

Jaring kontrol vertikal dengan metode sipatdatar

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	iii
1 Ruang lingkup	1
2 Istilah dan definisi.....	1
3 Klasifikasi	3
4 Konvensi.....	4
4.1 penetapan datum vertikal	4
4.2 Ketelitian jaringan	5
4.3 Konfigurasi jaring.....	6
4.4 Peralatan	7
4.4.1 Kelas LAA.....	7
4.4.2 Kelas LA	8
4.4.3 Kelas LB	8
4.4.4 Kelas LC	8
4.4.5 Kelas LD	8
4.5 Metode pengamatan	8
4.5.1 Kelas LAA.....	8
4.5.2 Kelas LA	9
4.5.3 Kelas LB	9
4.5.4 Kelas LC	9
4.5.4 Kelas LD	10
4.6 Pengolahan data	10
4.6.1 Kelas LAA.....	10
4.6.2 Kelas LA	10
4.6.3 Kelas LB	11
4.6.4 Kelas LC	11
4.6.5 Kelas LD	11
4.7 Pelaporan	12
5 Spesifikasi teknik.....	12

5.1	Karakteristik alat	12
5.2	Pengujian alat.....	12
5.3	Prosedur pengukuran	12
	Lampiran A (informatif) Pedoman teknik <i>kelas</i> LAA	17
	Lampiran B (informatif) Pedoman teknik <i>kelas</i> LA.....	21
	Lampiran C (informatif) Pedoman teknik <i>kelas</i> LB.....	25
	Lampiran D (informatif) Pedoman teknis <i>kelas</i> LC.....	28
	Lampiran E (informatif) Pedoman teknis <i>kelas</i> LD.....	31
	Lampiran F (informatif) Tanda Tinggi Geodesi (TTG).....	34
	Lampiran G Bentuk dan konstruksi TTG untuk <i>kelas</i> LAA/ <i>orde</i> 0	43
	Lampiran H (informatif) Buku ukur	45
	Lampiran I (informatif) Pengecekan garis kolimasi, uji benang silang vertikal dan uji sensitivitas nivo rambu ukur.....	47
	Lampiran J (informatif) Metode lompat katak, cara pengikatan sementara, cara pengecekan TTG awal atau akhir dan pengukuran gayaberat.....	49
	Lampiran K (Informatif) Tahap hitungan perataan jaring terkendala minimal dan perataan jaring terkendala penuh	52
	Bibliografi	57

Prakata

Standar ini berisikan klasifikasi, konvensi, spesifikasi teknis dan pedoman teknis pelaksanaan yang berlaku secara nasional untuk pekerjaan pembangunan serta pengembangan jaring titik kontrol vertikal nasional dengan metode sipatdatar.

SNI ini dipersiapkan oleh Panitia Teknik 211S, Survei dan Pemetaan. Standar ini telah disepakati dalam konsensus nasional tanggal 6 Desember 2004 di Cibinong, yang dihadiri oleh ahli-ahli yang terkait dibidangnya dari instansi pemerintah, instansi non-pemerintah serta instansi terkait lainnya.

Jaring kontrol vertikal dengan metode sipatdatar

1 Ruang lingkup

Ruang lingkup standar ini meliputi istilah dan definisi jaring kontrol vertikal, klasifikasi, konvensi, spesifikasi teknis, dan pedoman teknis tentang pendefinisian datum, penerapan kelas dan orde, yang berhubungan dengan pembangunan dan pengembangan jaring kontrol vertikal dengan metode sipatdatar.

2 Istilah dan definisi

2.1

tinggi ortometrik

tinggi terhadap geoid sepanjang garis unting-unting

2.2

tanda tinggi geodesi (TTG)

titik tetap di lapangan yang berbentuk pilar dengan ukuran tertentu, yang menandai nilai tinggi, sebagai bagian dari jaring kontrol vertikal, yang berfungsi sebagai titik kontrol vertikal (TKV)

Keterangan: Tanda tinggi geodesi disebut juga tanda tinggi tetap (*bench mark*)

2.3

datum vertikal

bidang referensi untuk sistem tinggi ortometrik yaitu geoid

2.3.1

geoid

bidang ekuipotensial gayaberasat bumi yang paling mendekati muka laut rerata

2.3.2

titik datum

titik yang mempunyai nilai tinggi terhadap datum vertikal dan dipilih sebagai titik pangkal (*origin*) untuk jaring kontrol vertikal

2.3.3

muka laut rerata (MLR)

bidang permukaan laut rata-rata selama kurun waktu tertentu

2.4

jaring kontrol vertikal nasional

serangkaian titik kontrol vertikal yang satu sama lainnya diikatkan dengan ukuran beda tinggi ortometrik mengacu pada titik datum

Keterangan: jaring kontrol vertikal yang diselenggarakan oleh instansi yang berwenang belum bisa disebut jaring kontrol vertikal nasional

2.5

subjaring kontrol vertikal

jaring kontrol vertikal yang meliputi sebagian wilayah nasional dengan datum vertikal lokal (independen)

2.6

kelas

atribut yang menunjukkan ketelitian internal (*internal accuracy*) jaring sebagai fungsi metode dan alat pengukuran desain jaring, dan metode hitungan. Kelas dinilai melalui analisis ketelitian hasil proses perataan terkendala minimal

2.7

orde

atribut yang menunjukkan ketelitian eksternal (*external accuracy*) jaring sebagai fungsi kelas jaring, kedekatan (kesesuaian) data ukuran terhadap jaring kontrol yang digunakan untuk ikatan dan ketelitian proses transformasi datum

Keterangan: Orde ini terbagi menjadi orde 0, orde 1, orde 2, orde 3 dan orde 4

2.7.1

slag

jalur pengukuran antara dua titik berdiri rambu ukur dengan sekali berdiri instrumen

2.7.2

seksi

jalur pengukuran antara dua Tanda Tinggi Geodesi (TTG) atau *Bench Mark* (BM) yang berurutan

Keterangan: Satu seksi pada umumnya terdiri atas beberapa *slag*

2.7.3

kring

jalur pengukuran yang membentuk rangkaian tertutup (berawal dan berakhir pada titik kontrol vertikal yang sama)

2.8

perataan kuadrat terkecil

metode hitung perataan yang berdasarkan pada minimalisasi jumlah kuadrat residu data pengamatan

2.8.1

presisi

derajat kesesuaian atau kedekatan hasil-hasil ukuran berulang satu terhadap yang lain. Presisi menunjukkan konsistensi internal

2.8.2

akurasi

derajat kedekatan hasil ukuran terhadap nilai sebenarnya atau nilai yang dianggap benar

2.8.3

perataan terkendala minimal

perataan kuadrat terkecil data pengamatan dengan jumlah kendala (parameter yang dianggap tetap) sebanyak minimal yang diperlukan untuk mencapai penyelesaian. Dalam hal penentuan tinggi, jumlah kendala minimal sama dengan satu

2.8.4

perataan terkendala penuh

perataan kuadrat terkecil data pengamatan dengan jumlah kendala (parameter yang dianggap tetap) melebihi jumlah minimal yang diperlukan untuk mencapai penyelesaian

3 Klasifikasi

Pengertian klasifikasi disini adalah pengelompokan atau penjenjangan JKV yang didasarkan pada tingkat presisi dan akurasi hasil survei. Fakta empiris yang diterapkan untuk dasar klasifikasi ialah bahwa ketelitian pengukuran beda tinggi dengan metode sipatdatar memanjang sebanding dengan akar jarak pengukuran.

Kelas JKV ditentukan oleh faktor-faktor desain jaringan, pelaksanaan pengukuran, peralatan yang digunakan, teknik reduksi dan hasil hitung perataan terkendala minimal (*minimally constraint*). Penempatan *kelas* JKV pada akhirnya didasarkan pada hasil hitung perataan jaring terkendala minimal. Kriteria untuk penempatan kelas adalah besarnya kesalahan maksimal $r = c \sqrt{d}$, dengan harga c sebagai berikut.

Tabel 1 Penjenjangan *Kelas*

Sipatdatar memanjang $R \text{ (mm)} = c \sqrt{d \text{ (km)}}$	
<i>Kelas</i>	c (untuk 1σ)
LAA	2
LA	4
LB	8
LC	12
LD	18

Orde JKV ditentukan oleh ketelitian tinggi titik hasil perataan jaring terkendala penuh (*full constraint*) terkait dengan faktor-faktor:

- kelas* pengukuran;
- orde* titik kontrol pengikat;
- ketelitian antar datum transformasi;
- besar perbedaan antara tinggi baru dengan tinggi titik kontrol pada pertemuan jaring lama dan baru.

Orde tertinggi yang dapat dicapai oleh suatu hasil survei dengan *kelas* yang telah diuji dan ditetapkan sebagai berikut.

Tabel 2 Hubungan *kelas* dan *orde*

Sipatdatar memanjang	
<i>Kelas</i>	<i>Orde tertinggi</i>
LAA	L0
LA	L1
LB	L2
LC	L3
LD	L4

Orde menunjukkan ketepatan pengukuran terhadap titik kontrol pengikat. Penetapan *orde* suatu jaring baru dilakukan dengan membandingkan ketelitian (1σ) hasil perataan jaring terkendala penuh dengan standar kesalahan maksimum yang diperkenankan, sebagai berikut.

Tabel 3 Penjenjangan orde

Sipatdatar memanjang $r \text{ (mm)} = c \sqrt{d \text{ (km)}}$	
Orde	c (untuk 1σ)
L0	2
L1	4
L2	8
L3	12
L4	18

Dengan demikian maka penentuan orde suatu jaring kontrol vertikal tertentu harus melalui 2 uji yaitu uji kesesuaian kelas pengukuran dan uji kesesuaian ketelitian tinggi titik untuk menetapkan orde.

4 Konvensi

4.1 penetapan datum vertikal

Pengembangan JKV dimulai dengan pendefinisian datum vertikal yang realisasinya dilaksanakan dengan penetapan tinggi ortometrik suatu TTG yang berfungsi sebagai titik datum sistem JKV yang akan dikembangkan. Penetapan tinggi ortometrik TTG awal ini harus diikatkan dengan stasiun pasut yang diamati selama kurun waktu sekurang-kurangnya 18,6 tahun untuk memperoleh tinggi TTG terhadap MLR.

Bidang ekipotensial yang melalui MLR pada stasiun pasut di titik datum ditetapkan sebagai datum vertikal.

Mengingat sampai saat ini metode maupun teknologi penyatuan datum vertikal untuk seluruh wilayah Indonesia yang merupakan negara kepulauan belum bisa diwujudkan, jaring kontrol vertikal nasional orde nol belum dapat dilaksanakan.

Instansi yang berwenang dalam survei dan pemetaan telah menyelenggarakan JKV di sejumlah pulau di Indonesia yaitu:

1. Pulau Jawa JKV orde satu dengan datum vertikal rerata MLR di Tanjung Priok Jakarta dan Tanjung Perak Surabaya;
2. Pulau Madura: JKV orde satu dengan datum vertikal pengukuran trigonometri dari TTG. 1751 di Pulau Jawa ke TTG. 1030 di Pulau Madura;
3. Pulau Bali: JKV orde satu dengan datum vertikal rerata MLR di stasiun pasut pelabuhan Benoa;
4. Pulau Lombok: JKV orde satu dengan datum vertikal MLR di stasiun pasut Lembar Pulau Lombok;
5. Pulau Sumatera: JKV orde dua dengan datum vertikal rerata MLR di stasiun pasut Malahayati Nangro Aceh, stasiun pasut Sibolga, stasiun pasut Telukbayur Padang, stasiun pasut Bengkulu, stasiun pasut Dumai, dan stasiun pasut Panjang;
6. Pulau Sulawesi: Sulawesi Selatan, JKV orde dua dengan datum vertikal MLR di stasiun pasut Ujungpandang, Mamuju dan Palopo. Sulawesi Utara, JKV orde dua dengan datum vertikal rerata MLR stasiun pasut Bitung. Sulawesi Tenggara, JKV orde dua dengan datum vertikal rerata MLR di stasiun pasut pelabuhan Kendari;
7. Pulau Kalimantan: Kalimantan Barat, JKV orde dua dengan datum vertikal MLR stasiun pasut Jungkat, Pontianak;
8. Pulau Ambon: JKV orde dua dengan datum vertikal MLR stasiun pasut pelabuhan Ambon;

9. Pulau Seram: JKV orde dua dengan datum vertikal Tinggi Elipsoid dikurangi Undulasi dari data gayaberat global.

Dalam kondisi tidak memungkinkan penetapan datum vertikal dengan metode ideal, seperti tersebut di atas, maka penetapan datum vertikal dapat ditempuh melalui pendekatan dengan teknik tertentu sedemikian rupa sehingga diperoleh tinggi titik datum sedekat mungkin dengan tinggi terhadap geoid. Datum vertikal pendekatan dapat ditetapkan dengan cara-cara prioritas sebagai berikut.

1. penetapan datum vertikal dengan data pasut minimal 1 tahun;
2. penggunaan *peil* pelabuhan laut atau sungai yang memiliki informasi tentang tinggi terhadap MLR;
3. kombinasi GPS dengan model geoid global;
4. interpolasi tinggi pada peta topografi;
5. penentuan tinggi barometrik.

Jaring kontrol vertikal di seluruh Indonesia dapat dilaksanakan oleh setiap masyarakat survei dan pemetaan, dengan mengacu kepada standar ini.

Apabila hasil pengukuran jaring kontrol vertikal belum diikatkan pada suatu datum vertikal yang ditentukan oleh instansi yang berwenang dalam survei dan pemetaan, sesuai dengan ketentuan dalam standar ini, JKV tersebut masih dalam status kelas. Peningkatan status kelas menjadi kelas dan orde, harus dilakukan melalui koordinasi dan supervisi dengan instansi yang berwenang dalam survei dan pemetaan.

Perlu diperhatikan, dalam penetapan datum vertikal pendekatan adalah bahwa datum tersebut dapat merepresentasikan tinggi di atas MLR bagi JKV yang akan dikembangkan, menghindari nilai tinggi negatif, dan memperhatikan tempat terendah yang ada dalam wilayah pengembangan JKV.

Terhadap datum vertikal nasional (yang akan ditetapkan kemudian) datum vertikal subsistem JKV (datum pendekatan) dipandang sebagai *datum vertikal lokal*, meskipun penetapannya melalui pengamatan pasut selama kurun waktu 18,6 tahun. Penyatuan dua atau lebih datum vertikal lokal, terutama yang terpisah oleh lautan, ke dalam satu sistem datum vertikal lokal yang baru maupun datum vertikal nasional adalah wewenang dan tanggung jawab otoritas pusat dibawah koordinasi instansi yang berwenang dalam survei dan pemetaan.

Metode pengukuran JKV dilaksanakan dengan cara sipatdatar yang diikatkan pada titik datum baik langsung maupun tidak langsung.

4.2 Ketelitian jaringan

Ketelitian hasil pengukuran tinggi JKV dapat dilihat dari kesalahan penutup hasil ukuran pergi-pulang dalam seksi, satu jalur pengukuran, dan *kring*, deviasi standar hasil perataan jaring terkendala minimal, dan deviasi standar hasil perataan jaring terkendala penuh. Penjenjangan *kelas* pengukuran berdasarkan pada batas maksimum kesalahan penutup pergi-pulang, sebagai berikut.

