

PENGARUH REFRAKSI AKIBAT PERUBAHAN TEMPERATUR DAN TEKANAN UDARA TERHADAP KETELITIAN HASIL KOORDINAT

DEDI AJI KUNCARA, MANSUR MUHAMADI, IRA MUTIARA ANJASMARA

Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia
djikun_00@yahoo.com

Abstrak

Refraksi udara merupakan salah satu kesalahan sistematis yang diakibatkan oleh adanya pengaruh temperatur dan tekanan udara. Refraksi udara menimbulkan beberapa kesalahan yang dapat mengakibatkan ketelitian suatu koordinat menjadi menjadi berkurang. Adapun efek secara langsung dari refraksi udara adalah jarak ukuran dan sudut zenith ukuran tidak sesuai dengan dengan jarak dan sudut zenith sebenarnya.

Penelitian ini menggunakan metode pengukuran ikatan kemuka. Pengukuran ikatan kemuka dilapangan dilakukan dalam tiga kelompok waktu, yaitu pagi, siang, dan sore hari. Hal ini dilakukan agar pada tiap waktu pengukuran memiliki temperatur dan tekanan udara yang berbeda. Dari waktu – waktu tersebut akan terlihat perbedaan jarak ukuran dan suduth zenith ukuran akibat pengaruh perubahan temperatur dan tekanan udara, sehingga dapat dianalisa seberapa besar pengaruh refraksi akibat perubahan temperatur dan tekanan udara terhadap ketelitian koordinat.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa standar deviasi koordinat yang tidak memperhatikan pengaruh refraksi lebih besar dibandingkan dengan standar deviasi koordinat yang memperhatikan pengaruh refraksi. Standar deviasi untuk koordinat yang tidak memperhatikan refraksi adalah $S_x=0.007m$, $S_y=0.009m$, dan $S_z=0.049m$. Untuk koordinat yang memperhatikan refraksi standar deviasinya adalah $S_x=0.005m$, $S_y=0.007m$, dan $S_z=0.043m$. dari hasil standar deviasi diatas dapat disimpulkan bahwa koordinat yang memperhatikan pengaruh refraksi lebih teliti dibandingkan tidak memperhatikan pengaruh refraksi.

Kata kunci : refraksi udara, indeks refraksi, sudut zenith

PENDAHULUAN

Ilmu ukur tanah merupakan salah satu bidang ilmu dalam Geodesi. Didalam ilmu ukur tanah, pendapatan ukuran selalu mengandung kesalahan, dan hal ini mengakibatkan pendapatan ukuran yang berbeda walaupun pada obyek atau target yang sama (Wolf, Paul R, Gilani. Charles D, 2002). Kesalahan yang menghinggapi pendapatan ukuran dapat bersumber dari tiga faktor, yaitu : faktor alam,

faktor alat yang digunakan, faktor si pengukur (Purwohardjo. U, 1985).

Kesalahan pengukuran dapat digolongkan dalam dua tipe, yaitu : Kesalahan acak (Random Error) dan Kesalahan Sistematis (Sistematik Error). Kesalahan acak adalah kesalahan yang tidak diketahui penyebabnya sehingga kesalahan ini tidak dapat diformulasikan kedalam rumus matematika atau fisika, Sedangkan kesalahan sitematis adalah kesalahan yang dapat diketahui

penyebabnya dan dapat diformulasikan kedalam rumus matematika atau fisika tertentu (Purwohardjo. U, 1985). Sumber kesalahan dari kesalahan sistematis adalah dari faktor alam dan faktor alat yang digunakan.

Pada skripsi kami kali ini, kami akan menganalisa mengenai pengaruh refraksi terhadap ketelitian suatu koordinat akibat perubahan temperatur. Perlu diketahui pada umumnya alat ukur jarak, baik itu EDM ataupun Total Station yang keluar dari pabrik sudah didesain pada kondisi temperatur dan tekanan udara tertentu sehingga dapat melakukan perataan secara otomatis terhadap hasil ukuran yang dihasilkan, namun apabila alat ukur tersebut digunakan pada kondisi temperatur dan tekanan udara yang tidak sesuai dengan ketentuan pabrik maka memerlukan perhitungan yang lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang sesuai.

