

# PERBANDINGAN KETELITIAN PENGUKURAN JARAK DENGAN ALAT UKUR DISTO™ CLASSIC, PITA UKUR FIBERGLASS, DAN TOTAL STATION

(The Precise Comparison of Distance Measurement using Disto™ Classic, Fiberglass Tape and Total Station)

N.Widjajanti\*, Rully Gozali\*\*

## ABSTRACT

Some distance measurement equipments have been using in plane survey, such as measurement tape, Disto™ Classic and Total Station. Each of equipments has different precise level. This research aims to compare the precise level among fiberglass taping, Disto™ Classic dan Total Station.

Data were obtained from 30 times measurement of distances 25 m, 50 m, 100 m, 150 m, 200 m and 250m taken from fiberglass taping, Disto™ Classic and Total Station. Analysis was conducted by using standard error value, t test one sample and t test two sample. In this research, Total Station is assumed has the best precise levelness.

The result yielded that Disto™ Classic can be used to replace fiberglass taping, because of its better precision in distance measurement up to 100 m. On other hand, Disto™ Classic still have lower precise compare with Total Station.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pada awalnya untuk mengukur jarak dilakukan secara langsung dengan alat pita ukur. Selanjutnya pengukuran jarak bisa dilakukan dengan sistem elektronik dengan prinsip perambatan gelombang elektromagnetik dikenal *Electronic Distance Measurement* atau EDM. Sejalan dengan teknologi peralatan ukur, banyak pekerjaan manual digantikan dengan otomatisasi. Salah satu alat ukur jarak yang merupakan hasil perkembangan teknologi laser adalah Disto™ Classic. Alat ukur jarak ini sangat praktis dalam pelaksanaannya sehingga cukup dilakukan oleh satu orang.

Setiap jenis alat ukur yang ada menghasilkan ketelitian yang berbeda-beda. Davis et al (1981) menyatakan bahwa pengukuran jarak dengan pita ukur baja menghasilkan ketelitian antara 1:3000 s.d. 1:5000. McCormac (1976) memberikan ketelitian antara 1:1000 s.d. 1:5000 untuk pengukuran dengan pita ukur baja. McCormac (1976) memberikan nilai deviasi standar alat ukur jarak elektronik  $\pm (5 \text{ mm} + 3 \text{ ppm})$  untuk jarak di atas 500 ft (152,4 m) atau 600 feet (182,88 m).

Nilai standar ketelitian sangat diperlukan untuk mengaplikasikan pengukuran dengan masing-masing metode pengukuran atau penggabungan metode dalam satu pengukuran. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian apakah Disto™ Classic mempunyai ketelitian yang lebih baik untuk

pengukuran jarak dibandingkan dengan hasil ukuran dengan pita ukur fiberglass dan Total Station.

### Tujuan

Mengetahui perbandingan ketelitian ukuran Disto™ Classic dengan pita ukur fiberglass dan Total Station dalam menentukan jarak suatu obyek.

### Batasan Masalah

- Pengukuran jarak dilakukan pada daerah yang relatif datar.
- Hasil pengolahan ukuran Total Station Topcon dijadikan sebagai acuan ketelitian karena telah dapat mengeliminir kesalahan sistematis seperti suhu, tekanan udara dan koreksi atmosfer sehingga alat tersebut dianggap paling presisi.

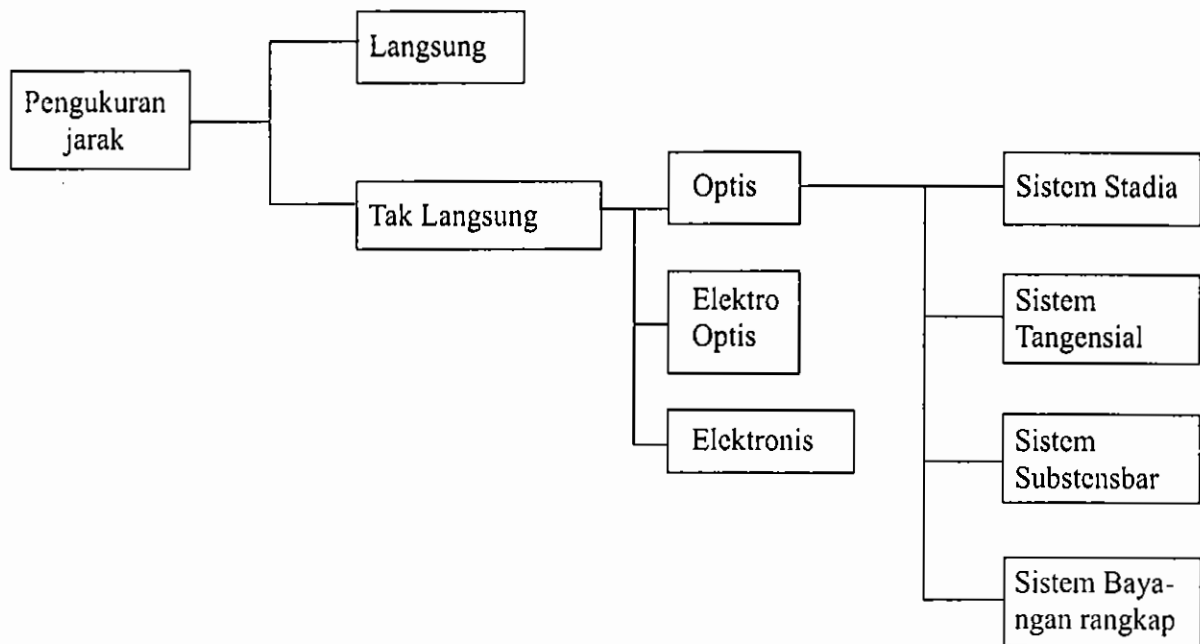
## LANDASAN TEORI

### Metode pengukuran jarak

Untuk menentukan atau mengukur jarak ada beberapa metode atau cara pengukuran dimana pemilihan metode tersebut tergantung dari alat yang tersedia, tujuan pengukuran dan tingkat ketelitian yang disyaratkan. Metode pengukuran jarak terbagi atas pengukuran jarak langsung dengan alat pita ukur dan alat bantu lainnya seperti yalon, unting-unting dan lain-lain. Pengukuran jarak tidak langsung meliputi pengukuran jarak optis, jarak elektro optis dan jarak elektronis. Cara pengukuran jarak dapat diuraikan dalam diagram alir pada Gambar 1.