Tabel 4 Standar kesalahan penutup pergi-pulang

Kelas pengukuran	Toleransi per-seksi (mm/km)	Toleransi per-jalur (mm/km)	Toleransi per-kring (mm/km)
LAA	$2 \sqrt{d}$	$2 \sqrt{D}$	$3 \sqrt{D}$
LA	$4 \sqrt{d}$	$4 \sqrt{D}$	$5 \sqrt{D}$
LB	$8 \sqrt{d}$	$8 \sqrt{D}$	$8 \sqrt{D}$
LC	$12 \sqrt{d}$	$12 \sqrt{D}$	$12 \sqrt{D}$
LD	$18 \sqrt{d}$	$18 \sqrt{D}$	$18 \sqrt{D}$

Keterangan:

$$D = \sum d$$

Standar kesalahan maksimum setelah perataan jaring, baik dengan perataan terkendala minimal ataupun perataan terkendala penuh, sebagai berikut.

Tabel 5 Standar kesalahan tinggi

Kelas pengukuran	Orde	Toleransi σ_1, σ_2 (mm)
LAA	L0	$2 \sqrt{D}$
LA	L1	$4 \sqrt{D}$
LB	L2	$8 \sqrt{D}$
LC	L3	$12 \sqrt{D}$
LD	L4	$18 \sqrt{D}$

Keterangan:

D adalah panjang jalur pengukuran dalam km

σ_1 adalah standar kesalahan hasil perataan jaring terkendala minimum

σ_2 adalah standar kesalahan hasil perataan jaring terkendala penuh.

4.3 Konfigurasi jaring

JKV nasional terdiri atas, berturut-turut dari orde tinggi ke orde rendah, *orde-0*, *orde-1*, *orde-2*, *orde-3* dan *orde-4*. Pengembangan JKV harus mengikuti kaidah hirarki kelas dan orde yang mengharuskan suatu jaring orde tertentu diikatkan pada jaring orde yang lebih tinggi. Pengembangan JKV nasional mengambil strategi dari *lokal ke nasional*, yang berarti pengembangan subjaring lokal dilanjutkan dengan penggabungan jaring-jaring lokal ke dalam satu jaring nasional.

Setiap sub-JKV menerapkan datum vertikal lokal sendiri dan wilayahnya mencakup sekurang-kurangnya suatu sistem kabupaten. Apabila wilayah suatu kabupaten meliputi lebih dari satu pulau atau terpisah-pisah oleh badan air yang tidak memungkinkan pengukuran beda tinggi dengan standar kelas ketelitian yang dibakukan, maka tiap pulau atau wilayah yang terpisah tersebut dikembangkan satu sub-JKV dengan datum vertikal lokal sendiri.

Untuk mengembangkan sub-JKV dari awal (di wilayah yang belum tersedia JKV), maka pengukuran sipatdatar dengan kelas pengukuran tertinggi (LAA atau LA atau LB) dilaksanakan terlebih dahulu dengan jaring tertutup (*kring*), dimulai dan diakhiri pada titik datum yang telah ditetapkan. Setelah uji kesesuaian kelas pengukuran dengan perataan jaring terkendala minimal, maka ditetapkan kelas pengukuran JKV tersebut. Orde JKV kemudian ditetapkan atau diasumsikan (sebagai orde lokal) berdasarkan kelas pengukuran yang telah diuji dan ditetapkan sesuai dengan standar klasifikasi yang dibakukan.

Pengukuran JKV *orde* lebih rendah kemudian dilaksanakan dengan mengikat kepada JKV yang *ordenya* telah ditetapkan.

Sesuai dengan kaidah bahwa JKV *orde* rendah harus mengikat kepada JKV yang memiliki *orde* lebih tinggi, maka suatu segmen JKV harus berawal dan berakhir pada TTG yang memiliki *orde* yang lebih tinggi. Standar spasi antara dua jalur pengukuran dan spasi antara titik-titik simpul berturutan, sesuai dengan *orde* jaring sebagai berikut.

Tabel 6 Spasi antarpengukuran dan titik simpul

orde jaring	spasi antara dua jalur pengukuran (km)	spasi antara titik-titik simpul (km)
L0	100 – 300	300
L1	50 - 100	100
L2	20 – 50	50
L3	10 – 25	25
L4	sesuai kebutuhan	sesuai kebutuhan

Spasi antarpilar TTG disesuaikan dengan kemampuan pengukuran sipatdatar pergi-pulang dalam satu hari dan kondisi topografi daerah pengukuran. Sementara itu, dimensi pilar TTG disesuaikan dengan *orde* jaring. Adapun spasi dan dimensi pilar sesuai dengan *orde* titik kontrol masing-masing disajikan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7 Spasi TTG

Kriteria	Kelerengan (%)	Spasi antarpilar (km)
I	0 – 5	4,0 – 5,0
II	> 5	2,0 – 4,0

Tabel 8 Dimensi pilar tanda tinggi

Orde	Dimensi pilar tanda tinggi (cm)
L0	khusus lihat lampiran
L1	40 x 40 x 100
L2	30 x 30 x 100
L3	20 x 20 x 100
L4	20 x 20 x 75

4.4 Peralatan

4.4.1 Kelas LAA

4.4.1.1 Alat ukur sipatdatar yang digunakan adalah:

- sipatdatar tipe tetap (*spirit*), dengan deviasi standar maksimum $\pm 0,2$ mm/km, sensitivitas nivo penyipat datar 10", dilengkapi dengan mikrometer planparalel;
- sipatdatar otomatis, dengan deviasi standar maksimum $\pm 0,2$ mm/km, memiliki gerakan bebas kompensator maksimum 12', dilengkapi dengan mikrometer planparalel;
- sipatdatar digital, dengan deviasi standar maksimum $\pm 0,4$ mm/km, desimal pembacaan rambu sampai dengan per-seratus (0,01);
- alat ukur gayaberas (gravimeter).

4.4.1.2 Menggunakan rambu invar tanpa lipatan, dengan interval skala rambu 5 mm, atau invar kode batang (*barcode*) untuk sipatdatar digital, dilengkapi dengan nivo rambu.

4.4.2 Kelas LA

4.4.2.1 Alat ukur sipatdatar yang digunakan adalah:

- a). sipatdatar otomatis, dengan deviasi standar maksimum ± 1 mm/km, memiliki gerakan bebas kompensator maksimum $15'$, dilengkapi dengan mikrometer *planparalel*;
- b). sipatdatar digital, dengan deviasi standar maksimum 0,9 mm/km, desimal pembacaan rambu sampai dengan perseratus (0,01);
- c). sensitivitas nivo kotak terendah $10'$;
- d). alat ukur gayaberat (gravimeter).

4.4.2.2 Menggunakan rambu invar tanpa lipatan, dengan interval skala rambu 5 mm, atau invar kode batang untuk sipatdatar digital, dilengkapi dengan nivo rambu.

4.4.3 Kelas LB

4.4.3.1 Alat ukur sipatdatar yang digunakan adalah:

- a). sipatdatar otomatis, dengan deviasi standar maksimum ± 2 mm/km, memiliki gerakan bebas kompensator maksimum $25'$, dilengkapi dengan mikrometer planparalel;
- b). sipatdatar digital, dengan deviasi standar maksimum 1,5 mm/km, desimal pembacaan rambu sampai dengan perserpuh (0,1);
- c). sensitivitas nivo kotak terendah $15'$.

4.4.3.2 Menggunakan rambu invar tanpa lipatan, dengan interval skala rambu 5 mm atau 10 mm, atau invar kode untuk sipatdatar digital, dilengkapi dengan nivo rambu.

4.4.4 Kelas LC

4.4.4.1 Alat ukur sipatdatar yang digunakan adalah:

- a). sipatdatar otomatis, dengan deviasi standar maksimum ± 3 mm/km, memiliki gerakan bebas kompensator maksimum $30'$, dilengkapi dengan mikrometer *planparalel*;
- b). sensitivitas nivo kotak terendah $40'$.

4.4.4.2 Menggunakan rambu invar tanpa lipatan, dengan interval skala rambu 10 mm dilengkapi dengan nivo rambu.

4.4.5 Kelas LD

4.4.5.1 Alat ukur sipatdatar yang digunakan adalah tipe tetap atau tipe otomatis dengan deviasi standar maksimum ± 4 mm/km.

4.4.5.2 Menggunakan rambu kayu atau teleskopik, dengan interval skala rambu 10 mm dilengkapi dengan nivo rambu.

4.5 Metode pengamatan

4.5.1 Kelas LAA

- a). panjang jalur/jumlah jarak ke rambu muka dan belakang pengukuran sipatdatar antara dua TTG, tidak boleh lebih dari 4 kali jarak lurus antarkedua TTG tersebut;
- b). pengukuran setiap seksi dilakukan pergi-pulang secara independen;
- c). alat yang digunakan untuk pengukuran pergi berbeda dengan alat yang digunakan untuk pengukuran pulang dengan juru ukur yang berbeda dan waktu yang berbeda;

- d). pengukuran dalam satu seksi dianggap selesai jika selisih beda tinggi antara pengukuran pergi dan pengukuran pulang lebih kecil atau sama dengan $2 \text{ mm}\sqrt{d}$;
- e). pengukuran ulang dalam satu seksi harus dilakukan jika selisih beda tinggi pergi dan pulang tidak memenuhi toleransi $2 \text{ mm}\sqrt{d}$. Pengukuran ulang paling sedikit dilakukan satu kali pengukuran pergi dan satu kali pengukuran pulang. Pengukuran ulang dianggap selesai jika selisih beda tinggi ukuran pergi dan pulang telah memenuhi toleransi $2 \text{ mm}\sqrt{d}$.

4.5.2 Kelas LA

- a). panjang jalur/jumlah jarak ke rambu muka dan belakang pengukuran sipatdatar antara dua TTG, tidak boleh lebih dari 4 kali jarak lurus antarkedua TTG tersebut;
- b). pengukuran setiap seksi dilakukan pergi-pulang secara independen;
- c). juru ukur yang melakukan pengukuran pergi berlainan dengan juru ukur yang melakukan pengukuran pulang;
- d). pengukuran dalam satu seksi dianggap selesai jika selisih beda tinggi antara pengukuran pergi dan pengukuran pulang lebih kecil atau sama dengan $4 \text{ mm}\sqrt{d}$;
- e). pengukuran ulang dalam satu seksi harus dilakukan jika selisih beda tinggi pergi dan pulang tidak memenuhi toleransi $4 \text{ mm}\sqrt{d}$. Pengukuran ulang paling sedikit dilakukan satu kali pengukuran pergi dan satu kali pengukuran pulang. Pengukuran ulang dianggap selesai jika selisih beda tinggi ukuran pergi dan pulang telah memenuhi toleransi $4 \text{ mm}\sqrt{d}$;
- f). pengikatan ke titik kontrol yang memiliki *orde* lebih tinggi maka harus dilakukan *prove datum* ke tiga TTG yang setingkat ketelitiannya.

4.5.3 Kelas LB

- a). panjang jalur/jumlah jarak ke rambu muka dan belakang pengukuran sipatdatar antara dua TTG, tidak boleh lebih dari 4 kali jarak lurus antarkedua TTG tersebut;
- b). pengukuran setiap seksi dilakukan pergi-pulang secara independen;
- c). juru ukur yang melakukan pengukuran pergi berlainan dengan juru ukur yang melakukan pengukuran pulang;
- d). pengukuran dalam satu seksi dianggap selesai jika selisih beda tinggi antara pengukuran pergi dan pengukuran pulang lebih kecil atau sama dengan $8 \text{ mm}\sqrt{d}$;
- e). pengukuran ulang dalam satu seksi harus dilakukan jika selisih beda tinggi pergi dan pulang tidak memenuhi toleransi $8 \text{ mm}\sqrt{d}$. Pengukuran ulang paling sedikit dilakukan satu kali pengukuran pergi dan satu kali pengukuran pulang. Pengukuran ulang dianggap selesai jika selisih beda tinggi ukuran pergi dan pulang telah memenuhi toleransi $8 \text{ mm}\sqrt{d}$;
- f). pengikatan ke titik kontrol yang memiliki *orde* lebih tinggi maka harus dilakukan *prove datum* ke tiga TTG.

4.5.4 Kelas LC

- a). panjang jalur/jumlah jarak ke rambu muka dan belakang pengukuran sipatdatar antara dua TTG, tidak boleh lebih dari 4 kali jarak lurus antar kedua TTG tersebut;
- b). pengukuran setiap seksi dilakukan pergi-pulang secara independen;
- c). pengukuran dalam satu seksi dianggap selesai jika selisih beda tinggi antara pengukuran pergi dan pengukuran pulang lebih kecil atau sama dengan $12 \text{ mm}\sqrt{d}$;

- d). pengukuran ulang dalam satu seksi harus dilakukan jika selisih beda tinggi pergi dan pulang tidak memenuhi toleransi $12 \text{ mm}\sqrt{d}$. Pengukuran ulang paling sedikit dilakukan satu kali pengukuran pergi dan satu kali pengukuran pulang. Pengukuran ulang dianggap selesai jika selisih beda tinggi ukuran pergi dan pulang telah memenuhi toleransi $12 \text{ mm}\sqrt{d}$;
- e). pengikatan ke titik kontrol yang memiliki *orde* lebih tinggi, maka harus dilakukan *prove datum* ke tiga TTG.

4.5.4 Kelas LD

- a). panjang jalur/jumlah jarak ke rambu muka dan belakang pengukuran sipatdatar antara dua TTG, tidak boleh lebih dari 4 kali jarak lurus antar kedua TTG tersebut;
- b). pengukuran setiap seksi dilakukan pergi-pulang secara independen atau dengan dua kedudukan alat (*double stand*);
- c). pengukuran dalam satu seksi dianggap selesai jika selisih beda tinggi antara pengukuran pergi dan pengukuran pulang lebih kecil atau sama dengan $18 \text{ mm}\sqrt{d}$;
- d). pengukuran ulang dalam satu seksi harus dilakukan jika selisih beda tinggi pergi dan pulang tidak memenuhi toleransi $18 \text{ mm}\sqrt{d}$. Pengukuran ulang paling sedikit dilakukan satu kali pengukuran pergi dan satu kali pengukuran pulang atau *double stand*. Pengukuran ulang dianggap selesai jika selisih beda tinggi ukuran pergi dan pulang telah memenuhi toleransi $18 \text{ mm}\sqrt{d}$;
- e). pengikatan ke titik kontrol yang memiliki *orde* lebih tinggi, maka harus dilakukan *prove datum* ke tiga TTG.

4.6 Pengolahan data

Pengolahan data meliputi pengolahan data di lapangan dan pengolahan data di kantor. Standar data sesuai dengan *kelas* pengukuran adalah sebagai berikut.

4.6.1 Kelas LAA

4.6.1.1 Pengolahan data lapangan meliputi:

- a). hitungan beda tinggi setiap *slag* pengukuran;
- b). hitungan selisih beda tinggi pergi-pulang setiap seksi pengukuran;
- c). hitungan selisih jumlah jarak ke rambu muka dan rambu belakang pada setiap seksi pengukuran.

4.6.1.2 Pengolahan data di kantor meliputi:

- a). hitungan koreksi ortometrik;
- b). hitungan perataan jaring terkendala minimal;
- c). uji statistik penetapan *kelas* pengukuran;
- d). hitungan perataan jaring terkendala penuh;
- e). uji statistik penetapan *orde* JKV.