Selama ini dalam pengukuran dengan menggunakan alat EDM atau Total Station, masih dijumpai dilapangan para juru ukur mengabaikan pengaruh refraksi terhadap hasil koordinat yang didapatkan. Pada penelitian ini kajian ditekankan pada seberapa besar pengaruh refraksi terhadap ketelitian suatu koordinat.

Permasalahan

Pada saat pengukuran kondisi atmosfer sangat mempengaruhi ketelitian alat ukur, baik itu alat ukur manual ataupun alat ukur elektronis. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya refraksi udara dimana refraksi udara tergantung pada tekanan, temperatur dan kelembapan (Russell C. Brinker, 1984). Akibat dari refraksi udara, maka gelombang elektromagnetis tidak lagi merupakan garis lurus tetapi garis lengkung. Sehingga dalam penelitian ini permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Seberapa besar pengaruh temperatur terhadap indeks refraksi ?
2. Seberapa besar pengaruh refraksi akibat perubahan temperatur terhadap ketelitian hasil koordinat ?

Dengan adanya permasalahan diatas, data-data yang diperoleh dilapangan harus dikoreksi terlebih dahulu sebelum melalui proses perhitungan refraksi, agar koordinat yang didapat merupakan kordinat yang murni diakibatkan oleh refraksi.

Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh temperatur terhadap indeks refraksi
2. Untuk mengetahui pengaruh refraksi akibat perubahan temperatur terhadap ketelitian hasil koordinat

Dari kedua tujuan diatas diharapkan nantinya pada saat pengukuran pengaruh refraksi udara jadi suatu perhitungan tersendiri

Batasan Masalah

Untuk lebih mengarahkan pembahasan pada penelitian ini, maka ditentukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Pelaksanaan pengukuran
 - Penelitian dilakukan di daerah sekitar Perpustakaan ITS.
 - Metode yang digunakan untuk pengukurannya adalah metode pengikatan kemuka.
 - Pengukuran sudut dan jarak menggunakan alat Total Station
 - Pengukuran sipat datar antar titik digunakan alat Waterpass.
 - Pengukuran temperatur menggunakan Thermometer, sedangkan tekanan udara diukur dengan Barometer.

Perincian waktu pengukuran, temperaturnya dan tekanan udara pada tiap sesi pengukuran.

2. Efek- efek yang tidak berhubungan langsung dengan temperatur dianggap tidak ada, antara lain :

- Kondisi baterai
- Efek kuat lemahnya sinyal yang terpantul
- Efek kesalahan sentering
- Efek kesalahan skala dan awal bacaan

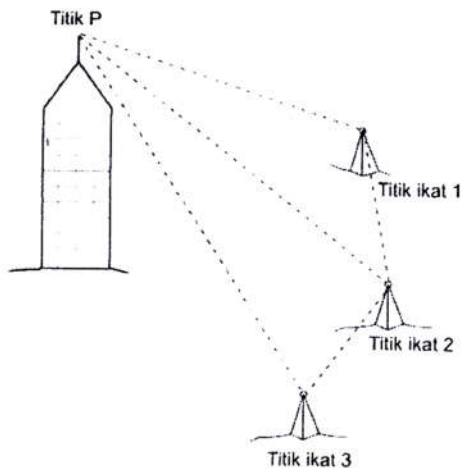
METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Proses pengambilan data dilaksanakan di kampus ITS Surabaya. Adapun secara jelasnya adalah sebagai berikut:

1. Titik Ikat : Terletak di belakang Politeknik Elektronika
2. Titik Target : Terletak di atas Gedung Perpustakaan Pusat ITS- Surabaya

Kondisi lokasi penelitian adalah daerah terbuka yang ditengahnya merupakan daerah rawa-rawa kering.



