksi.
3. Pengukuran di kampus ITS dilaksanakan 2 hari pada tanggal 30 – 31 Agustus 2008 pada pukul 09.00-17.00 , dalam pengukuran ini rambu yang digunakan adalah rambu yang dilengkapi mikrometer dan nivo agar bacaannya lebih teliti. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan beda tinggi pengukuran yang pertama (Tidak dengan rambu mikrometer dan nivo) dengan beda tinggi hasil bacaan rambu yang dilengkapi mikrometer dan nivo.

Tahap Pengolahan Data



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

Tahap Analisa Data

Analisa Besarnya Refraksi Atmosfer Setiap Pengukuran, nilai refraksi maksimum dan minimum yang terjadi di setiap pengukuran disajikan dalam tabel sehingga terlihat refraksi yang paling besar dan paling kecil pada satu kring pengukuran.

Analisa Besarnya Refraksi Atmosfer Berdasarkan Waktu Pengukuran, data-data refraksi atmosfer dalam satu kring pengukuran dikelompokkan menjadi 3 waktu, yaitu :

1. Pengukuran yang dilakukan pada pukul 07.00-10.00 merupakan pengukuran pagi.
2. Pengukuran yang dilakukan pada pukul 10.00-14.00 merupakan pengukuran siang.
3. Pengukuran yang dilakukan pada pukul 14.00-17.00 merupakan pengukuran sore.

Analisa Pengaruh Temperatur dan Tekanan Udara Terhadap Refraksi Atmosfer Dengan Regresi Linear Berganda, analisa menggunakan regresi linear ini digunakan untuk mengetahui atau mengukur ada atau tidaknya korelasi antarvariabel. Analisa ini diolah menggunakan minitab.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran di ITS

Tabel 1. Hasil Pengolahan Data Satu Kring

	Jarak total (m)	Beda tinggi (m)	Refraksi rata-rata (m)
Pergi 1	5051,8	0,007	$2,67729 \times 10^{-5}$
Pergi 2	5049,1	0,008	$2,67442 \times 10^{-5}$
Pulang 1	5055,4	0,001	$2,67603 \times 10^{-5}$
Pulang 2	5055,5	0,004	$2,66842 \times 10^{-5}$

Jarak rata-rata = 5052,95 m
 Beda Tinggi rata-rata = 0,0025 m
 Refraksi Rata-Rata Pergi = $2,676 \times 10^{-5}$
 Refraksi Rata-Rata Pulang = $2,672 \times 10^{-5}$

Kesalahan Penutup Tinggi :
 Tinggi akhir = Tinggi awal jadi selisihnya 0
 Tinggi akhir - Tinggi awal = $\sum \Delta H$ rata-rata - k
 0 = 0,0025 - kesalahan
 Kesalahan = 0,0025 m

Toleransi diperoleh dari rumus :

$$\begin{aligned} \text{Toleransi} &< 8mm\sqrt{D}_{km} \\ &< 8mm\sqrt{5,05295} \\ &< 17,98301421 \text{ mm} = 0,017 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena 0,0025 m < 0,017 maka hasil pengukuran memenuhi toleransi.

Pengukuran di Desa Puspo

Tabel 2. Hasil Pengolahan Data Satu Kring

	Jarak total (m)	Beda tinggi (m)	Refraksi rata-rata(m)
Pergi 1	1375,4	0,009	$1,9011 \times 10^{-6}$
Pergi 2	1375,5	0,01	$1,9004 \times 10^{-6}$
Pulang 1	1377,6	-0,009	$1,9002 \times 10^{-6}$
Pulang 2	1379,2	-0,007	$1,9010 \times 10^{-6}$

Jarak rata-rata = 1376,925 m
 Beda Tinggi rata-rata = 0,00875 m
 Refraksi Rata-Rata Pergi = $1,9007 \times 10^{-6}$
 Refraksi Rata-Rata Pulang = $1,9006 \times 10^{-6}$

Kesalahan Penutup Tinggi :

Tinggi akhir = Tinggi awal jadi selisihnya 0
 Tinggi akhir - Tinggi awal = $\sum \Delta H$ rata-rata - k
 0 = 0,00875 - kesalahan
 kesalahan = 0,00875 m

Toleransi diperoleh dari rumus :

$$\begin{aligned} \text{Toleransi} &< 8mm\sqrt{D}_{km} \\ &< 8mm\sqrt{1,376925} \\ &< 9,387396 \text{ mm} = 0,009 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena 0,00875 m < 0,009 m maka hasil pengukuran memenuhi toleransi.