\* Ir. Nurrohmat Widjajanti, MT. adalah Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi, FT-UGM.

\*\* Rully Gozali, ST. adalah Alumni Jurusan Teknik Geodesi, FT-UGM



Gambar 1. Metode pengukuran jarak (Basuki, S., 2002)

Pengukuran jarak langsung, yaitu pengukuran jarak yang menggunakan peralatan utama berupa pita ukur, pegas ukur dan rantai ukur yang terbuat dari baja. Pengukuran jarak tidak langsung, yaitu pengukuran jarak yang mempergunakan alat optis, elektrooptis dan elektronis. Alat ukur sistem optis biasanya dikenal dengan teodolit dengan berbagai macam tipe dan jenisnya. Pengukuran jarak elektronis dan elektrooptis adalah pengukuran jarak yang mempunyai ketelitian yang tinggi dengan jangkauan yang cukup jauh. Pengukuran ini memakai prinsip perambatan gelombang elektromagnetik yang dikenal EDM.

### Laser

Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) adalah suatu media yang menghasilkan dan memperkuat cahaya. Laser merupakan cahaya murni yang sangat kuat dengan intensitas tinggi. Laser dapat menghasilkan cahaya yang tidak dapat dilihat mata man

usia, mulai dari sinar infra merah sampai sinar X. Pada prinsipnya laser menghasilkan cahaya dengan cara menyimpan energi didalam partikel yang disebut elektron (salah satu atom) kemudian menginduksinya sehingga memancarkan energi yang diserap sebagai cahaya. Atom adalah partikel terkecil yang membentuk segala sesuatu di bumi yang mempunyai ukuran seribu kali lebih kecil dari ukuran

virus, sedangkan elektron mendasari hampir semua sumber cahaya. Cahaya terdiri dari sekumpulan energi kecil yang disebut *photons* (satuan energi dalam cahaya) (*Encarta Reference Library Premium, 2005*). Sifat laser yang utama : Arahnya, laser hanya memancar pada satu arah tidak menyebar ke segala arah, intensitas yang tinggi, laser mengeluarkan cahaya dengan berkas yang sempit, energinya terpusat dalam daerah yang kecil, kemonokromatisannya yang istimewa (monokrom, satu warna), tingkat koherensi yang tinggi.

### Kesalahan standar rerata satu sampel

Kesalahan standar rerata satu sampel dihitung dengan persamaan (1) Supranto, 1993) :

$$SE = S / \sqrt{n} \quad (1)$$

Dalam hal ini, SE: kesalahan standar, S: deviasi standar sampel dan n: jumlah sampel.

Kesalahan standar beda rerata dua sampel dihitung dengan persamaan (2) (Suprnto, 1993) :

$$SE_{X_{s1}-X_{s2}} = \sqrt{\frac{\sum(\mu s1 - X_{s1})^2 + \sum(\mu s2 - X_{s2})^2}{n1 + n2 - 2}} \times \sqrt{\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2}} \quad (2)$$

Dalam hal ini  $SE_{X_{s1}-X_{s2}}$ : kesalahan standar beda rerata sampel 1 dan sampel 2,  $\mu s1$  : rerata populsi 1,  $\mu s2$  : rerata populasi 2,  $X_{s1}$  : rerata sampel 1,  $X_{s2}$ : rerata sampel 2,  $n1$ : jumlah sampel 1 dan  $n2$  : jumlah sampel 2

## Uji t satu sampel dan dua sampel ukuran

Uji statistik yang dipakai dalam penelitian ini dengan memakai uji Student-t atau uji t yang berbasis distribusi t yang dengan persamaan (3) (Supranto, 1993) :

$$t = \frac{(X_s - \mu)}{S} \times \sqrt{n} \quad (3)$$

Dalam hal ini  $X_s$  : rerata sampel,  $\mu$  : rerata populasi/acuan,  $S$  : deviasi standar dan  $n$  : jumlah sampel.

Dalam penelitian ini selain pengujian terhadap hasil ukuran rerata satu sampel juga diuji hipotesis tentang perbedaan rerata dua sampel. Perumusan hipotesisnya seperti pada persamaan (4) dan (5).

$$H_0 : \mu S_1 - \mu S_2 = 0 \\ (\mu S_1 \text{ sama dengan } \mu S_2) \quad (4)$$

$$H_a : \mu S_1 - \mu S_2 \neq 0 \\ (\mu S_1 \text{ tidak sama dengan } \mu S_2) \quad (5)$$

Sedangkan untuk pengujian beda rerata dua sampel dengan persamaan (6) (Supranto, 1993):

$$t = \frac{X_{s1} - X_{s2}}{\sqrt{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \quad (6)$$

Dalam hal ini  $t$  : t hitung dengan derajat kebebasan  $n_1 + n_2 - 2$ ,  $S_1$  : deviasi standar sampel 1 dan  $S_2$  : deviasi standar sampel 2.

Penghitungan uji t dengan membandingkan nilai t hitungan dengan nilai pada tabel t dengan tingkat signifikan yang dipilih untuk mengetahui adanya perbedaan signifikan diantara dua data atau tidak ada perbedaan signifikan.