Gambar 1 Lokasi Pengukuran ikatan kemuka

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Total Station

Total Station merupakan alat hasil kombinasi dari dua komponen alat ukur ditambah unit pemrosesan dan perekaman (D. Wisayanto,1994). Pada Penelitian ini Total Station digunakan untuk mengukur :

- Sudut horizontal
- Sudut vertikal
- Jarak miring

- Jarak horisontal
- Jarak vertikal

Adapun spesifikasi Total Station ini adalah :

Tipe : Electronic Total Station GTS-210

Merk : TOPCON

2. Waterpass

Waterpass digunakan untuk mengetahui beda tinggi titik ikat. Dari beda tinggi ini nantinya dapat ditentukan ketinggian masing – masing titik ikat, dengan asumsi salah satu titik ikat ketinggiannya ditentukan terlebih dahulu. Adapun Waterpass yang digunakan adalah:

Tipe : Dumpy Level

Merk: Wild NAK2

3. GPS Tipe Geodetik

Titik ikat yang digunakan pada penelitian ini harus memiliki koordinat yang fix, untuk itu koordinat titik ikat terlebih dahulu diukur menggunakan GPS geodetic. Pada pengukuran dengan GPS geodetik tinggi yang didapat merupakan tinggi yang bereferensi terhadap permukaan ellipsoid, sedangkan tinggi yang diperlukan untuk penelitian ini adalah tinggi ortometrik yang mengacu pada bidang geoid, yang dilaut umumnya didekati dengan permukaan laut rata-rata (Hasanudin Z. Abidin,2002). Sehingga koordinat hasil pengukuran GPS ini yang digunakan hanya koordinat (X,Y) saja, karena untuk koordinat (Z) diukur menggunakan alat Waterpass.

Receiver GPS yang digunakan untuk pengukuran ini adalah :

Tipe : Geodetik

Merk : Sokia

4. Thermometer

Thermometer digunakan untuk mengetahui temperatur udara pada titik-titik ikat dan titik target.

Tipe : air raksa (Hg)

Range : -10°C – 110°C

Skala : 1°C

Toleransi : ±0.5°C

5. Barometer

Barometer digunakan untuk mengetahui tekanan udara yang terjadi pada saat pengukuran sudut dan jarak. Barometer ini ditempatkan pada titik ikat dan titik target.

Tahapan Penelitian

a. Pengambilan Data

Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data hasil pengukuran, baik itu pengukuran ikatan kemuka maupun pengukuran temperatur dan tekanan.

- Pengukuran dengan alat Total Station
 - SD = jarak miring
 - HD = jarak horizontal
 - VD = beda tinggi
 - VA = sudut miring (zenith)
 - HA = sudut horizontal
- Pengukuran dengan alat Thermometer
 - T = temperatur
- Pengukuran dengan alat Barometer
 - P = tekanan udara
- Pengukuran dengan alat GPS geodetik
 - (X₁,Y₁) = koordinat (X,Y) titik ikat 1
 - (X₂,Y₂) = koordinat (X,Y) titik ikat 2
 - (X₃,Y₃) = koordinat (X,Y) titik ikat 3
- Pengukuran dengan Waterpass
 - Z₁ = tinggi titik ikat 1
 - Z₂ = tinggi titik ikat 2
 - Z₃ = tinggi titik ikat 3
- Pengukuran dengan roll meter baja
 - Ta = tinggi alat
 - Tr = tinggi prisma

Pengolahan Data

Perhitungan ikatan kemuka dibagi menjadi dua, yaitu perhitungan yang tidak memperhatikan refraksi dan perhitungan yang memperhatikan refraksi. Pada perhitungan yang tidak memperhatikan refraksi data yang digunakan adalah data asli hasil pengukuran, untuk perhitungan yang memperhatikan refraksi data jarak miring dan sudut zenith yang digunakan adalah jarak miring dan sudut zenith yang telah dikoreksi dari pengaruh kesalahan refraksi.

Analisa Data

1. Membandingkan koordinat hasil perhitungan yang tidak memperhatikan pengaruh refraksi dan hasil perhitungan yang memperhatikan pengaruh refraksi.
2. Membandingkan ketelitian koordinat hasil perhitungan yang tidak memperhatikan pengaruh refraksi dan hasil perhitungan yang memperhatikan pengaruh refraksi.

Secara lengkap tahapan penelitian dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 2 .