4.6.2 Kelas LA

4.6.2.1 Pengolahan data lapangan meliputi:

- a). hitungan beda tinggi setiap *slag* pengukuran;
- b). hitungan selisih beda tinggi pergi-pulang setiap seksi pengukuran;
- c). hitungan selisih jumlah jarak ke rambu muka dan rambu belakang pada setiap seksi pengukuran.

4.6.2.2 Pengolahan data di kantor meliputi:

- a). hitungan koreksi ortometrik;
- b). hitungan perataan jaring terkendala minimal;
- c). uji statistik penetapan *kelas* pengukuran;
- d). hitungan perataan jaring terkendala penuh;
- e). uji statistik penetapan *orde* JKV.

4.6.3 Kelas LB**4.6.3.1** Pengolahan data lapangan meliputi:

- a). hitungan beda tinggi setiap *slag* pengukuran;
- b). hitungan selisih beda tinggi pergi-pulang setiap seksi pengukuran;
- c). hitungan selisih jumlah jarak ke rambu muka dan rambu belakang pada setiap seksi pengukuran.

4.6.3.2 Pengolahan data di kantor meliputi:

- a). hitungan koreksi ortometrik apabila tersedia data gayaberat hasil ukuran;
- b). hitungan perataan jaring terkendala minimal;
- c). uji statistik penetapan *kelas* pengukuran;
- d). hitungan perataan jaring terkendala penuh;
- e). uji statistik penetapan *orde* JKV.

4.6.4 Kelas LC**4.6.4.1** Pengolahan data lapangan meliputi:

- a). hitungan beda tinggi setiap *slag* pengukuran;
- b). hitungan selisih beda tinggi pergi-pulang setiap seksi pengukuran;
- c). hitungan selisih jumlah jarak ke rambu muka dan rambu belakang pada setiap seksi pengukuran;
- d). hitungan kesalahan penutup pada setiap *kring* pengukuran.

4.6.4.2 Pengolahan data di kantor meliputi:

- a). hitungan koreksi ortometrik apabila tersedia data gayaberat hasil ukuran;
- b). hitungan perataan jaring terkendala minimal;
- c). uji statistik penetapan *kelas* pengukuran;
- d). hitungan perataan jaring terkendala penuh;
- e). uji statistik penetapan *orde* JKV.

4.6.5 Kelas LD**4.6.5.1** Pengolahan data lapangan meliputi:

- a). hitungan beda tinggi setiap *slag* pengukuran;
- b). hitungan selisih beda tinggi pergi-pulang setiap seksi pengukuran;
- c). hitungan selisih jumlah jarak ke rambu muka dan rambu belakang pada setiap seksi pengukuran.

4.6.5.2 Pengolahan data di kantor meliputi:

- a). hitungan perataan jaring terkendala minimal;
- b). uji statistik penetapan *kelas* pengukuran;
- c). hitungan perataan jaring terkendala penuh;
- d). uji statistik penetapan *orde* JKV.

4.7 Pelaporan

Selama pekerjaan pengukuran sipatdatar, pelaksana diwajibkan melaporkan kemajuan pekerjaan secara periodik. Penyampaian laporan terdiri atas laporan mingguan, laporan bulanan, dan laporan akhir. Isi laporan meliputi jenis pekerjaan, personel pelaksana, lokasi pekerjaan, volume pekerjaan yang telah dicapai, *copy* data lapangan harian.

5 Spesifikasi teknik

Spesifikasi teknik meliputi karakteristik alat, pengujian alat dan prosedur pengukuran untuk masing-masing *kelas*.

5.1 Karakteristik alat

Karakteristik alat ini meliputi tipe alat yang digunakan, konstruksi rambu, interval rambu dan lain-lain, seperti pada Tabel 9 (keterangan lebih lengkap lihat lampiran).

5.2 Pengujian alat

Pengujian alat dimaksudkan untuk mengetahui kondisi alat yang akan dipakai. pengujian ini mencakup pengujian alat ukur sipatdatar, rambu dan nivo, seperti pada Tabel 10 (keterangan lebih lengkap lihat lampiran).

5.3 Prosedur pengukuran

Prosedur pengukuran meliputi ketentuan-ketentuan yang harus dipenuhi sebelum, pada saat, dan setelah pengukuran sipatdatar dilaksanakan, seperti pada Tabel 11 (keterangan lebih lengkap lihat lampiran).

Tabel 9. Karakteristik Alat

Kelas	LAA	LA	LB	LC	LD
syarat minimum sipatdatar	0,2 mm/km sipatdatar otomatis dengan mikrometer(<i>spirit level</i>), 0,4 mm/km sipatdatar digital,	sipatdatar otomatis dengan mikrometer,	sipatdatar otomatis dengan mikrometer	sipatdatar otomatis	sipatdatar otomatis/ <i>spirit level</i>
pemakaian alat ukur gayaberat (gravimeter)	ya	ya	tidak	tidak	tidak
konstruksi rambu	kaku invar	kaku invar	kaku invar	kayu (lipat)	teleskopik/kayu (lipat)
interval pembacaan rambu	5 mm	5 mm atau 10 mm	5 mm atau 10 mm	10 mm	10 mm
konstruksi tripod	kaku	kaku	kaku	kaku	kaku atau teleskopik
pemakaian nivo rambu	ya	ya	ya	ya	opsional
pemakaian sepatu rambu	ya	ya	ya	ya	ya
pemakaian payung	ya	ya	ya	tidak	tidak

Tabel 10. Pengujian Alat

Kelas	LAA	LA	LB	LC	LD
simpangan baku maks uji sistem	spirit 1,0"/2 mm auto 0,4" setting accuracy	1,5"	4"	10"	-
cek kolimasi vertikal waktu kesalahan kolimasi maks	setiap hari 2" atau 0,3 mm pada jarak 30 m	setiap hari 2" atau 0,8 mm pada jarak 80 m	setiap hari 4" atau 1,5 mm pada jarak 80 m	setiap hari 10" atau 4 mm pada jarak 80 m	jika diperlukan 10" atau 4 mm pada jarak 80 m
uji benang silang vertikal	ya	ya	ya	ya	opsional
kalibrasi rambu	sebelum pengukuran dilakukan dan setiap 3 bulan sekali			setiap 1 th sekali	opsional
uji sensitivitas nivo	5'	10'	10'	10'	10'
ketelitian termometer	0,5° c	1° c	1° c	1° c	opsional

Tabel 11. Prosedur Pengukuran

Kelas	LAA	LA	LB	LC	LD
pengaturan sumbu i vertikal	ya	ya	ya	ya	ya
arah berdiri rambu pada pengukuran dengan sistem lompat katak	ya	ya	ya	ya	ya
pencatatan pembacaan rambu terkecil	0,01 mm	0,1 mm	0,1 mm	1 mm	1 mm
pencatatan pembacaan temperatur	awal, tengah, akhir dan setiap perubahan	awal dan akhir pengukuran dan setiap perubahan temperatur yang mencolok			–
jarak pandang maksimum antara alat ukur sipatdatar dan rambu	20 m –30 m	40 m	60 m	80 m	100 m
tinggi garis bidik terendah	0,5 m	0,5 m	0,5 m	0,3 m	0,2 m
pengukuran jarak antar rambu	pita ukur/ optik	pita ukur/optik	optik	optik	optik
beda jarak maksimum sipatdatar ke rambu muka dan belakang dalam satu slag	1%	1%	2%	2%	5%
beda jumlah jarak maksimum sipatdatar ke rambu muka dan belakang dalam satu seksi	1%	1%	2%	2%	5%
waktu pengukuran	sebelum pukul 10.00 dan setelah pukul 14.00		setiap waktu	setiap waktu	setiap waktu
pengukuran pergi dan pulang	ya	ya	ya	ya	ya

Tabel 11 (Lanjutan)

Kelas	LAA	LA	LB	LC	LD
pengukuran dalam satu seksi dengan jumlah <i>slag</i> genap	ya	ya	ya	ya	opsional
jumlah titik sekutu minimum untuk pengukuran yang ditunda	tidak boleh ditunda	tidak boleh ditunda	2	2	1
jumlah titik minimum sekutu untuk pengukuran yang ditunda lebih dari lima hari	tiga titik diukur ulang kesalahannya maksimum $2\sqrt{d}$		3	3	1
kesalahan penutup maksimum pengukuran pergi pulang (mm) meliputi seksi dan <i>kring</i>	$2\sqrt{d}$ d (km)	$4\sqrt{d}$ d (km)	$8\sqrt{d}$ d (km)	$12\sqrt{d}$ d (km)	$18\sqrt{d}$ d (km)
jumlah titik bm minimum yang dipakai untuk pengecekan datum	3	3	3	3	2
jumlah titik datum yang diukur ulang	ya	ya	ya	ya	ya
kesalahan penutup maksimum pada pengukuran titik datum (mm)	$2\sqrt{d}$ d (km)	$2\sqrt{d}$ d (km)	$8\sqrt{d}$ d (km)	$12\sqrt{d}$ d (km)	d (km)
pengukuran gayaberat	ya	ya	ya	interpolasi	tidak perlu
koreksi ortometrik	ya	ya	ya	ya	tidak perlu

Lampiran A
(informatif)
Pedoman teknik kelas LAA

Berdasarkan spesifikasi teknik, berikut ini diuraikan pedoman pelaksanaan untuk kelas LAA. pedoman teknik meliputi konfigurasi jaring, karakteristik alat, uji alat, prosedur pengukuran, pengolahan data, dan pelaporan.

A.1 Konfigurasi jaring

Konfigurasi jaring dirancang dengan mempertimbangkan efek perambatan kesalahan pada pengukuran sipatdatar. Pola jaring dalam suatu kawasan atau subsistem jaringan diusahakan dalam bentuk rangkaian-rangkaian pengukuran tertutup atau terikat pada TTG di kedua ujung jalur pengukuran. Satu subsistem JKV paling sedikit terikat pada satu datum vertikal. Spasi antara dua jalur pengukuran dan spasi maksimum antara dua titik-titik simpul yang berurutan disajikan pada Tabel 6. Spasi antarpilar TTG disesuaikan dengan kemampuan pengukuran sipatdatar pergi-pulang dalam satu hari dan kondisi topografi pada daerah pengukuran. Sementara itu dimensi pilar TTG disesuaikan dengan orde jaring. Spasi dan dimensi pilar sesuai dengan orde titik kontrol masing-masing, seperti pada Tabel 7 dan Tabel 8. Cara pembuatan dan pemasangannya, bentuk dan konstruksi pilar tinggi untuk kelas LAA seperti pada Lampiran F dan Lampiran G.

A.2 Karakteristik alat

pekerjaan pengukuran JKV kelas LAA digunakan alat ukur sipatdatar beserta kelengkapannya sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan pada Pasal 4.4 dan Tabel 9.

A.3 Uji alat

- a). pengecekan garis kolimasi harus dilakukan setiap hari sebelum pengukuran;
- b). uji benang silang vertikal;
- c). kalibrasi rambu ukur dilakukan sebelum pengukuran dilaksanakan dan selanjutnya selang waktu tiga bulan sekali;
- d). uji sensitivitas nivo rambu ukur.

A.4 Prosedur pengukuran

- a). sebelum pengukuran (setiap hari) harus dilakukan pemeriksaan dan penentuan besarnya kesalahan kolimasi. Hasil pemeriksaan harus dilampirkan dalam laporan;
- b). pengaturan sumbu I vertikal dilakukan dengan cara, setiap kali mendirikan alat dan menyeimbangkan nivo, teropong selalu diarahkan pada rambu yang sama;
- c). penempatan rambu dalam setiap pengukuran menggunakan sistem lompat katak;
- d). kedudukan rambu pada setiap titik harus betul-betul tegak pada setiap pembacaan alat. Dasar rambu harus selalu bersih dari kotoran tanah atau kotoran lainnya;
- e). rambu ukur yang digunakan 2 buah, masing-masing diberi nomor I dan nomor II dan

dilengkapi dengan nivo. Jika titik awal pengukuran dimulai dengan rambu nomor I (rambu belakang), maka pada titik akhir pengukuran dalam satu seksi, rambu nomor I menjadi rambu muka;

- f). pada setiap pengukuran yang dibaca pada rambu adalah benang tengah, benang atas, dan benang bawah;
- g). pada waktu pengukuran, masing-masing rambu ditegakkan di atas landasan rambu yang telah dipasang stabil dan disangga dengan statif rambu;
- h). selama pengukuran keadaan gelembung nivo dan pendulum pada alat ukur sipatdatar memenuhi persyaratan pengaturan alat;
- i). pencatatan temperatur dilakukan pada awal, tengah, akhir dan pada saat terjadi perubahan temperatur sangat mencolok, tujuannya untuk mendeteksi kesalahan indeks rambu;
- j). jarak pandang antara alat ukur sipatdatar dan rambu 20 m– 30 m;
- k). tinggi garis bidik terendah yang diperbolehkan adalah 0,5 meter di atas permukaan tanah;
- l). jarak alat ukur sipatdatar ke rambu diukur dengan pegas ukur dan diukur juga secara optik;
- m). dalam setiap *slag*, beda jarak antara alat ukur sipatdatar ke rambu belakang dan ke rambu muka tidak boleh lebih dari 1 %, artinya:

$$[(Dm - Db) / (Dm + Db)] \times 100 \% \leq 1 \%$$

Keterangan:

Dm: Jarak muka

Db : Jarak belakang

- n). dalam setiap seksi, beda jumlah jarak ke rambu muka dan jumlah jarak ke rambu belakang tidak boleh lebih dari 1 %, artinya:

$$[(\Sigma Dm - \Sigma Db) / (\Sigma Dm + \Sigma Db)] \times 100 \% \leq 1 \%$$

- o). waktu pengukuran dilakukan sebelum pukul 10.00, setelah 14.00. Jika pada jam-jam tersebut kondisi udara buruk (misalnya hujan, udara bergetar) maka pengukuran harus dihentikan;
- p). pengukuran beda tinggi harus dilakukan pergi dan pulang;
- q). pengukuran dalam satu seksi dilakukan dengan jumlah *slag* genap;
- r). apabila karena satu dan lain hal pengukuran seksi tidak dapat diselesaikan dalam satu hari, maka pengukuran harus diulangi pada hari berikutnya secara lengkap (pergi-pulang);
- s). kesalahan penutup pengukuran pergi-pulang untuk pengukuran satu seksi maksimum $(2 \sqrt{d})$ mm;
- t). kesalahan penutup pada pengukuran sipatdatar untuk pemindahan tinggi dari referensi pasut ke titik datum maksimum $(2 \sqrt{d})$ mm;
- u). cara pengikatan sementara, jika pengukuran dalam satu hari tidak bisa sampai pada TTG dalam satu seksi dapat dilihat pada Lampiran J;
- v). jumlah TTG yang dipakai untuk mengecek datum (*prove datum*) pada pengikatan kedua ujung suatu jalur JKV masing-masing tiga TTG. Cara pengecekan datum pada awal atau akhir jalur JKV disajikan pada Lampiran J;
- w). semua data pengukuran di lapangan dicatat pada formulir lapangan. contoh formulir lapangan untuk pengukuran sipatdatar dapat dilihat pada Lampiran H;
- x). setiap selesai pengukuran hasilnya dilaporkan untuk masing-masing seksi pergi-pulang baik pagi maupun sore hari;
- y). pengukuran gayaberat dilakukan untuk koreksi ortometrik.