## Peralatan yang Digunakan

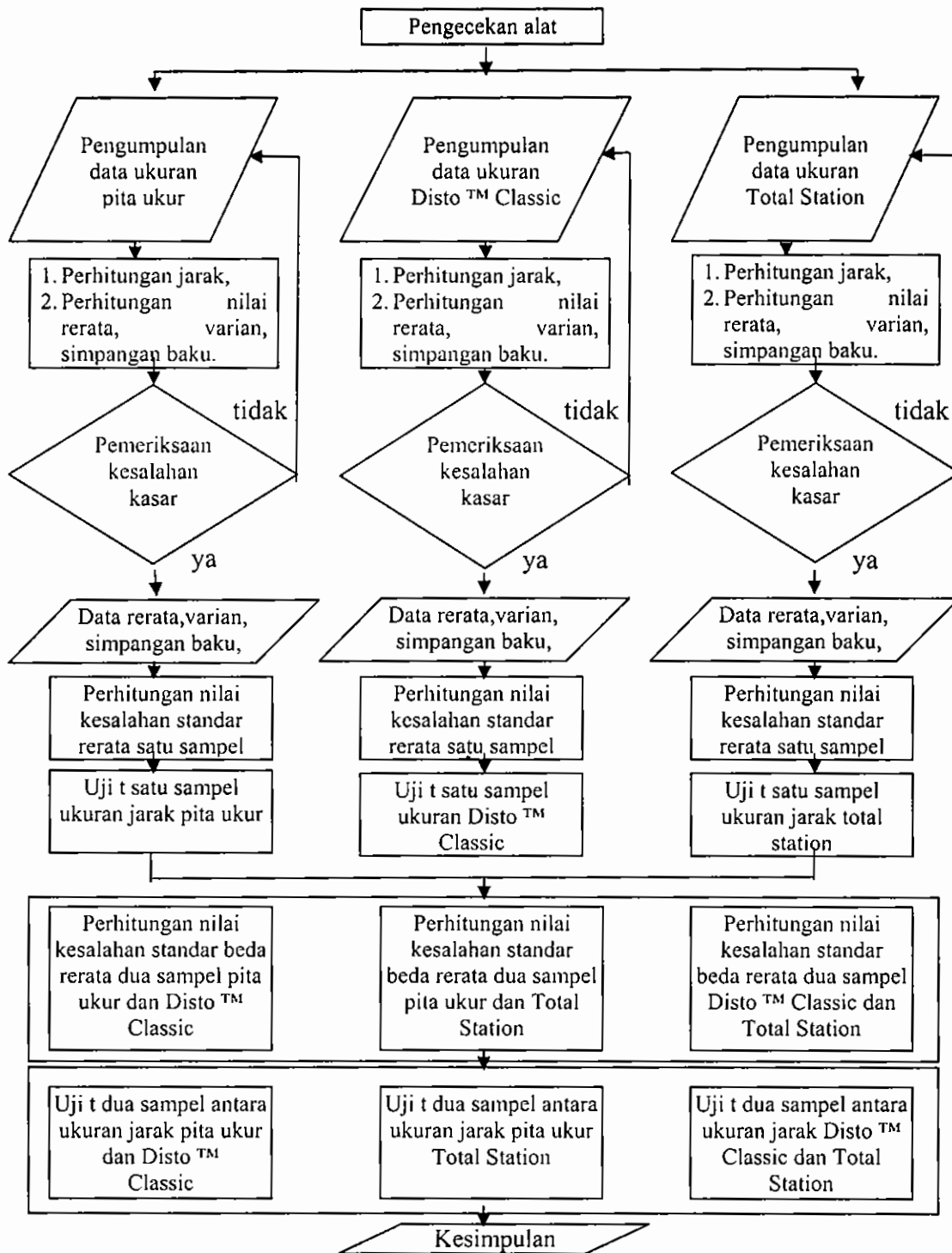
- Pita ukur, berupa pita ukur merk Krisbow dengan panjang 50 m, terbuat dari bahan fiberglass. Pita ukur ini mempunyai ukuran terkecil 2 mm dan dapat diestimasi untuk ukuran 1 mm.
- Disto™ Classic (Leica seri AG CH-9435) merupakan alat ukur jarak elektronis yang menggunakan sinar laser. Akurasi pengukurannya adalah  $\pm 3$  mm s.d.  $\pm 5$  mm. Unit pengukuran terkecil dalam layar adalah 1 mm sedangkan jarak di atas 100 m adalah 1 cm. Jarak yang dapat diukur alat ini adalah 0,2 m s.d. 200 m. Waktu yang diperlukan untuk satu kali ukuran adalah 0,5 s.d. 4 detik. Alat ukur jarak ini juga

dilengkapi dengan teleskop mini yang dapat mencapai 2 kali perbesaran.

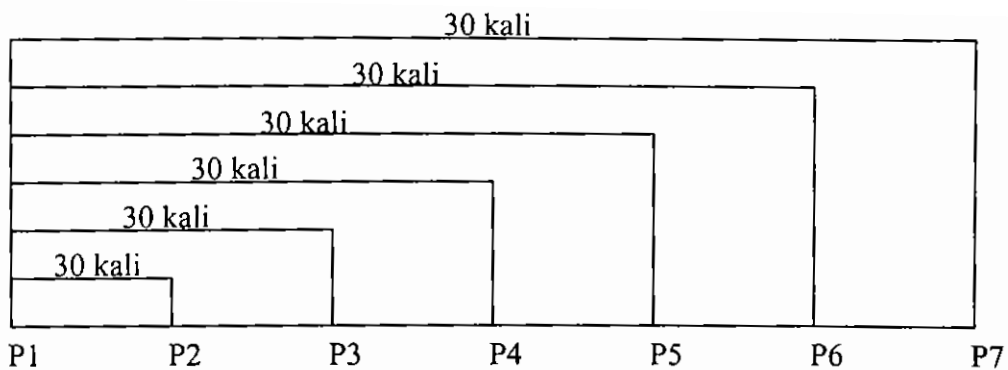
- Total Station (Topcon tipe GTS-212) merupakan gabungan antara teodolit dan EDM yang dilengkapi dengan komputer mini untuk melakukan hitungan sederhana. Dengan adanya dua sistem pengukuran yaitu pengukuran jarak dan sudut yang berada dalam satu unit maka memungkinkan untuk diperoleh hasil pengukuran yang lengkap dalam satu berdiri alat. Total Station ini mempunyai teleskop dengan lensa obyektif 40 mm dengan 26 kali perbesaran. Dengan reflektor satu prisma maka jarak yang bisa diukur mencapai 900 m pada kondisi cuaca cerah/terang sedangkan pada cuaca tidak terang maka jarak yang bisa dicapai 1000 m. Sedangkan dengan tiga prisma jarak yang diukur mencapai 1200 m pada cuaca cerah dan 1400 m pada cuaca tidak terang. Total Station ini mempunyai akurasi pengukuran  $\pm (3 \text{ mm} + 5 \text{ ppm})$  pada kondisi suhu udara  $-10^\circ\text{C}$  s.d.  $50^\circ\text{C}$  sedangkan pada suhu udara  $-20^\circ\text{C}$  s.d.  $-10^\circ\text{C}$  akurasi pengukuran adalah  $\pm (5 \text{ mm} + 5 \text{ ppm})$ .
- Prisma Topcon ini setingnya mempunyai nilai konstan nol. Bila digunakan prisma selain prisma Topcon maka seting prisma disesuaikan dengan nilai seting prisma yang dipakai.
- Bidang pantul yang digunakan untuk memantulkan sinar laser ini adalah berupa papan *whiteboard* berukuran 20 cm x 40 cm. Permukaannya dicat gelap sehingga dapat dilihat dengan jelas sinar laser yang mengenai bidang pantul tersebut.
- Patok berupa paku payung besi dengan panjang  $\pm 7,5$  cm.
- Tripod alumunium, yang dipakai untuk tempat berdiri Total Station dan prisma.