Pengukuran di ITS dengan Mikrometer

Tabel 3. Perbedaan Beda Tinggi Seksi 1 antara Pengukuran Tanpa Mikrometer dengan Menggunakan Mikrometer

Seksi 1	Beda Tinggi Tanpa Mikrometer (m)	Beda Tinggi Dengan Mikrometer (m)
Pergi 1	-0,009	-0,008
Pergi 2	-0,008	-0,007
Pulang 1	0,01	0,008
Pulang 2	0,012	0,009

Tabel 4. Perbedaan Bada Tinggi Seksi 2 antara Pengukuran Tanpa Mikrometer dengan Menggunakan Mikrometer

Seksi 2	Beda Tinggi Tanpa Mikrometer (m)	Beda Tinggi Dengan Mikrometer (m)
Pergi 1	-0,469	-0,468
Pergi 2	-0,468	-0,468
Pulang 1	0,47	0,471
Pulang 2	0,471	0,473

Analisa Besarnya Refraksi Atmosfer Setiap Pengukuran

Pengukuran di ITS

Refraksi tertinggi terjadi pada pengukuran pergi 1 seksi 1 sebesar $7,66 \times 10^{-5}$ yang diukur pada suhu lapangan sebesar 35°C dan tekanan udara sebesar 762 mmHg sedangkan refraksi terendah terjadi pada pengukuran pergi 2 seksi 3 sebesar $1,04 \times 10^{-6}$ yang diukur pada suhu lapangan sebesar 32°C dan tekanan udara sebesar 758 mmHg.

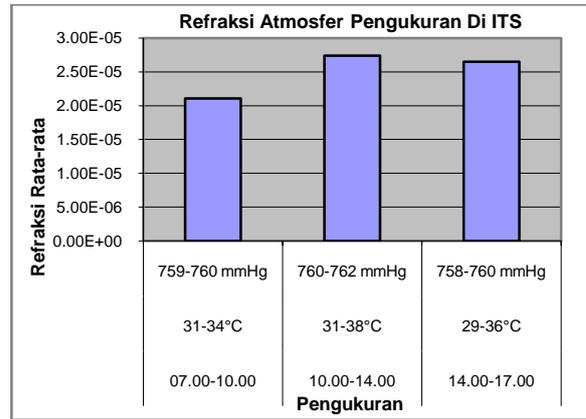
Pengukuran di Desa Puspo

Refraksi tertinggi terjadi pada pengukuran pergi 2 seksi 1 sebesar $7,97 \times 10^{-6}$ yang diukur pada suhu lapangan sebesar 33°C dan tekanan udara sebesar 712 mmHg sedangkan refraksi terendah terjadi pada pengukuran pergi 1 seksi 2 sebesar $1,43 \times 10^{-7}$ yang diukur pada suhu lapangan sebesar 27°C dan tekanan udara sebesar 710 mmHg.

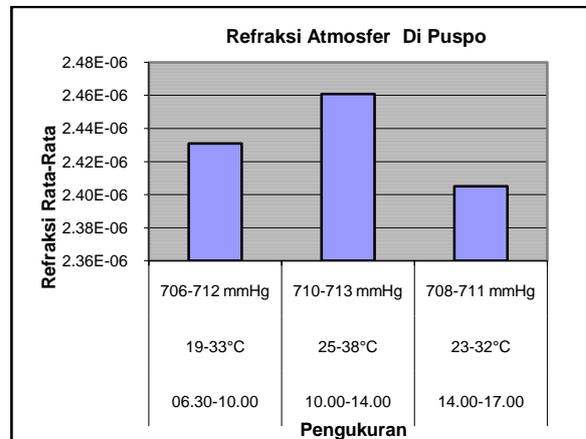
Pengukuran dengan Mikrometer Target

Refraksi tertinggi terjadi pada pengukuran pulang 1 seksi 1 sebesar $4,37 \times 10^{-5}$ yang diukur pada suhu lapangan sebesar 33°C dan tekanan udara sebesar 761 mmHg sedangkan refraksi terendah terjadi pada pengukuran pulang 2 seksi 1 sebesar $4,81 \times 10^{-6}$ yang diukur pada suhu lapangan sebesar $33,5^{\circ}\text{C}$ dan tekanan udara sebesar 761 mmHg.