A.5 pengolahan data

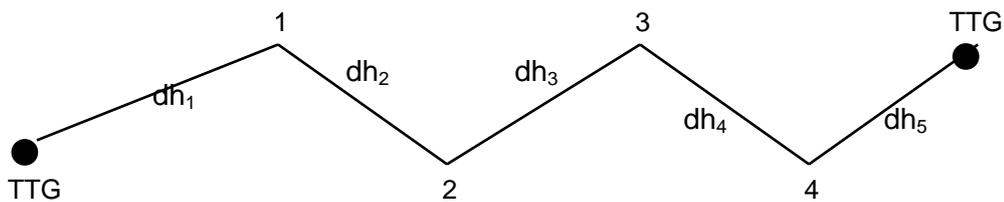
A.5.1 Menghitung kesalahan penutup pergi-pulang (fpp) tiap seksi pengukuran

- a). menghitung jumlah aljabar beda tinggi dalam satu seksi pergi dan pulang ($\sum dh$ dan $\sum dh'$) dengan mengambil contoh pada Gambar A.1, maka:

$$\text{pergi : } \sum dh = dh_1 + dh_2 + dh_3 + dh_4 + dh_5$$

$$\text{pulang: } \sum dh' = dh_1' + dh_2' + dh_3' + dh_4' + dh_5'$$

dh : beda tinggi tiap *slag* ;



Gambar A.1 Jaringan sipatdatar satu seksi pengukuran

- b). menghitung selisih beda tinggi pergi-pulang

$$F_{pp} = \sum dh - \sum dh' ;$$

- c). untuk mengetahui apakah jaringan tersebut memenuhi toleransi ketelitian *kelas* LAA, maka nilai fpp perlu dibandingkan atau diuji dengan batas toleransi sebesar $2 \sqrt{d}$. Bila $f_{pp} \leq 2 \sqrt{d}$ maka pengukuran untuk *kelas* LAA.

A.5.2 Hitungan koreksi ortometrik:

$$\Delta H_{AB} = \Delta n_{AB} + \sum \left\{ (g - \gamma_0) / \gamma_0 \right\} \delta n + \left\{ (g_A - \gamma_0) / \gamma_0 \right\} H_A - \left\{ (g_B - \gamma_0) / \gamma_0 \right\} H_B$$

Langkah hitungannya adalah sebagai berikut:

- a). menghitung nilai gayaberat antara titik A dan B yaitu:

$$(g) = (g_A + g_B) / 2 ;$$

- b). menghitung nilai gayaberat normal γ_0 sesuai dengan ellipsoid referensi yang digunakan;
 c). menghitung nilai gayaberat menengah di titik A (g_A) dan B (g_B) yaitu:

$$(g_A) = g_A^u + 0,0424 H_A \quad \text{dan} \quad (g_B) = g_B^u + 0,0424 H_B ;$$

- d). menghitung koreksi dinamik beda ukuran tinggi antara titik A dan B;
 e). menghitung koreksi dinamik di titik A dan titik B;
 f). menghitung koreksi ortometrik beda tinggi ukuran antara A dan B.

A.5.3 Hitung perataan jaring

- a). model perataan yang digunakan adalah metode parameter dengan model matematik besaran pengamatan beda tinggi tiap seksi pengukuran (dh) pergi-pulang masing-masing sebagai fungsi dari parameter tinggi TTG atau JKV (H). Jumlah persamaannya adalah sebanyak jumlah pengukuran pergi-pulang;
- b). tahap pertama dilakukan hitung perataan terkendala minimal. Apabila hitungan perataan menghasilkan nilai σ_1 (mm) $< 2\sqrt{d}$ maka pengukuran yang bersangkutan termasuk *kelas* pengukuran LAA;
- c). tahap kedua dilakukan hitung perataan terkendala penuh dan nilai σ_2 (mm) hasil perataan digunakan untuk menentukan *ordenya*.

A.6 Pelaporan

Selama pekerjaan pengukuran sipatdatar, pelaksana diwajibkan melaporkan kemajuan pekerjaan secara periodik. Penyampaian laporan terdiri atas laporan mingguan, laporan bulanan, dan laporan akhir. Isi laporan meliputi jenis pekerjaan, personel pelaksana, lokasi pekerjaan, volume pekerjaan yang telah dicapai, salinan data pengukuran harian yang tertuang dalam buku ukur

Lampiran B
(informatif)
Pedoman teknik kelas LA

Berdasarkan spesifikasi teknik, berikut ini diuraikan pedoman pelaksanaan untuk kelas LA. Pedoman teknik meliputi konfigurasi jaring, karakteristik alat, uji alat, prosedur pengukuran, pengolahan data, dan pelaporan.

B.1 Konfigurasi jaring

Orde tertinggi didalam suatu subsistem JKV harus berupa jaring tertutup (*kring*) dengan panjang jalur pengukuran sesuai dengan *standar spasi* jalur pengukuran *orde* yang setingkat di atasnya. Spasi antara dua jalur pengukuran dan spasi maksimum antara dua titik-titik simpul yang berurutan disajikan pada Tabel 6.

Spasi antarpilar TTG disesuaikan dengan kemampuan pengukuran sipatdatar pergi-pulang dalam satu hari dan kondisi topografi pada daerah pengukuran. Sementara itu dimensi pilar TTG disesuaikan dengan *orde* jaringan. Spasi dan dimensi pilar sesuai dengan *orde* titik kontrol masing-masing, seperti pada Tabel 7 dan Tabel 8. Cara pembuatan dan pemasangannya, bentuk dan konstruksi pilar tinggi untuk kelas LA seperti pada Lampiran F

B.2 Karakteristik alat

pekerjaan pengukuran JKV kelas LA digunakan alat ukur sipatdatar beserta kelengkapannya sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan pada Pasal 4.4 dan Tabel 9.

B.3 Uji alat

- a). pengecekan garis kolimasi harus dilakukan setiap hari sebelum pengukuran;
- a). uji benang silang vertikal;
- b). kalibrasi rambu ukur dilakukan sebelum pengukuran dilaksanakan dan selanjutnya selang waktu tiga bulan sekali;
- c). uji sensitivitas nivo rambu ukur.

B.4 Prosedur pengukuran

- a). sebelum pengukuran (setiap hari) harus dilakukan pemeriksaan dan penentuan besarnya kesalahan kolimasi. Hasil pemeriksaan harus dilampirkan dalam laporan;
- b). pengaturan sumbu I vertikal dilakukan dengan cara, setiap kali mendirikan alat dan menyeimbangkan nivo, teropong selalu diarahkan pada rambu yang sama;
- c). penempatan rambu dalam setiap pengukuran menggunakan sistem lompat katak;
- d). kedudukan rambu pada setiap titik harus betul-betul tegak pada setiap pembacaan alat. Dasar rambu harus selalu bersih dari kotoran tanah atau kotoran lainnya;
- e). rambu ukur yang digunakan 2 buah, masing-masing diberi nomor I dan nomor II dan dilengkapi dengan nivo. Jika titik awal pengukuran dimulai dengan rambu nomor I (rambu belakang), maka pada titik akhir pengukuran dalam satu seksi, rambu nomor I menjadi rambu muka;

- f). pada setiap pengukuran yang dibaca pada rambu adalah benang tengah, benang atas, dan benang bawah;
- g). selama pengukuran keadaan gelembung nivo dan pendulum pada alat ukur sipatdatar memenuhi persyaratan pengaturan alat;
- h). pencatatan temperatur dilakukan pada awal, tengah, akhir dan pada saat terjadi perubahan temperatur sangat mencolok, tujuannya untuk mendeteksi kesalahan indeks rambu;
- i). jarak pandang antara alat ukur sipatdatar dan rambu 40 meter;
- j). tinggi garis bidik terendah yang diperbolehkan adalah 0,5 meter di atas permukaan tanah;
- k). jarak alat ukur sipatdatar ke rambu diukur dengan pegas ukur dan diukur juga secara optik;
- l). dalam setiap *slag*, beda jarak antara alat ukur sipatdatar ke rambu belakang dan ke rambu muka tidak boleh lebih dari 1 %, artinya:

$$[(Dm - Db) / (Dm + Db)] \times 100 \% \leq 1 \%$$

Keterangan:

Dm: Jarak muka

Db : Jarak belakang

- m). dalam setiap seksi, beda jumlah jarak ke rambu muka dan jumlah jarak ke rambu belakang tidak boleh lebih dari 1 %, artinya:

$$[(\Sigma Dm - \Sigma Db) / (\Sigma Dm + \Sigma Db)] \times 100 \% \leq 1 \%$$

- n). waktu pengukuran dilakukan sebelum pukul 10.00, setelah pukul 14.00. Jika pada waktu tersebut kondisi udara buruk (misalnya hujan, udara bergetar) maka pengukuran harus dihentikan;
- o). pengukuran beda tinggi harus dilakukan pergi dan pulang;
- p). pengukuran dalam satu seksi dilakukan dengan jumlah *slag* genap;
- q). apabila karena satu dan lain hal pengukuran seksi tidak dapat diselesaikan dalam satu hari, maka pengukuran harus diulangi pada hari berikutnya secara lengkap (pergi-pulang);
- r). kesalahan penutup pengukuran pergi-pulang untuk pengukuran satu seksi maksimum ($4 \sqrt{d}$) mm;
- s). kesalahan penutup pada pengukuran sipatdatar untuk pemindahan tinggi dari referensi pasut ke titik datum maksimum ($4 \sqrt{d}$) mm;
- t). cara pengikatan sementara, jika pengukuran dalam satu hari tidak bisa sampai pada TTG dalam satu seksi dapat dilihat pada Lampiran J;
- u). jumlah TTG yang dipakai untuk mengecek datum (*prove datum*) pada pengikatan kedua ujung suatu jalur JKV masing-masing minimum tiga TTG. Cara pengecekan datum pada awal atau akhir jalur JKV disajikan pada Lampiran J;
- v). semua data pengukuran di lapangan dicatat pada formulir lapangan. Contoh formulir lapangan untuk pengukuran sipatdatar dapat dilihat pada Lampiran H;
- w). setiap selesai pengukuran hasilnya dilaporkan untuk masing-masing seksi pergi-pulang baik pagi maupun sore hari;
- x). pengukuran gayaberat dilakukan untuk koreksi ortometrik;

B.5 Pengolahan data

B.5.1 Menghitung kesalahan penutup pergi-pulang (fpp) tiap seksi pengukuran

- a). menghitung jumlah aljabar beda tinggi dalam satu seksi pergi dan pulang (Σdh dan $\Sigma dh'$) dengan mengambil contoh pada Gambar A.1, maka,

Pergi : $\Sigma dh = dh_1 + dh_2 + dh_3 + dh_4 + dh_5$
 Pulang: $\Sigma dh' = dh_1' + dh_2' + dh_3' + dh_4' + dh_5'$
 dh : beda tinggi tiap *slag* ;

- b). menghitung selisih beda tinggi pergi-pulang

$$F_{pp} = \Sigma dh - \Sigma dh' ;$$

- c). untuk mengetahui apakah jaring tersebut memenuhi toleransi ketelitian *kelas* LA, maka nilai fpp perlu dibandingkan atau diuji dengan batas toleransi sebesar $4 \sqrt{d}$. Bila $f_{pp} \leq 4 \sqrt{d}$ maka pengukuran untuk *kelas* LA.

B.5.2 Hitungan koreksi ortometrik:

$$\Delta H_{AB} = \Delta n_{AB} + \sum \left\{ \frac{(g - \gamma_0)}{\gamma_0} \right\} \delta n + \left\{ \frac{(g_A - \gamma_0)}{\gamma_0} \right\} H_A - \left\{ \frac{(g_B - \gamma_0)}{\gamma_0} \right\} H_B$$

Langkah hitungannya adalah sebagai berikut:

- a). menghitung nilai gayaberat antara titik A dan B yaitu:

$$(g) = (g_A + g_B) / 2 ;$$

- b). menghitung nilai gayaberat normal γ_0 sesuai dengan ellipsoid referensi yang digunakan;
 c). menghitung nilai gayaberat menengah di titik A (g_A) dan B (g_B) yaitu:

$$(g_A) = g_A'' + 0,0424 H_A \quad \text{dan} \quad (g_B) = g_B'' + 0,0424 H_B ;$$

- d). menghitung koreksi dinamik beda ukuran tinggi antara titik A dan B;
 e). menghitung koreksi dinamik di titik A dan titik B;
 f). menghitung koreksi ortometrik beda tinggi ukuran antara A dan B.

2.5.3 Hitung perataan jaring

- a). model perataan yang digunakan adalah metode parameter dengan model matematik besaran pengamatan beda tinggi tiap seksi pengukuran (dh) pergi-pulang masing-masing sebagai fungsi dari parameter tinggi TTG atau JKV (H). Jumlah persamaannya adalah sebanyak jumlah pengukuran pergi-pulang;
 b). tahap pertama dilakukan hitung perataan terkendala minimal. Apabila hitungan perataan menghasilkan nilai σ_1 (mm) $< 4 \sqrt{d}$ maka pengukuran yang bersangkutan termasuk *kelas* pengukuran LA;
 c). tahap kedua dilakukan hitung perataan terkendala penuh dan nilai σ_2 (mm) hasil perataan digunakan untuk menentukan *ordenya*.

B.6 Pelaporan

Selama pekerjaan pengukuran sipatdatar, pelaksana diwajibkan melaporkan kemajuan pekerjaan secara periodik. Penyampaian laporan terdiri atas laporan mingguan, laporan bulanan, dan laporan akhir. Isi laporan meliputi jenis pekerjaan, personel pelaksana, lokasi pekerjaan, volume pekerjaan yang telah dicapai, salinan data pengukuran harian yang tertuang dalam buku ukur

Lampiran C
(informatif)
Pedoman teknik kelas LB

Berdasarkan spesifikasi teknik, berikut ini diuraikan pedoman pelaksanaan untuk kelas LB. Pedoman teknik meliputi konfigurasi jaring, karakteristik alat, uji alat, prosedur pengukuran, pengolahan data, dan pelaporan.

C.1 Konfigurasi jaring

Orde tertinggi didalam suatu subsistem JKV harus berupa jaring tertutup (*kring*) dengan panjang jalur pengukuran sesuai dengan *standar spasi* jalur pengukuran *orde* yang setingkat di atasnya. Spasi antara dua jalur pengukuran dan spasi maksimum antara dua titik-titik simpul yang berurutan disajikan pada Tabel 6.

Spasi antarpilar TTG disesuaikan dengan kemampuan pengukuran sipatdatar pergi-pulang dalam satu hari dan kondisi topografi pada daerah pengukuran. Sementara itu dimensi pilar TTG disesuaikan dengan *orde* jaringan. Spasi dan dimensi pilar sesuai dengan *orde* titik kontrol masing-masing, seperti pada Tabel 7 dan Tabel 8. Cara pembuatan dan pemasangannya, bentuk dan konstruksi pilar tinggi untuk kelas LB seperti pada Lampiran F.

C.2 Karakteristik alat

pekerjaan pengukuran JKV kelas LB digunakan alat ukur sipatdatar beserta kelengkapannya sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan pada Pasal 4.4 dan Tabel 9.