Pengukuran jarak langsung dengan pita ukur dan jarak tidak langsung dengan Disto™ Classic dan Total Station dilakukan 30 kali (Gambar 2) untuk mendapatkan data sampel yang cukup sehingga dianggap dapat mewakili populasi dari mana data tersebut diambil. Rentang yang diukur yaitu P1 s.d. P2 jaraknya 25 m, P1 s.d. P3 jaraknya 50 m, P1 s.d. P4 jaraknya 100 m, P1 s.d. P5 jaraknya 150 m, P1 s.d. P6 jaraknya 200 m dan P1 s.d. P7 jaraknya 250 m.

## Tahap-tahap Penelitian



Gambar 2. Rentang pengukuran jarak



Gambar 3. Diagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengukuran untuk pengecekan alat ukur

Pada tahap ini dilakukan pengukuran pada rentang jarak tertentu sebagai dasar untuk mengecek alat ukur yang digunakan memenuhi syarat pengukuran. Pengecekan dilakukan pada Disto™ Classic dan Total Station.

Rerata hasil pengukuran Disto™ Classic sebanyak 10 kali untuk jarak 10 m adalah 10,0008 m, jarak 20 m adalah 20,0006 m dan jarak 30 m adalah 30,0021 m. Hasil tersebut dibandingkan dengan spesifikasi akurasi ketelitian Disto™ Classic yaitu sebesar  $\pm 3$  mm s.d.  $\pm 5$  mm. Hasil pengecekan ukuran ketiga jarak tersebut (0,8 mm; 0,6 mm dan 2,1 mm) masih lebih kecil dari spesifikasi akurasi ketelitian Disto™ Classic sehingga dapat dikatakan bahwa Disto™ Classic no seri AG CH-9435 memenuhi syarat untuk dipakai dalam penelitian ini.

Pada pengecekan Total Station, pengukuran dilaksanakan dengan jarak AB = 100 m, AC = 50 m dan BC = 50 m pada satu garis lurus. Rerata hasil pengukuran Total Station sebanyak 10 kali untuk jarak AB = 100 m adalah 100,0009 m, jarak AC = 50 m adalah 50,0055 m dan jarak BC = 50 m adalah 49,9974 m. Nilai rerata tersebut digunakan untuk menghitung konstanta penambah yaitu :

$K = AB - (CA + CB)$  sehingga

$$K = 100,0009 \text{ m} - (50,0055 + 49,9974) \text{ m}$$

$$K = 0,002 \text{ m atau } 2 \text{ mm}$$

Hasil hitungan nilai  $K = 2$  mm dibandingkan dengan spesifikasi akurasi Total Station yaitu 5 mm maka dapat dikatakan bahwa Total Station Topcon GTS-212 memenuhi syarat pengukuran untuk pengumpulan data.

### Hasil pengukuran dengan pita ukur, Disto™ Classic, Total Station

Berdasarkan hasil pengukuran pita ukur (Lampiran A) dapat dilihat bahwa pengukuran jarak dengan pita ukur menghasilkan nilai yang bervariasi terutama pada jarak 100 m, 150 m, 200 m dan 250 m karena pada jarak tersebut dilakukan dengan memenggal ukuran jarak menjadi beberapa rentang jarak. Hal ini dilakukan karena panjang pita ukur yang terbatas.

Pada Lampiran B dapat dilihat bahwa ukuran jarak 250 m dengan Disto™ Classic tidak dapat diperoleh. Hal ini dikarenakan signal terlalu lemah untuk jarak 250 m sehingga tidak dapat dibaca oleh alat ukur tersebut.

Pengukuran dengan Total Station (Lampiran C) menghasilkan ukuran yang perbedaannya tidak terlalu besar. Masing-masing jarak perbedaannya maksimal 3 mm.

### Nilai rerata dan deviasi standar hasil ukuran pita ukur, Disto™ Classic dan Total Station

Berdasarkan hasil hitungan pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan bahwa nilai rerata ukuran jarak dengan pita ukur mempunyai selisih dengan nilai rerata populasi ukuran yang diharapkan kurang dari 1 mm. Dapat dilihat juga bahwa semakin panjang jarak yang diukur maka nilai deviasi standar akan semakin besar karena adanya perambatan kesalahan pada pembagian rentang jarak sesuai dengan kemampuan panjang pita ukur.

Hasil ukuran dengan Disto™ Classic seperti ditampilkan pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai rerata ukuran jarak mempunyai selisih yang relatif kecil, kurang dari 1 mm pada ukuran jarak di bawah 100 meter. Sedangkan pada ukuran jarak 100 m dan

diatasnya, nilai rerata ukuran mempunyai selisih ukuran jarak kurang dari 12 mm. Dilihat dari nilai deviasi standarnya, ukuran dengan Disto™ Classic pada jarak di bawah 100 m lebih presisi bila dibandingkan dengan pita ukur. Sedangkan pada jarak 100 m dan di atasnya, deviasi standar Disto™ Classic mempunyai nilai yang lebih besar sampai fraksi cm. Nilai rerata dan deviasi standar hasil pengukuran jarak 250 m dengan Disto™ Classic tidak dapat dihitung karena tidak ada data ukuran.

Melihat hasil hitungan pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai rerata ukuran jarak dengan Total Station mempunyai selisih kurang dari 5 mm dari nilai rerata populasi yang diharapkan. Sedangkan nilai deviasi standarnya paling kecil, hal ini berarti Total Station mempunyai kepresisian yang paling baik apabila dibandingkan dengan pita ukur dan Disto™ Classic.

### Hasil Pemeriksaan kesalahan kasar

Pemeriksaan kesalahan kasar dilakukan dengan menggunakan konsep model probabilitas komponen kesalahan acak dari pengukuran. Model tersebut dinyatakan dengan distribusi normal. Penerimaan dan penolakan data ukuran mengacu pada interval keyakinan yang telah ditetapkan untuk parameter  $\mu$  (rerata populasi). Dalam hal ini nilai rerata populasi  $\mu$  diasumsikan sama dengan nilai rerata sampel  $X_s$  (Djarwanto dan Subagyo, 1993). Interval keyakinan yang digunakan adalah 3S (tiga sigma) dimana kira-kira 99% data ukuran terletak dalam interval ( $X_s - 3S$ ) dan ( $X_s + 3S$ ).