HASIL DAN ANALISA

Untuk keperluan analisa pengaruh refraksi terhadap ketelitian koordinat, data -data hasil pengukuran dilapangan dihitung menggunakan metode perhitungan mengikat kemuka. Perhitungannya dibagi menjadi dua, yaitu perhitungan yang tidak memperhatikan refraksi dan perhitungan yang memperhatikan refraksi. Dan analisisnya adalah sebagai berikut:

1. Membandingkan ketelitian koordinat hasil perhitungan yang tidak memperhatikan pengaruh refraksi dan hasil perhitungan yang memperhatikan pengaruh refraksi.
2. Analisis terhadap perubahan temperatur terhadap ketelitian koordinat dan indeks refraksi pengukuran

Perbandingan ketelitian koordinat hasil perhitungan yang tidak memperhatikan pengaruh refraksi dan hasil perhitungan yang memperhatikan pengaruh refraksi.

Koordinat yang tidak memperhatikan pengaruh refraksi adalah koordinat hasil perhitungan dengan menggunakan jarak miring dan sudut zenith yang diperoleh dari pengukuran dilapangan. Sedangkan koordinat yang memperhatikan refraksi adalah koordinat hasil perhitungan dari jarak miring dan sudut zenith yang sudah dikoreksi dengan rumus

koreksi refraksi. Perbandingan ketelitian koordinat hasil perhitungan yang tidak memperhatikan pengaruh refraksi dan hasil perhitungan yang memperhatikan pengaruh refraksi dilakukan karena ketelitian antara dua perhitungan tersebut berbeda, sebab jarak dan sudut horisontal yang digunakan untuk perhitungan koordinatnya memiliki perbedaan. Ketelitian koordinat tergantung pada besar kecilnya standar deviasi koordinatnya.

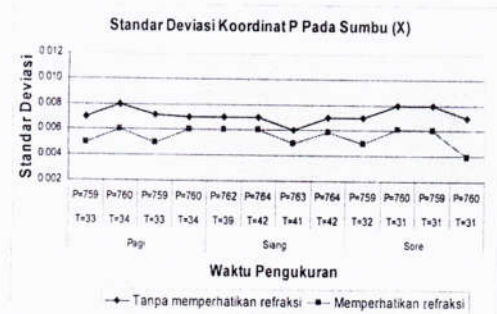
Untuk mempermudah dalam menganalisa standar deviasi koordinat, analisisnya dipisah menjadi dua, analisa standar deviasi untuk sumbu (X,Y) dan analisa standar deviasi untuk tinggi (sumbu Z).

Standar deviasi koordinat P pada sumbu (X,Y)

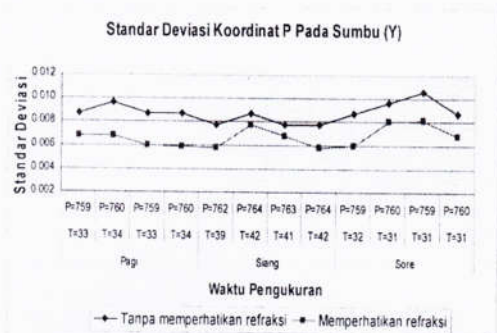
Standar deviasi koordinat P pada sumbu (X,Y) tergantung pada jarak horisontal titik ikat ke titik P. Apabila ketiga jarak horisontal ukuran ketiga titik ikat memiliki perbedaan yang besar dengan jarak sesungguhnya dilapangan, maka dapat dipastikan standar deviasinya menjadi besar, dan ketelitian koordinatnya rendah. Begitupun sebaliknya, apabila jarak horisontal ukuran ketiga titik ikat memiliki perbedaan yang kecil dengan jarak sesungguhnya dilapangan, maka standar deviasinya kecil, sehingga ketelitian koordinatnya menjadi tinggi. Untuk mempermudah dalam hal analisisnya, berikut ini hasil perhitungan standar deviasi koordinat P pada sumbu (X,Y) ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik

Tabel 1 Standar deviasi koordinat P pada sumbu (X,Y) yang tidak memperhatikan refraksi dan memperhatikan refraksi.