C.3 Uji alat

- a). pengecekan garis kolimasi harus dilakukan setiap hari sebelum pengukuran;
- b). uji benang silang vertikal;
- c). kalibrasi rambu ukur dilakukan sebelum pengukuran dilaksanakan dan selanjutnya selang waktu tiga bulan sekali;
- d). uji sensitivitas nivo rambu ukur.

C.4 Prosedur pengukuran

- a). sebelum pengukuran (setiap hari) harus dilakukan pemeriksaan dan penentuan besarnya kesalahan kolimasi. Hasil pemeriksaan harus dilampirkan dalam laporan;
- b). pengaturan sumbu I vertikal dilakukan dengan cara, setiap kali mendirikan alat dan menyeimbangkan nivo, teropong selalu diarahkan pada rambu yang sama;
- c). penempatan rambu dalam setiap pengukuran menggunakan sistem lompat katak;
- d). kedudukan rambu pada setiap titik harus betul-betul tegak pada setiap pembacaan alat. Dasar rambu harus selalu bersih dari kotoran tanah atau kotoran lainnya;
- e). rambu ukur yang digunakan 2 buah, masing-masing diberi nomor I dan nomor II dan dilengkapi dengan nivo. Jika titik awal pengukuran dimulai dengan rambu nomor I (rambu belakang), maka pada titik akhir pengukuran dalam satu seksi, rambu nomor I menjadi rambu muka;

- f). pada setiap pengukuran yang dibaca pada rambu adalah benang tengah, benang atas, dan benang bawah;
- g). selama pengukuran keadaan gelembung nivo dan pendulum pada alat ukur sipatdatar memenuhi persyaratan pengaturan alat;
- h). pencatatan temperatur dilakukan pada awal, tengah, akhir dan pada saat terjadi perubahan temperatur sangat mencolok, tujuannya untuk mendeteksi kesalahan indeks rambu;
- i). jarak pandang antara alat ukur sipatdatar dan rambu 60 meter;
- j). tinggi garis bidik terendah yang diperbolehkan adalah 0,5 meter di atas permukaan tanah;
- k). jarak alat ukur sipatdatar ke rambu diukur secara optik;
- l). dalam setiap *slag*, beda jarak antara alat ukur sipatdatar ke rambu belakang dan ke rambu muka tidak boleh lebih dari 2 %, artinya:

$$[(Dm - Db) / (Dm + Db)] \times 100 \% \leq 2 \%$$

Keterangan:

Dm: Jarak muka

Db : Jarak belakang;

- m). dalam setiap seksi, beda jumlah jarak ke rambu muka dan jumlah jarak ke rambu belakang tidak boleh lebih dari 2 %, artinya:

$$[(\Sigma Dm - \Sigma Db) / (\Sigma Dm + \Sigma Db)] \times 100 \% \leq 2 \%$$

- n). pengukuran dilakukan setiap waktu;
- o). pengukuran beda tinggi harus dilakukan pergi dan pulang;
- p). pengukuran dalam satu seksi dilakukan dengan jumlah *slag* genap;
- q). apabila karena satu dan lain hal pengukuran seksi tidak dapat diselesaikan dalam satu hari, maka pengukuran pada hari berikutnya dimulai dari dua titik sekutu dari pengukuran hari sebelumnya;
- r). jumlah TTG sekutu untuk pengukuran yang ditunda lebih dari lima hari, minimum tiga TTG yang diukur ulang dengan kesalahan yang harus memenuhi syarat toleransi ($8\sqrt{d}$) mm;
- s). kesalahan penutup pengukuran pergi-pulang untuk pengukuran satu seksi maksimum ($8\sqrt{d}$) mm;
- t). kesalahan penutup pada pengukuran sipatdatar untuk pemindahan tinggi dari referensi pasut ke titik datum maksimum ($8\sqrt{d}$) mm;
- u). cara pengikatan sementara, jika pengukuran dalam satu hari tidak bisa sampai pada TTG dalam satu seksi dapat dilihat pada Lampiran J;
- v). jumlah TTG yang dipakai untuk mengecek datum (*prove datum*) pada pengikatan kedua ujung suatu jalur JKV masing-masing minimum tiga TTG. Cara pengecekan datum pada awal atau akhir jalur JKV disajikan pada Lampiran J;
- w). semua data pengukuran di lapangan dicatat pada formulir lapangan. contoh formulir lapangan untuk pengukuran sipatdatar dapat dilihat pada Lampiran H;
- x). setiap selesai pengukuran hasilnya dilaporkan untuk masing-masing seksi pergi-pulang baik pagi maupun sore hari.

C.5 Pengolahan data

C.5.1 Menghitung kesalahan penutup pergi-pulang (fpp) tiap seksi pengukuran

- a). menghitung jumlah aljabar beda tinggi dalam satu seksi pergi dan pulang (Σdh dan $\Sigma dh'$) dengan mengambil contoh pada Gambar A.1 maka:

$$\text{Pergi : } \Sigma dh = dh_1 + dh_2 + dh_3 + dh_4 + dh_5$$

$$\text{Pulang: } \Sigma dh' = dh_1' + dh_2' + dh_3' + dh_4' + dh_5'$$

dh : beda tinggi tiap *slag* ;

- b). menghitung selisih beda tinggi pergi-pulang

$$F_{pp} = \Sigma dh - \Sigma dh' ;$$

- c). untuk mengetahui apakah jaring tersebut memenuhi toleransi ketelitian *kelas* LB, maka nilai fpp perlu dibandingkan atau diuji dengan batas toleransi sebesar $8 \sqrt{d}$. Bila $f_{pp} \leq 8 \sqrt{d}$ maka pengukuran untuk *kelas* LB.

C.5.2 Hitungan koreksi ortometrik apabila tersedia data gayaberat hasil ukuran:

$$\Delta H_{AB} = \Delta n_{AB} + \sum \left\{ (g - \gamma_0) / \gamma_0 \right\} \delta n + \left\{ (g_A - \gamma_0) / \gamma_0 \right\} H_A - \left\{ (g_B - \gamma_0) / \gamma_0 \right\} H_B$$

Langkah hitungannya adalah sebagai berikut:

- a). menghitung nilai gayaberat antara titik A dan B yaitu:

$$(g) = (g_A + g_B) / 2 ;$$

- b). menghitung nilai gayaberat normal γ_0 sesuai dengan ellipsoid referensi yang digunakan;
c). menghitung nilai gayaberat menengah di titik A (g_A) dan B (g_B) yaitu:

$$(g_A) = g_A'' + 0,0424 H_A \quad \text{dan} \quad (g_B) = g_B'' + 0,0424 H_B ;$$

- d). menghitung koreksi dinamik beda ukuran tinggi antara titik A dan B;
e). menghitung koreksi dinamik di titik A dan titik B;
f). menghitung koreksi ortometrik beda tinggi ukuran antara A dan B.

C.5.3 Hitung perataan jaring

- a). model perataan yang digunakan adalah metode parameter dengan model matematik besaran pengamatan beda tinggi tiap seksi pengukuran (dh) pergi-pulang masing-masing sebagai fungsi dari parameter tinggi TTG atau JKV (H). Jumlah persamaannya adalah sebanyak jumlah pengukuran pergi-pulang;
b). tahap pertama dilakukan hitung perataan terkendala minimal. Apabila hitungan perataan menghasilkan nilai σ_1 (mm) $< 8 \sqrt{d}$ maka pengukuran yang bersangkutan termasuk *kelas* pengukuran LB;
c). tahap kedua dilakukan hitung perataan terkendala penuh dan nilai σ_2 (mm) hasil perataan digunakan untuk menentukan *orde*-nya.

C.6 Pelaporan

Selama pekerjaan pengukuran sipatdatar, pelaksana diwajibkan melaporkan kemajuan pekerjaan secara periodik. Penyampaian laporan terdiri atas laporan mingguan, laporan bulanan, dan laporan akhir. Isi laporan meliputi jenis pekerjaan, personel pelaksana, lokasi pekerjaan, volume pekerjaan yang telah dicapai, salinan data pengukuran harian yang tertuang dalam buku ukur

Lampiran D
(informatif)
Pedoman teknis kelas LC

Berdasarkan spesifikasi teknik, berikut ini diuraikan pedoman pelaksanaan untuk kelas LC. Pedoman teknik meliputi konfigurasi jaring, karakteristik alat, uji alat, prosedur pengukuran, pengolahan data, dan pelaporan.

D.1 Konfigurasi jaring

Spasi antara dua jalur pengukuran dan spasi maksimum antara dua titik-titik simpul yang berurutan disajikan pada Tabel 6.

Spasi antarpilar TTG disesuaikan dengan kemampuan pengukuran sipatdatar pergi-pulang dalam satu hari dan kondisi topografi pada daerah pengukuran. Sementara itu dimensi pilar TTG disesuaikan dengan orde jaringan. Spasi dan dimensi pilar sesuai dengan orde titik kontrol masing-masing, seperti pada Tabel 7 dan Tabel 8. Cara pembuatan dan pemasangannya, bentuk dan konstruksi pilar tinggi untuk kelas LC seperti pada Lampiran F

D.2 Karakteristik alat

pekerjaan pengukuran JKV kelas LC digunakan alat ukur sipatdatar beserta kelengkapannya sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan pada Pasal 4.4 dan Tabel 9.

D.3 Uji alat

- a). pengecekan garis kolimasi harus dilakukan setiap hari sebelum pengukuran;
- b). uji benang silang vertikal;
- c). kalibrasi rambu ukur dilakukan sebelum pengukuran dilaksanakan dan selanjutnya selang waktu tiga bulan sekali;
- d). uji sensitivitas nivo rambu ukur.

D.4 Prosedur pengukuran

- a). sebelum pengukuran (setiap hari) harus dilakukan pemeriksaan dan penentuan besarnya kesalahan kolimasi. Hasil pemeriksaan harus dilampirkan dalam laporan;
- b). pengaturan sumbu I vertikal dilakukan dengan cara, setiap kali mendirikan alat dan menyeimbangkan nivo, teropong selalu diarahkan pada rambu yang sama;
- c). penempatan rambu dalam setiap pengukuran menggunakan sistem lompat katak;
- d). kedudukan rambu pada setiap titik harus betul-betul tegak pada setiap pembacaan alat. Dasar rambu harus selalu bersih dari kotoran tanah atau kotoran lainnya;
- e). rambu ukur yang digunakan 2 buah, masing-masing diberi nomor I dan nomor II dan dilengkapi dengan nivo. jika titik awal pengukuran dimulai dengan rambu nomor I (rambu belakang), maka pada titik akhir pengukuran dalam satu seksi, rambu nomor I menjadi rambu muka;
- f). pada setiap pengukuran yang dibaca pada rambu adalah benang tengah, benang atas, dan benang bawah;

- g). selama pengukuran keadaan gelembung nivo dan pendulum pada alat ukur sipatdatar memenuhi persyaratan pengaturan alat;
- h). pencatatan temperatur dilakukan pada awal, tengah, akhir dan pada saat terjadi perubahan temperatur sangat mencolok, tujuannya untuk mendeteksi kesalahan indeks rambu;
- i). jarak pandang antara alat ukur sipatdatar dan rambu 80 meter;
- j). tinggi garis bidik terendah yang diperbolehkan adalah 0,3 meter di atas permukaan tanah;
- k). jarak alat ukur sipatdatar ke rambu diukur secara optik;
- l). dalam setiap *slag*, beda jarak antara alat ukur sipatdatar ke rambu belakang dan ke rambu muka tidak boleh lebih dari 2 %, artinya:

$$[(D_m - D_b) / (D_m + D_b)] \times 100 \% \leq 2 \%$$

Keterangan:

D_m: Jarak muka

D_b : Jarak belakang

- m). dalam setiap seksi, beda jumlah jarak ke rambu muka dan jumlah jarak ke rambu belakang tidak boleh lebih dari 2 %, artinya:

$$[(\sum D_m - \sum D_b) / (\sum D_m + \sum D_b)] \times 100 \% \leq 2 \%$$

- n). pengukuran dilakukan setiap waktu;
- o). pengukuran beda tinggi harus dilakukan pergi dan pulang;
- p). pengukuran dalam satu seksi dilakukan dengan jumlah *slag* genap;
- q). apabila karena satu dan lain hal pengukuran seksi tidak dapat diselesaikan dalam satu hari, maka pengukuran pada hari berikutnya dimulai dari dua titik sekutu dari pengukuran hari sebelumnya;
- r). jumlah TTG sekutu untuk pengukuran yang ditunda lebih dari lima hari, minimum tiga TTG yang diukur ulang dengan kesalahan yang harus memenuhi syarat toleransi $(12 \sqrt{d})$ mm;
- s). kesalahan penutup pengukuran pergi-pulang untuk pengukuran satu seksi maksimum $(12 \sqrt{d})$ mm;
- t). kesalahan penutup pada pengukuran sipatdatar untuk pemindahan tinggi dari referensi pasut ke titik datum maksimum $(12 \sqrt{d})$ mm;
- u). cara pengikatan sementara, jika pengukuran dalam satu hari tidak bisa sampai pada TTG dalam satu seksi dapat dilihat pada Lampiran J;
- v). jumlah TTG yang dipakai untuk mengecek datum (*prove datum*) pada pengikatan kedua ujung suatu jalur JKV masing-masing minimum tiga TTG. Cara pengecekan datum pada awal atau akhir jalur JKV disajikan pada Lampiran J;
- w). semua data pengukuran di lapangan dicatat pada formulir lapangan. Contoh formulir lapangan untuk pengukuran sipatdatar dapat dilihat pada Lampiran I;
- x). setiap selesai pengukuran hasilnya dilaporkan untuk masing-masing seksi pergi-pulang baik pagi maupun sore hari;

D.5 Pengolahan data

D.5.1 Menghitung kesalahan penutup pergi-pulang (fpp) tiap seksi pengukuran

- a). menghitung jumlah aljabar beda tinggi dalam satu seksi pergi dan pulang ($\sum dh$ dan $\sum dh'$) dengan mengambil contoh pada Gambar A.1 maka,

$$\text{Pergi : } \sum dh = dh_1 + dh_2 + dh_3 + dh_4 + dh_5$$

$$\text{Pulang: } \sum dh' = dh_1' + dh_2' + dh_3' + dh_4' + dh_5'$$

dh : beda tinggi tiap *slag*;

- b). menghitung selisih beda tinggi pergi-pulang

$$F_{pp} = \sum dh - \sum dh' ;$$

- c). untuk mengetahui apakah jaring tersebut memenuhi toleransi ketelitian kelas LC, maka nilai fpp perlu dibandingkan atau diuji dengan batas toleransi sebesar $12 \sqrt{d}$. Bila $f_{pp} \leq 12 \sqrt{d}$ maka pengukuran untuk kelas LC.

D.5.2 Koreksi ortometrik apabila tersedia data gayaberat hasil ukuran:

$$\Delta H_{AB} = \Delta n_{AB} + \sum \left\{ (g - \gamma_0) / \gamma_0 \right\} \delta n + \left\{ (g_A - \gamma_0) / \gamma_0 \right\} H_A - \left\{ (g_B - \gamma_0) / \gamma_0 \right\} H_B$$

Langkah hitungannya adalah sebagai berikut:

- a). menghitung nilai gayaberat antara titik A dan B yaitu:

$$(g) = (g_A + g_B) / 2 ;$$

- b). menghitung nilai gayaberat normal γ_0 sesuai dengan ellipsoid referensi yang digunakan;
c). menghitung nilai gayaberat menengah di titik A (g_A) dan B (g_B) yaitu:

$$(g_A) = g_A'' + 0,0424 H_A \quad \text{dan} \quad (g_B) = g_B'' + 0,0424 H_B ;$$

- d). menghitung koreksi dinamik beda ukuran tinggi antara titik A dan B;
e). menghitung koreksi dinamik di titik A dan titik B;
f). menghitung koreksi ortometrik beda tinggi ukuran antara A dan B.