Hasil perhitungan untuk masing-masing ukuran dengan pita ukur, Disto™ Classic dan Total Station sebagai berikut :

- Semua data ukuran jarak dengan pita ukur untuk setiap rentang jarak bebas dari kesalahan kasar.
- Data ukuran dengan Disto™ Classic yang bebas dari kesalahan kasar yaitu jarak 25 m, 50 m, 100 m, 150 m dan 200 m, sedangkan untuk jarak 250 m tidak ada data.
- Semua data ukuran jarak dengan Total Station untuk setiap rentang jarak bebas dari kesalahan kasar.

Berdasarkan hal tersebut maka data ukuran yang ada kecuali data ukuran jarak 250 m dengan Disto™ Classic dapat diproses lebih lanjut untuk pengujian.

### Nilai kesalahan standar rerata satu sampel

Kesalahan standar rerata satu sampel dihitung dengan persamaan (1). Berdasarkan nilai kesalahan standar rerata satu sampel (Tabel 2) dapat diketahui nilai kesalahan standar Total Station mempunyai nilai yang terkecil untuk masing-masing rentang jarak ukuran. Dengan demikian hasil ukuran Total Station mempunyai nilai kepresisian yang lebih baik dibandingkan dengan hasil ukuran pita ukur dan Disto™ Classic. Sedangkan untuk ukuran Disto™ Classic mempunyai nilai kepresisian yang lebih baik daripada ukuran pita ukur hanya untuk jarak di bawah 100 m. Pada Disto™ Classic untuk jarak di atas 100 m mempunyai nilai kesalahan standar rerata satu sampel yang terbesar. Hal ini berarti untuk jarak di atas 100 m, Disto™ Classic kepresisiannya paling rendah dibandingkan alat ukur yang lain.

Tabel 1. Rerata dan deviasi standar ukuran jarak dengan pita ukur, Disto™ Classic dan Total Station

Alat ukur	Rentang jarak 25 m		Rentang jarak 50 m		Rentang jarak 100 m	
	$X_s$	S	$X_s$	S	$X_s$	S
Pita ukur	25,0004	0,0015	49,9996	0,0011	99,9995	0,0014
Disto™ Classic	24,9994	0,0007	50,0009	0,0008	100,0053	0,0051
Total station	25,0012	0,0005	50,0028	0,0006	100,0015	0,0005

Alat ukur	Rentang jarak 150 m		Rentang jarak 200 m		Rentang jarak 250 m	
	$X_s$	S	$X_s$	$X_s$	S	$X_s$
Pita ukur	149,9993	0,0017	199,9992	149,9993	0,0017	199,9992
Disto™ Classic	150,0057	0,0061	200,0117	150,0057	0,0061	200,0117
Total station	150,0047	0,0005	200,0047	150,0047	0,0005	200,0047

Keterangan :  $X_s$  : rerata (m); S : deviasi standar (m)

Tabel 2. Nilai kesalahan standar rerata satu sampel

Alat ukur	25 m	50 m	100 m	150 m	200 m	250 m
	Kesalahan standar (m)					
Pita ukur	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0004	0,0004
Disto™ Classic	0,0001	0,0002	0,0009	0,0011	0,0007	-
Total Station	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

**Uji t satu sampel pita ukur fiberglss, Disto™ Classic dan Total Station**

Tabel 3. Hasil uji t satu sampel pita ukur

Jarak (m)	Nilai t	Analisa	
		Nilai t tabel	Ho
25	-4,3410	-1,6990	Menolak
50	-16,0305	-1,6990	Menolak
100	-8,0859	-1,6990	Menolak
150	-15,8351	-1,6990	Menolak
200	-14,4165	-1,6990	Menolak
250	-6,7559	-1,6990	Menolak

Nilai uji t satu sample dihitung dengan persamaan (3). Berdasarkan hasil uji t satu sample ukuran pita ukur fiberglass (table 3) dapat dilihat bahwa hasil ukuran pada semua rentang jarak menolak Ho. Hal ini berarti ada perbedaan yang signifikan antara nilai rerata ukuran dan nilai rerata populasi.

Tabel 4. Hasil uji t satu sampel Disto™ Classic

Jarak (m)	Nilai t	Analisa	
		Nilai t tabel	Ho
25	-16,7988	-1,6990	Menolak
50	-12,1232	-1,6990	Menolak
100	4,1378	-1,6990	Menerima
150	0,8195	-1,6990	Menerima
200	10,0668	-1,6990	Menerima
250	-	-1,6990	Menolak

Tabel 6. Nilai kesalahan standar beda rerata dua sampel

Alat ukur	25 m	50 m	100 m	150 m	200 m	250 m
	Kesalahan standar (m)					
Pita ukur dan Disto™ Classic	0,0003	0,0003	0,0010	0,0012	0,0008	-
Pita ukur dan Total Station	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	0,0004	0,0005
Disto™ Classic dan Total Station	0,0002	0,0002	0,0010	0,0012	0,0007	-

Tabel 5. Hasil uji t satu sampel Total Station

Jarak	Nilai t	Analisa	
		Nilai t tabel	Ho
25	-0,0362	-1,6990	Menerima
50	-0,0321	-1,6990	Menerima
100	0,0000	-1,6990	Menerima
150	0,0351	-1,6990	Menerima
200	0,0000	-1,6990	Menerima
250	0,0000	-1,6990	Menerima

Berdasarkan hasil uji t satu sampel ukuran Disto™ Classic (Tabel 4) dapat dilihat bahwa hasil ukuran Disto™ Classic terdapat perbedaan secara signifikan antara nilai rerata ukuran dan nilai rerata populasi pada rentang jarak 25 m dan 50 m. Sedangkan pada rentang jarak lainnya tidak ada perbedaan secara signifikan.

Berdasarkan hasil uji t satu sampel ukuran Total Station (Tabel 5) dapat dilihat bahwa hasil ukuran pada semua rentang jarak menerima Ho. Hal ini berarti tidak ada perbedaan yang signifikan antara nilai rerata ukuran dan nilai rerata populasi.