Waktu pengukuran		Tanpa memperhatikan refraksi		Memperhatikan refraksi	
		Sx (m)	Sy (m)	Sx (m)	Sy (m)
Pagi	1	0.007	0.009	0.005	0.007
	2	0.008	0.010	0.006	0.007
	3	0.007	0.009	0.005	0.006
	4	0.007	0.009	0.006	0.008
Siang	1	0.007	0.008	0.006	0.006
	2	0.007	0.009	0.006	0.008
	3	0.006	0.008	0.005	0.007
	4	0.007	0.008	0.006	0.006
Sore	1	0.007	0.009	0.005	0.006
	2	0.008	0.010	0.007	0.008
	3	0.008	0.011	0.006	0.008
	4	0.007	0.009	0.006	0.007



Grafik 1 Perbandingan standar deviasi koordinat P pada sumbu (X) yang memperhatikan refraksi dan tidak memperhatikan refraksi



Grafik 2 Perbandingan standar deviasi koordinat P pada sumbu (Y) yang memperhatikan refraksi dan tidak memperhatikan refraksi

Analisa secara umum untuk tabel dan grafik diatas adalah sebagai berikut :

- Standar deviasi koordinat P pada sumbu (X) untuk perhitungan yang memperhatikan pengaruh refraksi lebih kecil dibandingkan perhitungan yang tidak memperhatikan refraksi. Perbedaan tersebut 0.002mm untuk pagi dan sore hari, untuk siang hari 0.001-0.002mm.
- Standar deviasi koordinat P pada sumbu (Y) untuk perhitungan refraksi lebih juga lebih kecil dibandingkan perhitungan yang tidak memperhatikan refraksi. Perbedaan tersebut 0.002-0.003mm untuk pagi dan sore hari, untuk siang hari 0.001-0.002mm.
- Pada pengukuran siang baik pada sumbu (X) maupun sumbu (Y) selisihnya relatif lebih kecil

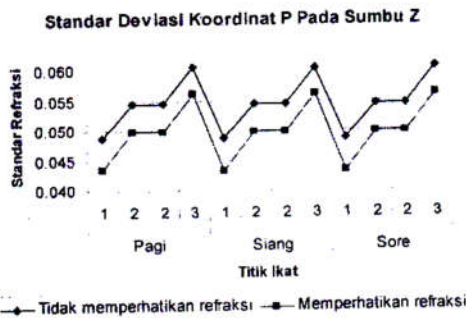
dibandingkan pengukuran pagi dan sore hari.

Standar deviasi koordinat P pada sumbu (Z)

Perhitungan ketelitian koordinat (Zp) memiliki perbedaan jika dibandingkan dengan perhitungan ketelitian koordinat (Xp) maupun (Yp), sebab perhitungan standar deviasinya juga berbeda. Pada standar deviasi (Zp) yang berpengaruh besar adalah jarak miring dan sudut zenith yang terukur.

Tabel 2 Standar deviasi koordinat P pada sumbu (Z) yang tidak memperhatikan refraksi dan memperhatikan refraksi.

Waktu	Titik	Perhitungan		Selisih
		Tanpa refraksi	Dengan refraksi	
Pagi	1	0.049	0.043	0.005
	2	0.055	0.050	0.005
	2	0.055	0.050	0.005
	3	0.061	0.056	0.004
Siang	1	0.049	0.043	0.005
	2	0.054	0.050	0.005
	2	0.055	0.050	0.005
	3	0.060	0.056	0.004
Sore	1	0.049	0.043	0.005
	2	0.055	0.050	0.005
	2	0.055	0.050	0.005
	3	0.061	0.056	0.004



Grafik 4.3 Perbandingan standar deviasi koordinat P pada sumbu (Z) yang memperhatikan refraksi dan tidak memperhatikan refraksi

Berdasarkan tabel dan grafik diatas, dapat dianalisa sebagai berikut :