D.5.3 Hitung perataan jaring

- a). model perataan yang digunakan adalah metode parameter dengan model matematik besaran pengamatan beda tinggi tiap seksi pengukuran (dh) pergi-pulang masing-masing sebagai fungsi dari parameter tinggi TTTG atau JKV (H). Jumlah persamaannya adalah sebanyak jumlah pengukuran pergi-pulang;
b). tahap pertama dilakukan hitung perataan terkendala minimal. apabila hitungan perataan menghasilkan nilai σ_1 (mm) $< 12 \sqrt{d}$ maka pengukuran yang bersangkutan termasuk kelas pengukuran LC;
c). tahap kedua dilakukan hitung perataan terkendala penuh dan nilai σ_2 (mm) hasil perataan digunakan untuk menentukan orde-nya.

D.6 Pelaporan

Selama pekerjaan pengukuran sipatdatar, pelaksana diwajibkan melaporkan kemajuan pekerjaan secara periodik. Penyampaian laporan terdiri atas laporan mingguan, laporan bulanan, dan laporan akhir. Isi laporan meliputi jenis pekerjaan, personel pelaksana, lokasi pekerjaan, volume pekerjaan yang telah dicapai, salinan data pengukuran harian yang tertuang dalam buku ukur

Lampiran E
(informatif)
Pedoman teknis kelas LD

Berdasarkan spesifikasi teknik, berikut ini diuraikan pedoman pelaksanaan untuk kelas LD. Pedoman teknik meliputi konfigurasi jaring, karakteristik alat, uji alat, prosedur pengukuran, pengolahan data, dan pelaporan.

E.1 Konfigurasi jaring

Spasi antara dua jalur pengukuran dan spasi maksimum antara dua titik-titik simpul yang berurutan disajikan pada Tabel 6. Spasi antarpilar TTG disesuaikan dengan kemampuan pengukuran sipatdatar pergi-pulang dalam satu hari dan kondisi topografi pada daerah pengukuran. Sementara itu dimensi pilar TTG disesuaikan dengan orde jaringan. Spasi dan dimensi pilar sesuai dengan orde titik kontrol masing-masing, seperti pada Tabel 7 dan Tabel 8. Cara pembuatan dan pemasangannya, bentuk dan konstruksi pilar tinggi untuk kelas LD seperti pada Lampiran F.

E.2 Karakteristik alat

pekerjaan pengukuran JKV kelas LD digunakan alat ukur sipatdatar beserta kelengkapannya sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan pada Pasal 4.4 dan Tabel 9.

E.3 Uji alat

- a). pengecekan garis kolimasi harus dilakukan setiap hari sebelum pengukuran;
- b). uji benang silang vertikal;
- c). kalibrasi rambu ukur dilakukan sebelum pengukuran dilaksanakan dan selanjutnya selang waktu tiga bulan sekali;
- d). uji sensitivitas nivo rambu ukur.

E.4 Prosedur pengukuran

- a). pengaturan sumbu I vertikal dilakukan dengan cara, setiap kali mendirikan alat dan menyeimbangkan nivo, teropong selalu diarahkan pada rambu yang sama;
- b). penempatan rambu dalam setiap pengukuran menggunakan sistem lompat katak;
- c). kedudukan rambu pada setiap titik harus betul-betul tegak pada setiap pembacaan alat. Dasar rambu harus selalu bersih dari kotoran tanah atau kotoran lainnya;
- d). rambu ukur yang digunakan 2 buah, masing-masing diberi nomor I dan nomor II dan dilengkapi dengan nivo. jika titik awal pengukuran dimulai dengan rambu nomor I (rambu belakang), maka pada titik akhir pengukuran dalam satu seksi, rambu nomor I menjadi rambu muka;
- e). pada setiap pengukuran yang dibaca pada rambu adalah benang tengah, benang atas, dan benang bawah;
- f). selama pengukuran keadaan gelembung nivo dan pendulum pada alat ukur sipatdatar memenuhi persyaratan pengaturan alat;

- g). pencatatan temperatur dilakukan pada awal, tengah, akhir dan pada saat terjadi perubahan temperatur sangat mencolok, tujuannya untuk mendeteksi kesalahan indeks rambu;
- h). jarak pandang antara alat ukur sipatdatar dan rambu 100 meter;
- i). tinggi garis bidik terendah yang diperbolehkan adalah 0,2 meter di atas permukaan tanah;
- j). jarak alat ukur sipatdatar ke rambu diukur secara optik;
- k). dalam setiap *slag*, beda jarak antara alat ukur sipatdatar ke rambu belakang dan ke rambu muka tidak boleh lebih dari 5 %, artinya:

$$[(Dm - Db) / (Dm + Db)] \times 100 \% \leq 5 \%$$

Keterangan:

Dm: Jarak muka

Db : Jarak belakang

- l). dalam setiap seksi, beda jumlah jarak ke rambu muka dan jumlah jarak ke rambu belakang tidak boleh lebih dari 5 %, artinya:

$$[(\Sigma Dm - \Sigma Db) / (\Sigma Dm + \Sigma Db)] \times 100 \% \leq 5 \%$$

- m). pengukuran dilakukan setiap waktu;
- n). pengukuran beda tinggi harus dilakukan pergi dan pulang;
- o). apabila karena satu dan lain hal pengukuran seksi tidak dapat diselesaikan dalam satu hari, maka pengukuran pada hari berikutnya dimulai dari satu titik sekutu dari pengukuran hari sebelumnya;
- p). jumlah TTG sekutu untuk pengukuran yang ditunda lebih dari lima hari, minimum satu TTG yang diukur ulang dengan kesalahan yang harus memenuhi syarat toleransi ($18 \sqrt{d}$) mm;
- q). kesalahan penutup pengukuran pergi-pulang untuk pengukuran satu seksi maksimum ($18 \sqrt{d}$) mm;
- r). kesalahan penutup pada pengukuran sipatdatar untuk pemindahan tinggi dari referensi pasut ke titik datum maksimum ($18 \sqrt{d}$) mm;
- s). cara pengikatan sementara, jika pengukuran dalam satu hari tidak bisa sampai pada TTG dalam satu seksi dapat dilihat pada Lampiran J;
- t). jumlah TTG yang dipakai untuk mengecek datum (*prove datum*) pada pengikatan kedua ujung suatu jalur JKV masing-masing minimum dua TTG. Cara pengecekan datum pada awal atau akhir jalur JKV disajikan pada Lampiran J;
- u). semua data pengukuran di lapangan dicatat pada formulir lapangan. Contoh formulir lapangan untuk pengukuran sipatdatar dapat dilihat pada Lampiran H;
- v). setiap selesai pengukuran hasilnya dilaporkan untuk masing-masing seksi pergi-pulang baik pagi maupun sore hari;

E.5 Pengolahan data

E.5.1 Menghitung kesalahan penutup pergi-pulang (fpp) tiap seksi pengukuran

- a). menghitung jumlah aljabar beda tinggi dalam satu seksi pergi dan pulang (Σdh dan $\Sigma dh'$) dengan mengambil contoh pada Gambar A.1, maka:

$$\text{pergi : } \Sigma dh = dh_1 + dh_2 + dh_3 + dh_4 + dh_5$$

$$\text{pulang: } \Sigma dh' = dh_1' + dh_2' + dh_3' + dh_4' + dh_5'$$

dh : beda tinggi tiap *slag*;

menghitung selisih beda tinggi pergi-pulang

$$F_{pp} = \sum dh - \sum dh' ;$$

- b). untuk mengetahui jaring tersebut memenuhi toleransi ketelitian *kelas* LD, maka nilai fpp perlu dibandingkan atau diuji dengan batas toleransi sebesar $18 \sqrt{d}$. Jika $f_{pp} \leq 18 \sqrt{d}$ maka pengukuran untuk *kelas* LD.

5.5.2 Hitung perataan jaring

- a). model perataan yang digunakan adalah metode parameter dengan model matematik besaran pengamatan beda tinggi tiap seksi pengukuran (dh) pergi-pulang masing-masing sebagai fungsi dari parameter tinggi TTG atau JKV (H). Jumlah persamaannya adalah sebanyak jumlah pengukuran pergi-pulang;
- b). tahap pertama dilakukan hitung perataan terkendala minimal. Apabila hitungan perataan menghasilkan nilai σ_1 (mm) $< 18 \sqrt{d}$ maka pengukuran yang bersangkutan termasuk *kelas* pengukuran LD;
- c). tahap kedua dilakukan hitung perataan terkendala penuh dan nilai σ_2 (mm) hasil perataan digunakan untuk menentukan *ordenya*.

E.6 Pelaporan

Selama pekerjaan pengukuran sipatdatar, pelaksana diwajibkan melaporkan kemajuan pekerjaan secara periodik. Penyampaian laporan terdiri atas laporan mingguan, laporan bulanan, dan laporan akhir. Isi laporan meliputi jenis pekerjaan, personel pelaksana, lokasi pekerjaan, volume pekerjaan yang telah dicapai, salinan data pengukuran harian yang tertuang dalam buku ukur

Lampiran F
(informatif)
Tanda Tinggi Geodesi (TTG)

F.1 Definisi

Titik tetap di lapangan yang berbentuk pilar dengan ukuran tertentu, yang menandai nilai tinggi, sebagai bagian dari JKV, yang berfungsi sebagai titik kontrol vertikal (TTG).

F.2 Tujuan

Tujuan pemasangan TTG adalah sebagai:

- a). titik kontrol untuk pengukuran tinggi bagi tingkatan ketelitian yang lebih rendah;
- b). referensi untuk memantau gerakan vertikal kerak bumi;
- c). jaring informasi tinggi yang homogen.

F.3 Pembuatan dan pemasangan TTG

Selain ukuran pilar seperti yang disebutkan dalam Tabel 8, pembuatan pilar dapat dilakukan juga seperti pada pembuatan pilar L0, yang secara keseluruhan pilar terletak di dalam tanah tetapi harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a). bahan pilar dipilih dari bahan tidak mudah berkarat;
- b). tidak mudah tertimbun tanah;
- c). mudah dicari atau direkonstruksi

Pembuatan dan pemasangan TTG dilakukan sebagai berikut:

- a). TTG dapat dipasang/ditanam antara lain pada pilar tinggi, kepala jembatan, bangunan permanen, monumen dan sebagainya;
- b). tanda tinggi berbentuk baut dan terbuat dari bahan kuningan. Pada bagian atas permukaan baut terdapat tulisan Tanda Tinggi Geodesi (TTG). ukuran/bentuk TTG seperti pada Gambar G.1;
- c). TTG dibuat dari beton bertulang dengan komposisi campuran sebagai berikut: *semen: pasir: batu = 1: 2: 3*;
- d). teknik pemasangan TTG

Pemasangan TTG dilakukan dengan cara dicor di tempat, dengan urutan seperti berikut:

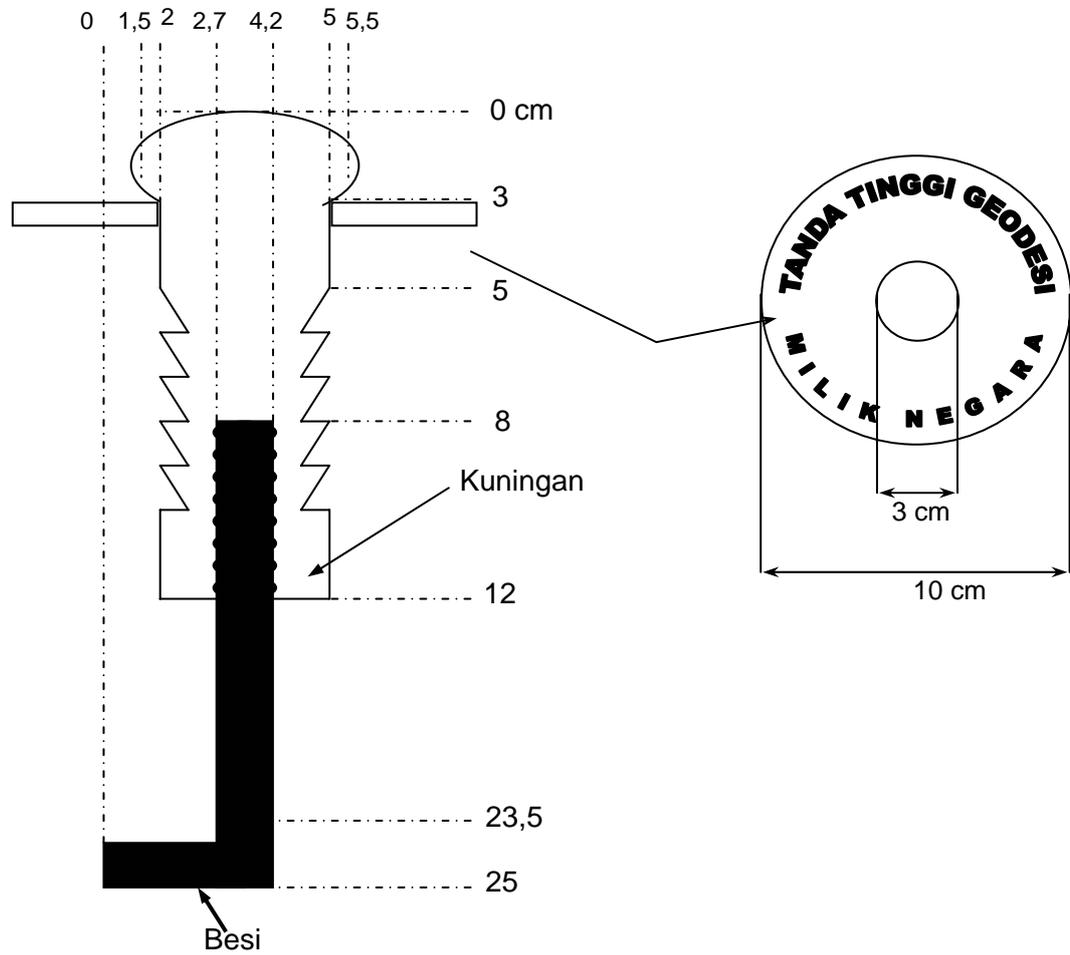
- a). buat *bekisting* dan pasang pembesian menurut ketentuan yang diberikan;
 - (1) pekerjaan selanjutnya adalah menggali lubang dengan kedalaman yang telah ditentukan, biarkan lubang galian tersebut selama dua hari s.d. tiga hari, supaya dasar lubang menjadi keras/stabil;
 - (2) pada dasar lubang diisi batu kali dan pasir dengan perbandingan 2: 3 setinggi 0,5 meter, dengan tujuan untuk memperbaiki sifat tanah dan mengurangi kemungkinan penurunan di kemudian hari. Dalam keadaan tanah lembek penguatan dilakukan dengan pemasangan tiang-tiang pancang pada kedalaman tertentu;
 - (3) apabila keadaan dasar lubang sudah dinilai stabil, masukanlah adukan beton terlebih dahulu, kemudian kerangka TTG dan bekisting dimasukkan ke dalam lubang untuk dilakukan pengecoran. Pemasangan baut dan tanda pengenal dilakukan bersamaan dengan waktu cor;