**Menghitung nilai kesalahan standar rerata dua sampel**

Kesalahan standar beda rerata dua sampel dihitung dengan persamaan (2). Berdasarkan nilai kesalahan standar beda rerata dua sampel (Tabel 6), dapat dilihat bahwa nilai kesalahan standar beda rerata dua sampel pada jarak di bawah 100 m ukuran Disto™ Classic dan Total Station mempunyai nilai yang terkecil. Dengan demikian hasil beda rerata ukuran Disto™ Classic dan Total Station mempunyai nilai kepresisian yang lebih baik dibandingkan dengan hasil beda rerata ukuran dua sampel lainnya yaitu pita ukur dan Total Station serta pita ukur dan Disto™ Classic. Sedangkan untuk beda rerata dua sampel ukuran pita ukur dan Total Station mempunyai nilai kepresisian yang lebih baik untuk jarak 100 m dan di atasnya dibandingkan beda rerata dua sampel lainnya.

Tabel 7. Hasil uji t dua sampel ukuran jarak pita ukur dan Disto™ Classic

Uji t rerata bead dua sampel						Nilai t	Derajat bebas
Jarak (m)	Rerata (m)	Deviasi standar (m)	Kesalahan standar rerata (m)	95% selang kepercayaan bagi selisih rerata (m)			
				Batas bawah	Batas atas		
25	0,0010	0,0016	0,0003	0,0004	0,0016	3,5680	29
50	-0,0013	0,0014	0,0003	-0,0019	-0,0008	-5,3190	29
100	-0,0058	0,0052	0,0010	-0,0078	-0,0039	-6,0910	29
150	-0,0064	0,0063	0,0012	-0,0087	-0,0040	-5,5110	29
200	-0,0125	0,0042	0,0008	-0,0141	-0,0109	-16,1450	29

**Uji t dua sampel**

Nilai uji t dua sample dihitung dengan persamaan (6). Pada uji t dua sampel (Tabel 7) ditampilkan nilai beda rerata, nilai beda deviasi standar, nilai beda kesalahan standar serta nilai batas bawah dan batas atas dari selisih hasil hitungan dua ukuran dengan pita ukur dan Disto™ Classic pada tingkat kepercayaan 95 %. Nilai hitungan t pada masing-masing rentang pengukuran jarak yaitu 3,5680, -5,3190, -6,0910, -5,5110 dan -16,1450 mempunyai nilai di luar wilayah kritis yaitu -2,045 s.d. 2,045 pada  $t_{(72, (n-1))} = t_{0,025 (29)} = 2,045$  (nilai dari Tabel t). Hal ini dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara nilai ukuran pita ukur

dan Disto™ Classic, yang berarti nilai ukuran jarak kedua alat tersebut tidak sama.

Pada uji t dua sampel (Tabel 8) ditampilkan nilai beda rerata, nilai beda deviasi standar, nilai beda kesalahan standar serta nilai batas bawah dan batas atas dari selisih hasil hitungan dua ukuran dengan pita ukur dan Total Station pada tingkat kepercayaan 95 %. Nilai hitungan t pada masing-masing rentang pengukuran jarak yaitu -3,9960, -12,3090, -7,8240, -13,1750 dan -6,5100 mempunyai nilai di luar wilayah kritis yaitu -2,045 s.d. 2,045 pada  $t_{(72, (n-1))} = t_{0,025 (29)} = 2,045$  (nilai dari Tabel t). Hal ini dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara nilai ukuran pita ukur dan Total Station, yang berarti nilai ukuran jarak kedua alat tersebut tidak sama.

Tabel 8. Hasil uji t dua sampel ukuran jarak pita ukur dan Total Station

Uji t beda rerata dua sampel						Nilai t	Derajat bebas
Jarak (m)	Rerata (m)	Deviasi standar (m)	Kesalahan standar rerata (m)	95% selang kepercayaan bagi selisih rerata (m)			
				Batas bawah	Batas atas		
25	-0,0012	0,0016	0,0003	-0,0018	-0,0006	-3,9960	29
50	-0,0032	0,0014	0,0003	-0,0037	-0,0027	-12,3090	29
100	-0,0020	0,0014	0,0003	-0,0025	-0,0015	-7,8240	29
150	-0,0054	0,0021	0,0004	-0,0062	-0,0047	-14,4290	29
200	-0,0055	0,0023	0,0004	-0,0064	-0,0047	-13,1750	29
250	-0,0035	0,0029	0,0005	-0,0046	-0,0024	-6,5100	29

Tabel 9. Hasil uji t dua sampel ukuran jarak Disto™ Classic dan Total Station

Uji t rerata dua sampel						Nilai t	Derajat bebas
Jarak (m)	Rerata (m)	Deviasi standar (m)	Kesalahan standar rerata (m)	95% selang kepercayaan bagi selisih rerata (m)			
				Batas bawah	Batas atas		
25	-0,0022	0,0010	0,0002	-0,0026	-0,0018	-12,5350	29
50	-0,0019	0,0010	0,0002	-0,0022	-0,0015	-10,5060	29
100	0,0038	0,0052	0,0010	0,0019	0,0058	4,0640	29
150	0,0009	0,0064	0,0012	-0,0014	0,0033	0,8040	29
200	0,0070	0,0039	0,0007	0,0055	0,0084	9,8080	29
250	-	-	-	-	-	-	-



Pada uji t dua sampel (Tabel 9) ditampilkan nilai beda rerata, nilai beda deviasi standar, nilai beda kesalahan standar serta nilai batas bawah dan batas atas dari selisih hasil hitungan dua ukuran dengan pita ukur dan Total Station pada tingkat kepercayaan 95 %. Nilai hitungan t pada masing-masing rentang pengukuran jarak 25 m, 50 m, 100 m dan 200 m yaitu -12,5350, -10,5060, 4,0640 dan 9,8080 mempunyai nilai di luar wilayah kritis yaitu -2,045 s.d. 2,045 pada  $t_{1/2(n-1)} = t_{0,025(29)} = 2,045$  (nilai dari Tabel t). Hal ini dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara nilai ukuran Disto™ Classic dan Total Station, yang berarti nilai ukuran jarak kedua alat tersebut pada rentang 25 m, 50 m, 100 m dan 200 m tidak sama. Sedangkan untuk ukuran jarak 150 m perbedaan beda rerata hasil ukuran kedua alat tersebut tidak signifikan artinya nilai ukuran jarak kedua alat tersebut sama. Pada jarak 250 m tidak ada uji t dua sampel karena tidak ada data jarak 250 m untuk Disto™ Classic.