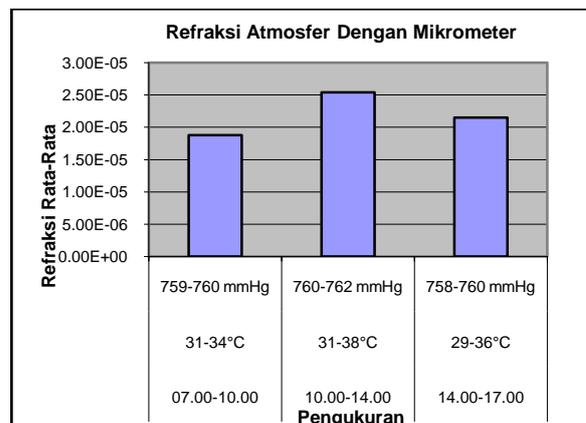
Analisa Besarnya Refraksi Atmosfer Berdasarkan Waktu Pengukuran



Gambar 3. Refraksi Atmosfer Pengukuran di ITS



Gambar 4. Refraksi Atmosfer Pengukuran di Desa Puspo



Gambar 5. Refraksi Atmosfer Pengukuran dengan Mikrometer

Berdasarkan ketiga grafik di atas terlihat bahwa besarnya refraksi atmosfer yang terjadi pada pengukuran siang lebih besar daripada refraksi atmosfer pada pengukuran pagi atau sore hari. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan tekanan udara maka semakin besar refraksi dan sebaliknya menurunnya suhu dan tekanan udara maka refraksi menurun juga.

Analisa Pengaruh Temperatur dan Tekanan Udara Terhadap Refraksi Atmosfer Dengan Regresi Linear Berganda

Regresi Linear dalam analisa ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel terikat (y) dengan variabel bebasnya (x_1 dan x_2). Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah refraksi atmosfer (y) sedangkan variabel bebasnya adalah temperatur (x_1) dan tekanan udara (x_2).

Pengukuran di ITS, data refraksi atmosfer, temperatur dan tekanan udara yang diperoleh pada saat pengukuran di ITS dapat menghasilkan persamaan regresi linear sebagai berikut :

$$y = -0,000255 + 0,00000059 x_1 + 0,00000034 x_2$$

Persamaan di atas dapat diartikan :

- Nilai $-0,000255$ menunjukkan bahwa tanpa adanya pengaruh temperatur dan tekanan udara maka besarnya refraksi atmosfer adalah sebesar $-0,000255$.
- Nilai $+0,00000059$ menunjukkan bahwa hubungan antara temperatur dan refraksi atmosfer adalah positif, hal ini berarti setiap kenaikan temperatur sebesar 1% akan menyebabkan refraksi naik sebesar $0,00000059\%$ dan sebaliknya (Saat x_2 bernilai konstan).
- Nilai $+0,00000034$ menunjukkan bahwa hubungan antara tekanan udara dan refraksi atmosfer adalah positif, hal ini berarti setiap kenaikan temperatur sebesar 1% akan menyebabkan refraksi naik sebesar $0,00000034\%$ dan sebaliknya (Saat x_1 bernilai konstan).

Pengolahan data pengukuran di ITS dengan regresi linear menghasilkan nilai koefisien korelasi linier berganda sebesar $0,021$. Hal ini dapat diartikan bahwa naik turunnya refraksi atmosfer

yang disebabkan oleh temperatur dan tekanan udara adalah $2,1\%$.

Pengukuran di Desa Puspo, data refraksi atmosfer, temperatur dan tekanan udara yang diperoleh pada saat pengukuran di Desa Puspo dapat menghasilkan persamaan regresi linear sebagai berikut :

$$y = 0,000312 + 0,00000024 x_1 - 0,00000045 x_2$$

Persamaan di atas dapat diartikan :

- Nilai $0,000312$ menunjukkan bahwa tanpa adanya pengaruh temperatur dan tekanan udara maka besarnya refraksi atmosfer adalah sebesar $0,000312$.
- Nilai $+0,00000024$ menunjukkan bahwa hubungan antara temperatur dan refraksi atmosfer adalah positif, hal ini berarti setiap kenaikan temperatur sebesar 1% akan menyebabkan refraksi naik sebesar $0,00000024\%$ dan sebaliknya (Saat x_2 bernilai konstan).
- Nilai $-0,00000045$ menunjukkan bahwa hubungan antara tekanan udara dan refraksi atmosfer adalah negatif, hal ini berarti setiap kenaikan temperatur sebesar 1% akan menyebabkan refraksi turun sebesar $0,00000045\%$ dan sebaliknya (Saat x_1 bernilai konstan).

Pengolahan data pengukuran di ITS dengan regresi linear menghasilkan nilai koefisien korelasi linier berganda sebesar $0,076$. Hal ini dapat diartikan bahwa naik turunnya refraksi atmosfer yang disebabkan oleh temperatur dan tekanan udara adalah $7,6\%$.