- (4) agar beton pilar mengeras secara merata, diperlukan waktu untuk pengerasan minimal tiga hari;
 - (5) kekerasan TTG yang disyaratkan adalah 175, yang dapat diperoleh melalui pengukuran kekerasan TTG. Apabila kekerasannya kurang dari 175, pilar dinyatakan tidak memenuhi persyaratan;
 - (6) setelah beton TTG dinilai kering (mengeras secara merata), dilaksanakan penimbunan dengan tanah setempat setinggi 0,8 m dari dasar lapisan yang diperkeras;
 - (7) untuk menjaga kestabilan TTG, maka pada lapisan teratas dipasang beton tumbuk setinggi 0,4 m. Perlu diperhatikan, agar lapisan tersebut tidak retak/menurun di kemudian hari, maka sebelum pekerjaan tersebut dilaksanakan hendaknya diperiksa dan terakhir dilakukan penghalusan beton.
- b). faktor-faktor yang harus diperhatikan agar TTG terpasang dengan kuat atau stabil dan tidak mengalami perubahan-perubahan akibat tekanan, gerakan, pengrusakan, dan sebagainya, maka pemilihan lokasi penempatan TTG harus memperhatikan faktor-faktor berikut:
- (1) struktur tanahnya stabil dan keras, tidak dekat dengan akar pohon;
 - (2) aman dari gangguan kendaraan, hewan, alam, dan mudah dicari;
 - (3) penggalian untuk pemasangan pilar, supaya tidak merusak kabel telepon, kabel listrik bawah tanah, pipa air minum, pipa gas, dan pada tempat yang diperkirakan tidak akan mengalami perubahan dalam waktu yang lama;
 - (4) diusahakan terlebih dahulu izin pemasangan TTG dari pemilik tanah baik instansi pemerintah, swasta maupun perorangan.
- c). perizinan pemasangan TTG:
surat permohonan izin untuk pemasangan TTG dibuat oleh instansi yang berwenang dalam survei dan pemetaan atau otoritas daerah yang bersangkutan. Pihak pelaksana menyampaikan atau menyelesaikan urusan perizinan tersebut dengan pihak pemerintah atau swasta yang tanahnya terpakai untuk pemasangan TTG;
- d). deskripsi TTG
tanda pengenal terbuat dari bahan marmer dengan ukuran 10 cm x 20 cm x 3 cm dengan tulisan sebagai berikut:
- 1). JARING KONTROL VERTIKAL NASIONAL
 - 2). TTG (nomor identitas TTG)
 - 3). MILIK NEGARA
 - 4). DILARANG MERUSAK DAN MENGGANGGU TANDA INI
- e). sistem penomoran
penomoran TTG dituliskan pada marmer dengan kode JKVN (Jaring Kontrol Vertikal Nasional), kemudian diikuti nomor yang menunjukkan identitas TTG (**xxxx**), subsistem (**yyyy**), kelas pengukuran (**k**) dan orde (**o**).
sebagai contoh: **TTG xxxx.yyyy.k.o** ;
- f). bentuk pelaporan deskripsi TTG
- g). setiap TTG yang dipasang, harus dibuat deskripsinya pada formulir yang disediakan disertai sketsa dan foto.

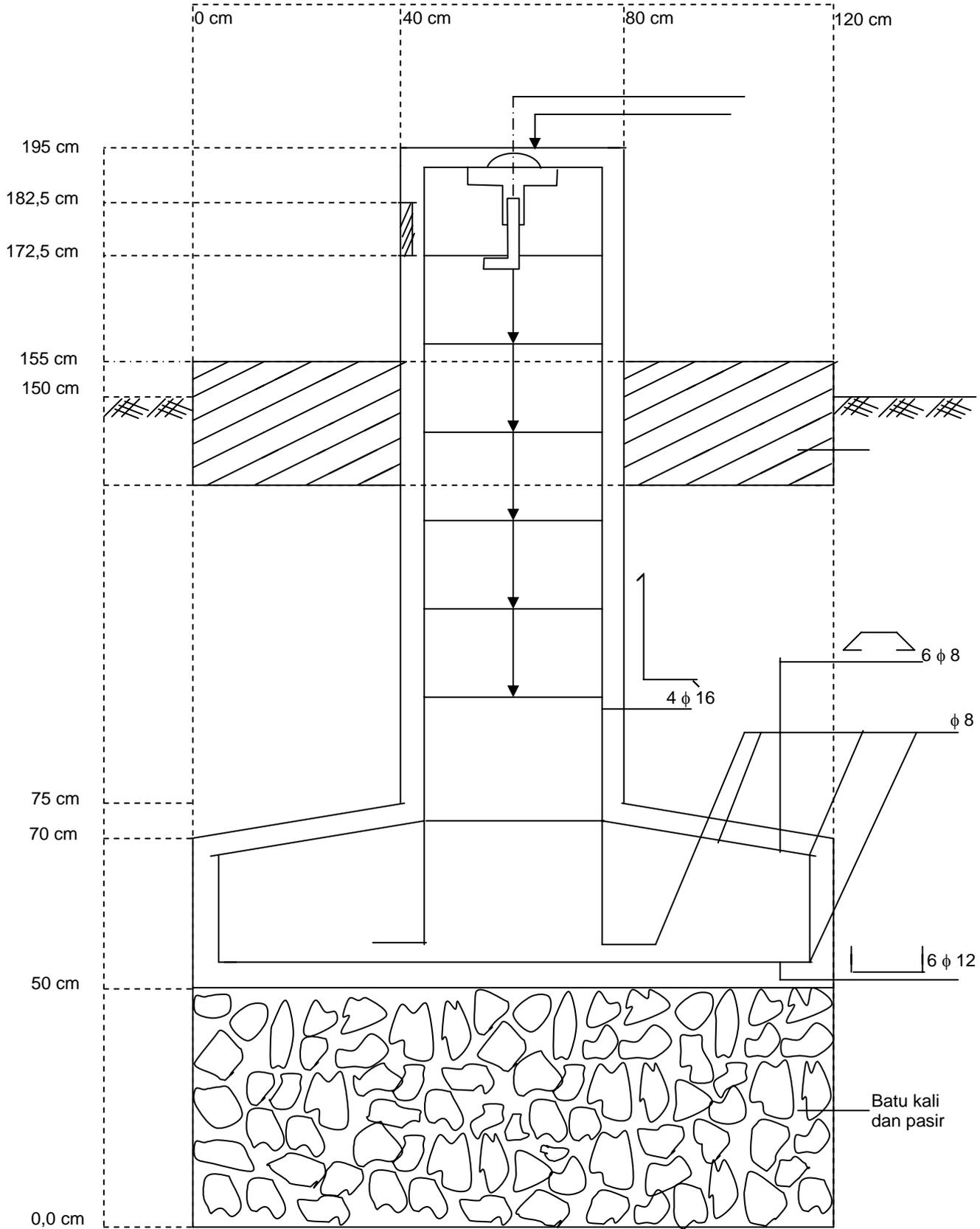
Cara pengisian:

- h). formulir deskripsi TTG ditulis dengan huruf cetak (huruf besar) dengan memakai alat tulis pena atau sejenis yang tahan air atau diketik;
- (1) ruang 01 diisi nomor *id* TTG;
 - (2) ruang 02, 03, 04, 05, 06 diisi berturut-turut, nama daerah setempat desa/kampung, kecamatan, kabupaten, dan provinsi;

- (3) ruang 07 diisi nama perusahaan yang melaksanakan pemasangan TTG, dan dituliskan pula tanggal pemasangannya pada ruang 08;
- (4) ruang 09 dan 10 diisi dengan posisi horizontal dari TTG tersebut. posisi horizontal TTG dapat ditentukan secara pengukuran atau dikutip dari peta. Apabila posisi horizontal ditentukan dengan cara pengukuran, maka tuliskan semua datanya pada sketsa yang disediakan. Jika posisi horizontal dikutip dari peta, tuliskan juga pada ruang 11 dan 12 tentang peta yang digunakan serta skalanya;
- (5) ruang 13 diisi macam bangunan tempat TTG dipasang;
- (6) pada ruang 14 s.d. 17 diisi menurut ketentuan instansi yang berwenang dalam survei dan pemetaan;
- (7) ruang 19, 20, dan 21 diisi data hasil pengukuran terhadap suatu sasaran di sekitarnya, dengan maksud untuk pencarian kembali pilar tersebut di kemudian hari;
- (8) ruang 22 dan 23 diisi dengan nilai beda tinggi dari TTG tiap-tiap sasaran yang tetap di sekitarnya dan keterangan letaknya;
- (9) ruang 24 diisi keterangan lokasi secara umum dengan informasi yang menunjukkan:
 - a). ruang 24 diisi keterangan lokasi secara umum dengan informasi yang menunjukkan;
 - b). cara mencapai TTG;
 - c). daerah terdekat untuk mencapai lokasi TTG;
 - d). lain-lainnya yang dianggap perlu.
- (10) ruang 25 diisi dengan keterangan-keterangan tentang keadaan tanah pada daerah itu;
- (11) ruang 26 diisi nama dan tanda tangan pembuat deskripsi serta tanggal pembuatan deskripsi;
- (12) ruang 27 diisi nama dan tanda tangan panitia pengawas serta tanggal pemeriksaannya;
- (13) deskripsi TTG dilengkapi pula fotocopy surat izin pemasangan yang telah disetujui oleh pemilik/penguasa setempat. Surat izin pemasangan TTG yang asli diserahkan ke instansi yang berwenang dalam survei dan pemetaan. Sketsa dibuat tanpa skala, dengan ketentuan sketsa harus dapat memberikan keterangan yang dapat dimengerti. Foto dibuat untuk mencari kembali. Pengambilan foto dilaksanakan dari tiga arah sehingga dapat menggambarkan lokasi TTG. Format formulir sketsa dan foto TTG dapat dilihat pada Gambar F.1
 - foto I : foto TTG dan tulisan identitas TTG yang jelas
 - foto II : foto ke arah barat/timur dengan TTG di tengahnya
 - foto III : foto ke arah utara/selatan dengan TTG di tengahnya



Gambar F.1 Ukuran/bentuk tablet kuningan (*Brasscup*)



Gambar F.2 Bentuk, ukuran, dan konstruksi TTG



**Gambar F.3 Bentuk dan letak susunan tulisan TTG
(penomoran TTG)**

BADAN KOORDINASI SURVEI DAN PEMETAAN NASIONAL (B A K O S U R T A N A L) DESKRIPSI TTG		NO.
02. Nama setempat:		
03. Desa/kampung:		04. Kecamatan:
05. Kabupaten/Kota Madya:		
06. Propinsi:		
07. Diukur oleh:		08. Tanggal:
P O S I S I		
09. Lintang:		10. Bujur:
11. Referensi Peta:		12. Skala:
13. Letak TTG pada: (PTU / PTB / Bangunan)*		
14. Tingkat:		15. Kelas:
16. <i>Kring</i> :		17. Jalur:
18. Simpul / bukan simpul)*		
REFERENSI SASARAN		
19. Sasaran:	20. Azimuth:	21. Jarak:
.....
.....
22. Beda Tinggi:		23. Keterangan:
.....	
.....	
24. Lokasi secara umum:		
.....		
.....		
.....		
.....		
25. Keadaan tanah:		
.....		
.....		
.....		
26. Deskripsi dibuat oleh:		Tanggal:
Tanda tangan:		
27. Diperiksa oleh:		Tanggal:
Tanda tangan:		

Gambar F.4 Formulir pelaporan deksripsi TTG

<p>BADAN KOORDINASI SURVEI DAN PEMETAAN NASIONAL (B A K O S U R T A N A L) DESKRIPSI TANDA TINGGI GEODESI</p>	<p>NO.</p>
--	-------------------

S K E T S A

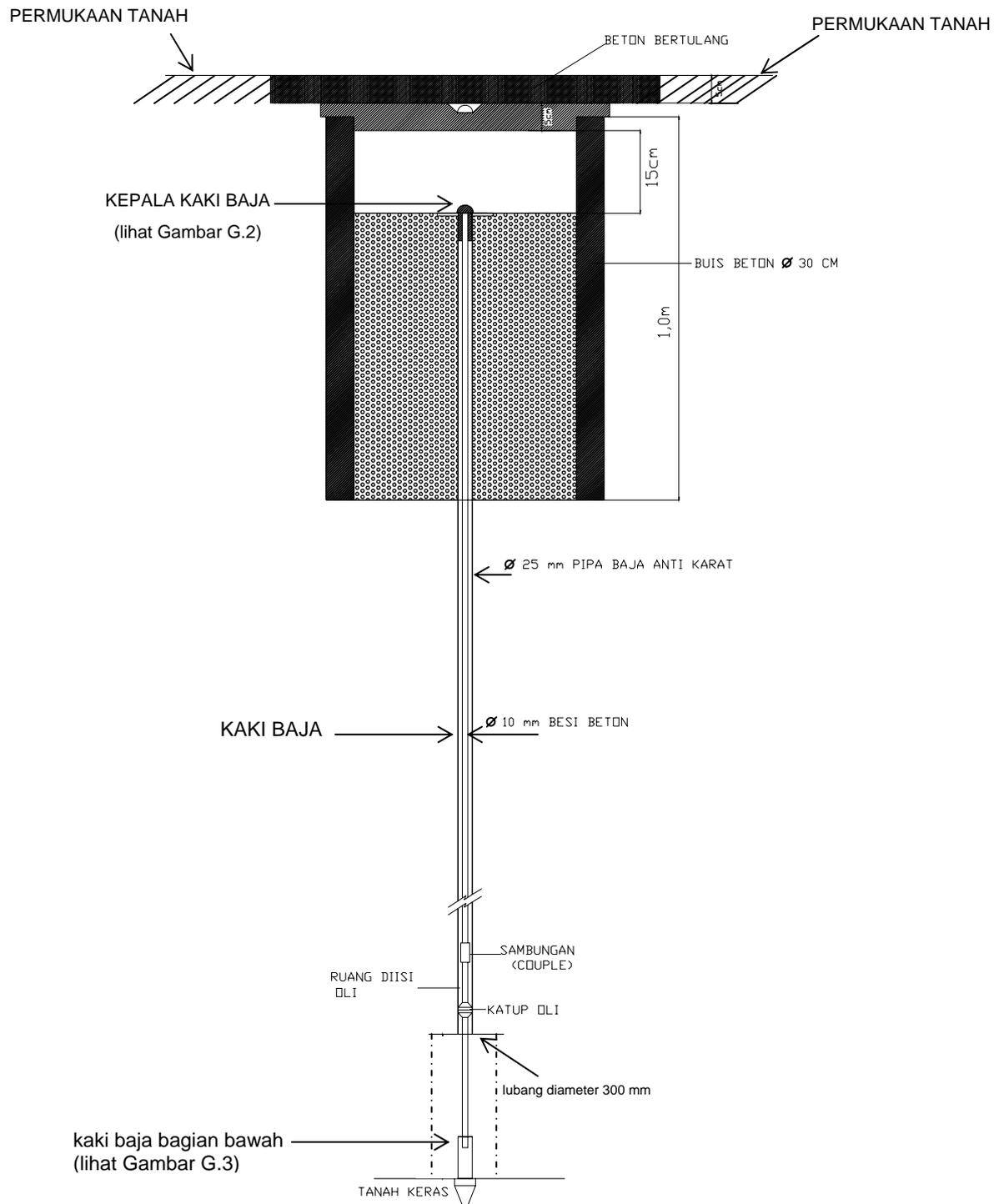


Gambar F.5 Formulir sketsa TTG

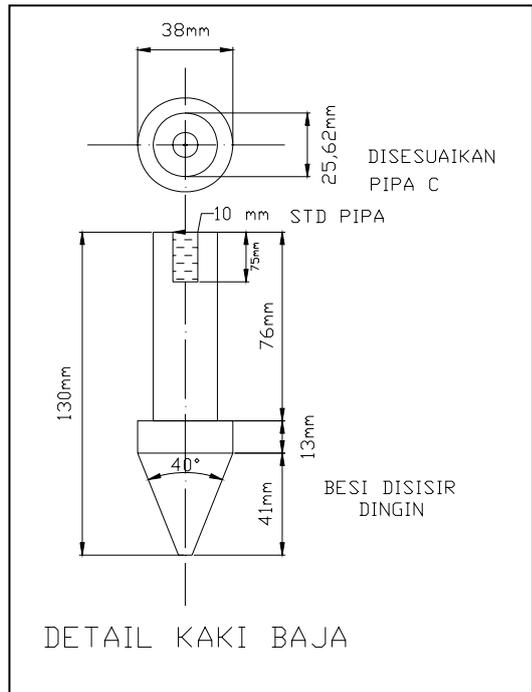
BADAN KOORDINASI SURVEI DAN PEMETAAN NASIONAL (B A K O S U R T A N A L) DESKRIPSI TANDA TINGGI GEODESI		NO.
FOTO I	FOTO II	
FOTO III	KETERANGAN	
DIBUAT OLEH:	TANGGAL:	