#### KESIMPULAN

Disto™ Classic dapat digunakan untuk menggantikan pita ukur dengan ketelitian yang lebih baik untuk jarak pendek di bawah 100 m. Sedangkan

untuk jarak 100 m dan di atasnya penggunaan alat ini masih perlu dikaji ulang karena ketelitiannya lebih rendah. Sedangkan bila dibandingkan dengan Total Station, Disto™ Classic ketelitiannya lebih rendah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, S., 1993, *Diktat Ilmu Ukur*, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.
- Davis, R.E, Foote, F.S., Anderson, J.M., and Mikhail, E.M., 1981, *Surveying Theory and Practice*, Sixth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Djarwanto dan Subagyo, 1993, *Statistik Induktif*, Edisi Keempat, BPFE, Yogyakarta, Indonesia.
- Instruction Manual Electronic Total Station GTS-210 Series*, Topcon Corporation, Tokyo, Japan.
- Manual Leica Disto™ Classic*, Versi 1.2, Almega Geosystems.
- McCormac, J., 1976, *Surveying*, A Simon & Schuster Company, New Jersey.
- Supranto, J., 1993, *Statistik Teori dan Aplikasi*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta, Indonesia.

LAMPIRAN A

Tabel hasil pengukuran jarak dengan pita ukur

No	Jarak P1 ke P2 25 m (m)	Jarak P1 ke P3 50 m (m)	Jarak P1 ke P4 100 m (m)	Jarak P1 ke P5 150 m (m)	Jarak P1 ke P6 200 m (m)	Jarak P1 ke P7 250 m (m)
1	25,0000	49,9980	100,0000	149,9950	199,9990	250,0030
2	24,9990	50,0000	100,0000	149,9970	200,0010	250,0010
3	25,0000	50,0000	100,0000	149,9990	199,9970	249,9990
4	24,9980	50,0010	100,0000	150,0000	199,9970	249,9980
5	25,0020	50,0010	100,0010	150,0010	199,9980	250,0010
6	25,0000	50,0010	100,0000	150,0010	199,9940	249,9980
7	24,9980	49,9980	99,9990	150,0010	199,9940	249,9960
8	25,0000	49,9990	100,0010	149,9970	199,9990	249,9940
9	24,9980	49,9980	100,0000	149,9970	200,0000	249,9970
10	25,0020	50,0000	100,0000	149,9970	200,0000	250,0030
11	25,0020	50,0010	99,9990	149,9980	200,0010	250,0020
12	25,0000	50,0010	99,9980	150,0000	200,0010	250,0020
13	25,0000	50,0000	99,9980	150,0020	200,0030	250,0040
14	25,0020	50,0000	99,9980	150,0000	200,0010	250,0030
15	25,0010	49,9980	99,9960	150,0020	199,9990	250,0020
16	25,0020	50,0000	99,9990	150,0010	199,9970	250,0040
17	25,0020	49,9980	100,0020	150,0020	199,9990	250,0020
18	25,0000	50,0000	100,0000	149,9970	200,0020	249,9970
19	25,0020	50,0000	99,9990	149,9990	200,0000	250,0000
20	24,9980	49,9990	100,0000	149,9980	199,9990	250,0010
21	24,9980	50,0000	100,0010	149,9990	199,9970	249,9990
22	25,0020	49,9990	99,9980	149,9970	199,9990	250,0050
23	25,0000	49,9990	99,9980	150,0000	200,0010	250,0010
24	25,0020	49,9980	99,9980	150,0000	200,0000	250,0010
25	25,0020	50,0000	100,0000	149,9980	199,9980	250,0020
26	25,0000	49,9990	99,9980	149,9990	199,9980	250,0010
27	25,0010	49,9980	100,0010	150,0010	200,0000	250,0050
28	25,0020	50,0000	100,0010	150,0000	199,9990	249,9970
29	25,0000	50,0000	100,0010	150,0020	200,0000	249,9960
30	24,9990	50,0010	100,0000	149,9990	200,0020	250,0010

## LAMPIRAN B

Tabel hasil pengukuran jarak dengan Disto™ Classic

No	Jarak P1 ke P2 25 m (m)	Jarak P1 ke P3 50 m (m)	Jarak P1 ke P4 100 m (m)	Jarak P1 ke P5 150 m (m)	Jarak P1 ke P6 200 m (m)	Jarak P1 ke P7 250 m (m)
1	25,0000	50,0010	100,0100	150,0000	200,0100	-
2	24,9990	49,9980	100,0100	150,0100	200,0100	-
3	24,9970	49,9990	100,0100	149,9900	200,0100	-
4	24,9990	50,0020	100,0100	149,9900	200,0100	-
5	25,0010	50,0020	100,0100	150,0100	200,0100	-
6	25,0000	50,0020	100,0000	150,0100	200,0100	-
7	24,9990	50,0020	100,0000	150,0000	200,0200	-
8	25,0000	50,0010	100,0100	150,0000	200,0100	-
9	25,0000	50,0000	100,0100	150,0100	200,0100	-
10	24,9990	50,0010	100,0000	150,0000	200,0200	-
11	25,0000	50,0010	100,0100	150,0100	200,0100	-
12	24,9990	50,0010	100,0100	150,0000	200,0100	-
13	25,0000	50,0010	100,0000	150,0100	200,0200	-
14	24,9990	50,0000	100,0100	150,0000	200,0100	-
15	24,9990	50,0010	100,0100	150,0100	200,0100	-
16	24,9990	50,0010	100,0100	150,0100	200,0100	-
17	25,0000	50,0010	100,0100	150,0100	200,0200	-
18	24,9990	50,0010	100,0100	150,0100	200,0100	-
19	25,0000	50,0010	100,0100	150,0100	200,0100	-
20	25,0000	50,0010	100,0100	150,0100	200,0100	-
21	24,9990	50,0000	100,0000	150,0100	200,0100	-
22	24,9990	50,0010	100,0000	150,0100	200,0100	-
23	24,9990	50,0010	100,0000	150,0100	200,0200	-
24	24,9990	50,0020	100,0000	150,0000	200,0100	-
25	24,9990	50,0010	100,0000	150,0100	200,0100	-
26	24,9990	50,0010	100,0000	150,0100	200,0100	-
27	25,0000	50,0010	100,0000	150,0100	200,0100	-
28	24,9990	50,0010	100,0000	150,0000	200,0100	-
29	25,0000	50,0010	100,0000	150,0100	200,0100	-
30	24,9990	50,0010	100,0000	150,0000	200,0100	-

Untuk jarak 250 m dengan Disto™ Classic tidak dapat diperoleh karena signal terlalu lemah sehingga tidak dapat dibaca oleh alat tersebut.