KESIMPULAN

- Rata-rata refraksi atmosfer yang terjadi pada saat pengukuran pergi nilainya hampir sama dengan rata-rata refraksi atmosfer pada pengukuran pulang sehingga dapat saling menghilangkan.
- Rata-rata refraksi atmosfer yang terjadi pada pengukuran di ITS dan di Desa Puspo adalah sebesar $2,674 \times 10^{-5}$ m dan sebesar $1,9007 \times 10^{-6}$ m. Nilai refraksi atmosfer yang terjadi sangat kecil oleh karena itu besarnya refraksi atmosfer pada pengukuran tinggi dengan

sipat datar biasanya dibiarkan atau dianggap tidak ada.

3. Refraksi terbesar terjadi pada siang hari yaitu antara pukul 10.00-14.00. Daerah yang datar yaitu di ITS dengan suhu sebesar 31°C sd. 38 °C dan tekanan udara sebesar 758 mmHg sd. 761 mmHg. Daerah yang bergelombang yaitu di Desa Puspo Pasuruan dengan suhu 25 °C sd. 38 °C dan tekanan udara sebesar 709 mmHg sd. 712 mmHg.
4. Nilai refraksi atmosfer terbesar adalah pada siang hari namun karena nilainya refraksinya sangat kecil maka tidak mempengaruhi waktu pelaksanaan pengukuran.
5. Koefisien korelasi linier berganda menunjukkan keeratan hubungan yang terjadi antara variabel terikat dengan variabel bebasnya. Analisa regresi linier berganda pada pengukuran di ITS dan di Desa Puspo menghasilkan koefisien sebesar 0,021 dan 0,076. Nilai tersebut terletak antara 0 sd. 0,20 yang menunjukkan bahwa korelasi yang terjadi adalah sangat rendah atau lemah.

Saran

1. Bila ingin mendapatkan hasil refraksi atmosfer yang lebih akurat sebaiknya digunakan alat ukur yang lebih teliti seperti rambu invar.
2. Untuk mendapatkan nilai koefisien korelasi linier berganda yang lebih tepat sebaiknya sampel data diambil secara acak atau tidak menggunakan pola tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

Chester, Tom. 2000. The Effect of Atmospheric Refraction On The Observed Elevation Angles of Peak. <URL : <http://www.tchester.org/sgm/analysis/peaks/refraction.html>>. Dikunjungi pada tanggal 6 Februari 2008, jam 11.20 WIB.

Hasan, I. 2003. Pokok-Pokok Materi Statistik 1 (Statistik Deskriptif) Edisi Kedua. Jakarta : PT. Bumi Aksara.

Handoko, E. Y. 2005. Sistem Tinggi dan Pengukuran Tinggi Teliti. Surabaya : Program Studi Teknik Geodesi FTSP-ITS.

Humizar dan Sarlem. 2005. Dunia Fisika 1. Jakarta : ESIS.

Kuncoro, D A. 2005. Skripsi : Pengaruh Refraksi akibat perubahan Temperatur dan TekananUdara terhadap Ketelitian Hasil Koordinat. Surabaya : Program Studi Teknik Geodesi FTSP-ITS.

Nawawi, Gunawan. 2001. Mengoperasikan dan Merawat Alat Ukur Tanah. <URL : <http://www.google.co.id>>. Dikunjungi pada tanggal 19 Mei 2008, jam 14.20 WIB.

Nurjati, C. 2004. Modul Ajar Ilmu Ukur Tanah 1. Surabaya : Program Studi Teknik Geodesi FTSP-ITS.

Program Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Semarang. Pengukuran Sipat Datar Memanjang Pergi Pulang dan Profil Melintang. <URL : <http://www.google.co.id>>. Dikunjungi pada tanggal 19 Mei 2008, jam 14.30 WIB

Purworahardjo, U, 1986. Ilmu Ukur Tanah Seri B – Pengukuran Tinggi. Bandung: Jurusan Teknik Geodesi ITB.

Purworahardjo, U. 1988. Ukuran Tinggi Teliti Dan Sistem Tinggi Berdasarkan Gaya Berat. Bandung : Jurusan Teknik Geodesi FTSP-ITB.

Wongsotjitra, S. 1980. *Ilmu Ukur Tanah*. Yogyakarta: Kanisius.

Wikipedia. 2007. Atmospheric Refraction. <URL : http://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_refraction>. Dikunjungi pada tanggal 6 Februari 2008, jam 12.16 WIB.