- Standar deviasi koordinat P untuk sumbu (Z) pada perhitungan yang memperhatikan pengaruh refraksi lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan yang tidak memperhatikan refraksi.
- Pada titik ikat 3, selisih standar deviasi lebih kecil dibandingkan pada titik ikat 1 dan 2.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Pada tiap – tiap waktu pengukuran, yaitu pagi, siang dan sore hari terdapat perbedaan tekanan udara. Pada pagi hari temperatur berkisar antara 33–34 °C dan tekanan udaranya 758-761 mmHg, siang hari temperatur berkisar antara 38-42 °C dan tekanan udaranya 762-765 mmHg, untuk sore hari temperatur dan tekanan udara berkisar antara 31-32 °C dan 759-760 mmHg. Adanya perubahan temperatur dan tekanan udara mengakibatkan perbedaan hasil ukuran untuk jarak miring dan sudut zenith pada tiap – tiap pengukuran akibat kesalahan refraksi.

Tabel. 3 Perubahan jarak akibat perubahan temperatur dan tekanan udara

Jarak	Pagi	Siang	Sore
titik 1 ke P	516.048	516.038	516.046
titik 2 ke P	449.039	449.035	449.040
titik 3 ke P	411.029	411.026	411.029

Tabel. 4 Perubahan sudut zenith akibat perubahan temperatur dan tekanan udara

Sudut Zenith	Pagi			Siang			Sore		
	o	'	"	o	'	"	o	'	"
titik 1 ke P	87	14	23	87	15	5	87	14	16
titik 2 ke P	86	54	3	86	54	42	86	54	5
titik 3 ke P	86	33	25	86	34	2	86	33	20

2. Indeks refraksi pada pengukuran siang hari lebih kecil dibandingkan dengan indeks refraksi pada pengukuran pagi dan sore hari. Pada pagi hari indeks

refraksi 1.00026, pada siang hari 1.00025, pada sore hari 1.00026.

3. Pengaruh refraksi mengakibatkan ketelitian koordinat berkurang, hal ini dapat diketahui dari perbandingan standar deviasi perhitungan yang tidak memperhatikan refraksi standar deviasinya lebih besar dibandingkan standar deviasi pada perhitungan yang memperhatikan refraksi. Penyebabnya karena jarak pada perhitungan yang memperhatikan refraksi lebih teliti dibandingkan dengan jarak yang tidak memperhatikan pengaruh refraksi.

SARAN

Hasil penelitian yang telah dicapai tentu saja belum, memberikan hasil yang maksimal. Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk kelanjutan dan kesempurnaan penelitian yaitu:

1. Sebelum pengukuran untuk keperluan penentuan koordinat perlu dilakukan pengukuran jarak, dimana jarak tersebut mempunyai panjang yang berbeda-beda, sehingga pengaruh refraksi dapat dianalisa dari beberapa panjang jarak pengukuran.
2. Perlunya kajian lebih lanjut mengenai pengaruh refraksi dengan menggunakan metode pengukuran yang berbeda, sehingga pengaruhnya dapat diketahui secara tepat.

DAFTAR PUSTAKA

Brinker, Russell C. (1984). Elementary Surveying. Harper and Row. United State of America

Kasim, Iskandar. (1977) . Pengukuran Jarak Secara Elektromagnetis. Institut Teknologi Bandung. Bandung

Mira, Syamsir. (1986) . Ukuran Tinggi. Institut Teknologi Bandung. Bandung

Purwohardjo, Umaryono U. (1985) . Menghilangkan Kesalahan Sistematis Pada Pendapatan Ukuran Serta Penerapan Dalil - Dalil Kesalahan dan Perataan kuadrat Terkecil. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Purwohardjo, Umaryono U. (1986) . Ilmu Ukur Tanah Seri B. Institut Teknologi Bandung. Bandung

Purwohardjo, Umaryono U. (1986) . Ilmu Ukur Tanah Seri C. Institut Teknologi Bandung. Bandung

Wolf, Paul R. (1994) . Elementary Surveying : Tenth Edition. John Wiley & Sons Inc. United State of America

Wolf, Paul R. (1997) . Adjustment Computation : Statistics and Least Squares in Surveying and GIS. Prentice Hall Inc. United State of America

Wisayanto, D. (1994) . Total Station. Institut Teknologi Bandung. Bandung

Wongsotjitra, Soetomo. (1977) . Ilmu ukur Tanah. Kanisius. Yogyakarta