## LAMPIRAN C

Tabel hasil pengukuran jarak dengan Total Station

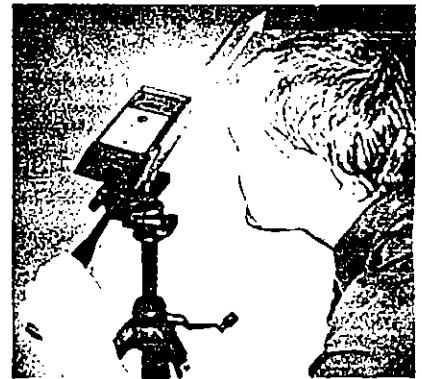
No	Jarak P1 ke P2 25 m (m)	Jarak P1 ke P3 50 m (m)	Jarak P1 ke P4 100 m (m)	Jarak P1 ke P5 150 m (m)	Jarak P1 ke P6 200 m (m)	Jarak P1 ke P7 250 m (m)
1	25,0020	50,0030	100,0010	150,0050	200,0040	250,0040
2	25,0010	50,0030	100,0010	150,0050	200,0050	250,0040
3	25,0010	50,0010	100,0020	150,0050	200,0050	250,0040
4	25,0020	50,0020	100,0020	150,0050	200,0050	250,0040
5	25,0010	50,0020	100,0020	150,0050	200,0050	250,0040
6	25,0010	50,0020	100,0020	150,0030	200,0050	250,0040
7	25,0020	50,0030	100,0020	150,0050	200,0050	250,0030
8	25,0010	50,0020	100,0020	150,0050	200,0050	250,0050
9	25,0010	50,0030	100,0020	150,0040	200,0050	250,0040
10	25,0020	50,0030	100,0010	150,0050	200,0040	250,0040
11	25,0010	50,0020	100,0010	150,0050	200,0040	250,0050
12	25,0010	50,0030	100,0010	150,0040	200,0060	250,0040
13	25,0010	50,0030	100,0010	150,0050	200,0050	250,0040
14	25,0020	50,0020	100,0020	150,0050	200,0050	250,0030
15	25,0010	50,0030	100,0010	150,0050	200,0040	250,0050
16	25,0020	50,0030	100,0010	150,0050	200,0050	250,0040
17	25,0010	50,0040	100,0010	150,0040	200,0050	250,0040
18	25,0020	50,0030	100,0010	150,0050	200,0050	250,0040
19	25,0020	50,0030	100,0010	150,0050	200,0050	250,0030
20	25,0020	50,0030	100,0020	150,0050	200,0040	250,0040
21	25,0020	50,0030	100,0020	150,0050	200,0050	250,0040
22	25,0020	50,0030	100,0010	150,0050	200,0040	250,0040
23	25,0020	50,0030	100,0020	150,0050	200,0040	250,0030
24	25,0020	50,0030	100,0020	150,0050	200,0030	250,0040
25	25,0020	50,0030	100,0010	150,0050	200,0040	250,0040
26	25,0020	50,0030	100,0020	150,0040	200,0060	250,0040
27	25,0010	50,0030	100,0010	150,0040	200,0050	250,0040
28	25,0010	50,0030	100,0020	150,0040	200,0050	250,0050
29	25,0020	50,0030	100,0010	150,0050	200,0050	250,0040
30	25,0020	50,0030	100,0020	150,0050	200,0040	250,0040

Gambar dan Spesifikasi Teknis Disto™ Classic

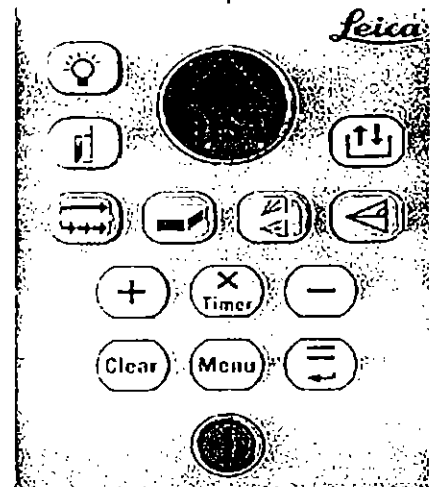
## Leica Disto Classic<sup>5</sup>

- Precise and reliable: Measure up to 200 metres with  $\pm 3\text{mm}$  accuracy
- Versatile : Measure indoors, outdoors and hard to reach areas
- Safe: Avoid hazardous measuring procedures. Measure safely with a Leica DISTO.
- Measuring heights: Measuring poles and steel tapes are a thing of the past. Today you aim at the ceiling, press the button and the ceiling height is measured in seconds, effortlessly.
- Integrated bubble: Makes horizontal measurements very easy.
- Distances, areas and volumes: Measure length, width and height from any reference point of a room. The Area or the volume is available on demand.
- The best selling DISTO classic has been completely redesigned. With a 200m range, built-in level bubble, and on screen measuring has never been easier.
- Also features a built-in telescopic viewfinder.
- A range of calculation feature.
- Offers versatility along with tremendous value for money
- **Tecnicl data**
- Measuring accuray typ.:  $\pm 3\text{mm}/0.1\text{in}$
- Range (depends on surface characteristics): 0.2 to 200m (0.7 to 650ft)
- Time for a measurement: 0.5 to about 4 secs.
- Distnce tracking: 0.16 to about 1 sec.
- Unit of measure: mm, cm, ft, ft in 1/16, in, in 1/16, ' " 1/16
- Distance, area, volume measurement
- Time delay release
- Tracking
- Min/max distance measuring
- Pythagoras function
- Calculator
- Calculation, function total: 7
- Constans: 10
- Recall last 15 values
- Keyboard: soft touch
- Multiple line segment display
- Illuminated LCD
- Multi-functional end piece
- Bult-in telescopic viewer
- Built-in bubble
- Hand loop and Holster
- Up to 10,000 measurements per battery set
- Batteries: 2x 1.5v AA
- Splash proof/dust proof (IP54)
- Dimension: 172 x 73 x 45 mm (6.8 x 2.9 x 1.8 in)
- Weight including batteries: 335g/11.81oz

Fast & Accurate One Man Measuring



Built-in telescopic viewfinder!



New soft touch keypad