Gambar F.6 Formulir foto TTG

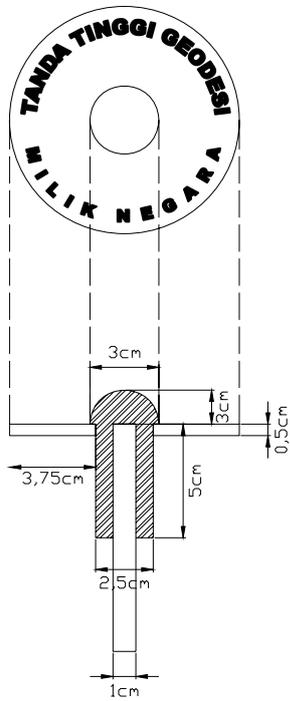
Lampiran G
Bentuk dan konstruksi TTG untuk kelas LAA/orde 0



Gambar G.1 Konstruksi TTG



Gambar G.2 Detail kaki baja bagian bawah



Gambar G.3 Detail kepala kaki baja

Lampiran H (informatif) Buku ukur

H.1 Definisi

Buku ukur merupakan buku yang digunakan untuk mencatat data hasil ukuran di lapangan. Buku ukur tersebut terdiri atas beberapa lembar formulir pengamatan sipatdatar yang dibendel menjadi satu buku. Satu buku ukur hanya digunakan untuk mencatat data ukuran antara dua (dua) TTG atau satu seksi dengan maksud untuk memudahkan dalam deteksi kesalahan dalam satu seksi pengukuran. Penulisan pada kolom yang disediakan dilaksanakan dengan menuliskan angka/nomor dengan huruf besar (huruf cetak).

H.2 Pengisian buku ukur sebelum pengukuran

- a). pengisian buku ukur harus mempergunakan alat tulis yang dapat tahan lama (tidak diperkenankan memakai pensil);
- b). jika terjadi kesalahan dalam penulisan, tidak diperkenankan untuk menghapus kesalahan dengan karet penghapus atau lainnya, tetapi kesalahan tersebut harus dicoret;
- c). tidak diperkenankan memakai *tipp-ex*;
- d). tidak diperkenankan untuk memakai buku ukur yang lain, selain yang sudah ditentukan.
- e). sebelum pengukuran hendaknya buku ukur diisi dengan data yang dapat diisikan terlebih dahulu seperti:
 - 1). nama pengukur;
 - 2). nama penulis;
 - 3). daerah pengukuran;
 - 4). seksi yang diukur, dan sebagainya.

H.3 Pengisian buku ukur selama pengukuran

Selama pengukuran buku ukur diisi dengan data yang didapatkan dari lapangan. Penulisan data harus memperhatikan ketentuan yang telah diberikan.

H.4 Pengisian buku ukur setelah pengukuran

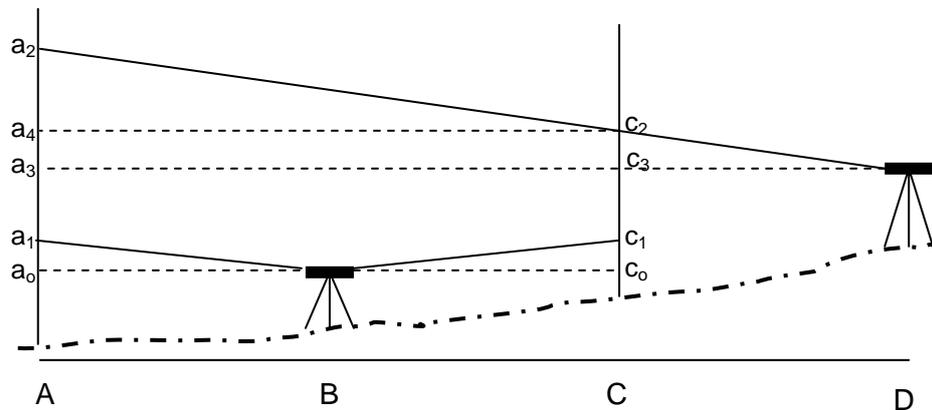
Setelah pengukuran satu seksi selesai, buku ukur disampaikan kepada koordinator lapangan (pelaksana) untuk diperiksa. Apabila ada keterangan-keterangan lain yang dianggap perlu hendaknya koordinator lapangan mencantumkan dengan cara menuliskan catatan pada buku ukur yang bersangkutan

Lampiran I
(informatif)
Pengecekan garis kolimasi, uji benang silang vertikal
dan uji sensitivitas nivo rambu ukur

I.1 Pengecekan garis kolimasi

Cara pengecekan garis kolimasi dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a). buat tiga penggal garis yaitu titik A, B dan C dengan panjang $AB = BC = CD$



Gambar I.1 Cara pengecekan garis kolimasi

Keterangan:

- a_0, c_0 : garis bidik mendatar pada kedudukan instrumen di B
 a_3, c_3 : garis bidik mendatar pada kedudukan instrumen di D;

- b). ukur beda tinggi titik A dan C dengan instrumen berdiri di B;
 c). pindah instrumen ke titik D baca rambu di titik A dan C, ukur beda tinggi titik A dan C;
 d). jika selisih beda tinggi di B dan beda tinggi di D melebihi toleransi maka perlu diberikan koreksi sebesar K:

$$K = \frac{3}{2} \{a_2 - [c_2 + (a_1 - c_1)]\}$$

$$K = \frac{3}{2} [(a_2 - c_2) - (a_1 - c_1)] ;$$

- e). cara koreksi:

- 1). pada alat tipe semua tetap tanpa sekrup ungkit arahkan garis bidik pada angka $(a_2 - K)$ pada rambu A dengan memutar sekrup koreksi diafragma atas dan bawah dengan pen koreksi dan gelombang nivo teropong tetap seimbang;
- 2). untuk alat tipe semua tetap dengan sekrup ungkit: koreksi sama dengan butir a atau dengan cara arahkan garis bidik pada angka $(a_2 - K)$ pada rambu A dengan memutar sekrup ungkit. Akibatnya gelombang nivo teropong menjadi tidak seimbang. Seimbangkan kembali dengan memutar sekrup koreksi nivo dengan pen koreksi.

I.2 Uji benang silang vertikal

Langkah uji benang silang vertikal sebagai berikut:

- a). pasang alat ukur sipatdatar di atas statif dan buat sumbu I vertikal dengan mengatur nivo kotak;
- b). bidikkan teropong pada tembok dan beri tanda di tembok titik yang berimpit dengan ujung kiri benang silang mendatar;
- c). gerakkan teropong ke kiri dengan memutar sekrup penggerak halus horizontal. apabila bayangan titik tetap berada pada benang silang mendatar, berarti benang silang mendatar telah tegak lurus sumbu I;
- d). cara koreksi:
kendorkan semua sekrup koreksi diafragma dengan pen koreksi, kemudian diafragma diputar hingga benang silang horizontal betul-betul mendatar, kemudian sekrup koreksi dikencangkan lagi.

I.3 Uji sensitivitas nivo rambu ukur

Langkah uji sensitivitas nivo rambu ukur sebagai berikut:

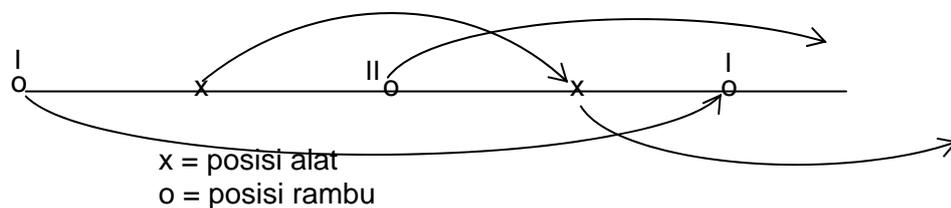
- a). buat garis mendatar pada tembok tepat di atas rambu ukur dan dibuat skala dalam mm. Dalam keadaan rambu ukur vertikal, nivo harus seimbang;
- b). rambu dimiringkan sebesar 4,5 mm atau 5', apabila nivo tidak berubah berarti sensitivitasnya tidak memenuhi syarat.

Lampiran J (informatif)

Metode lompat katak, cara pengikatan sementara, cara pengecekan TTG awal atau akhir dan pengukuran gayaberat

J.1 Metode pengukuran lompat katak

Metode lompat katak adalah prosedur pemindahan rambu I dan rambu II sedemikian rupa sehingga masing-masing rambu secara bergantian sebagai rambu belakang dan rambu muka. Dalam hal ini rambu muka cukup diputar di atas titik untuk menjadi rambu belakang. Hal ini bertujuan untuk menghindari kesalahan indeks rambu.

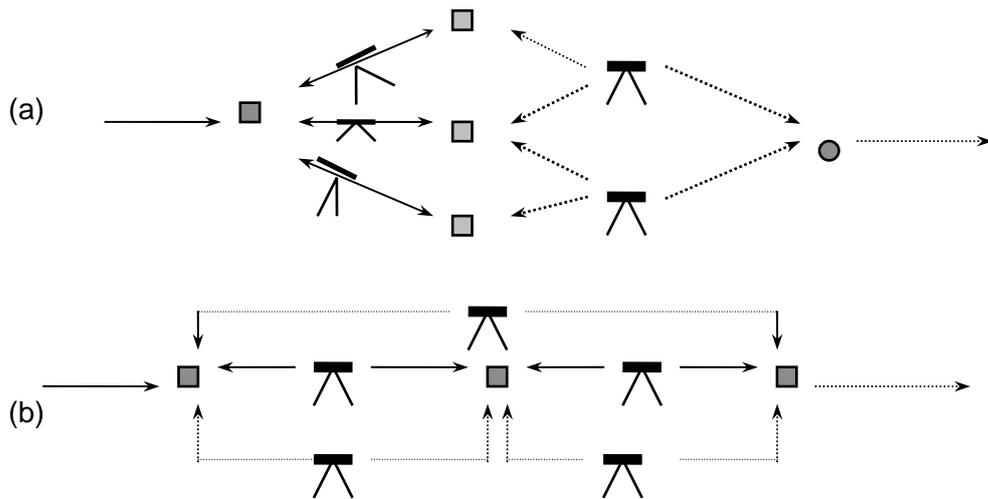


Gambar J.1 Kedudukan rambu sistem lompat katak

J.2 Cara pengikatan sementara

Cara pengikatan sementara, jika pengukuran suatu seksi tidak bisa sampai pada TTG dalam satu hari (lihat Gambar J.2):

- pengikatan dilakukan paling sedikit terhadap tiga titik tetap/permanen;
- pengukuran pengikatan dilakukan pergi-pulang;
- beda tinggi antara titik-titik ikatan sementara harus dicek (diukur ulang) sebelum pengukuran dilanjutkan;
- pengukuran pengecekan beda tinggi antara titik-titik pengikatan sementara dilakukan pergi-pulang;
- selisih antara beda tinggi pada saat pengikatan dengan beda tinggi pada saat pengecekan harus memenuhi toleransi. jika tidak, pengukuran harus diulang dari TTG sebelumnya.



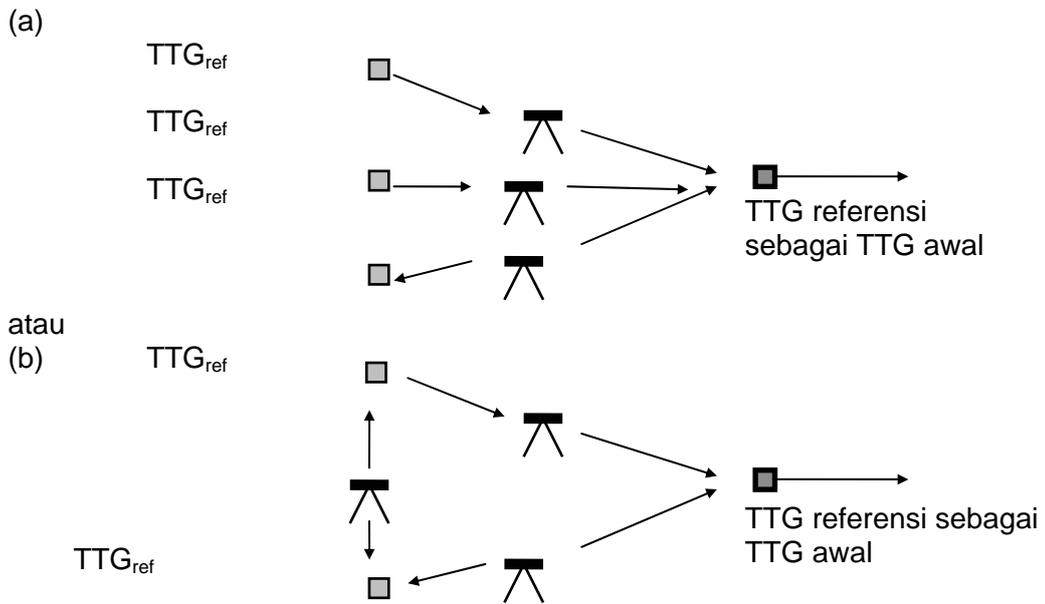
Gambar J.2 Skema pengikatan sementara pengukuran yang ditunda

Keterangan gambar:

- : titik ikat sementara
- : jalur pengukuran pengikatan
- : jalur pengukuran pengecekan/lanjutan

J.3 Cara pengecekan TTG awal atau akhir

TTG yang digunakan sebagai acuan atau pengikatan awal atau akhir pengukuran sipatdatar harus dicek ketinggiannya terlebih dahulu dengan melakukan pengukuran ulang sedikitnya dari tiga TTG lain yang setingkat ordenya, atau jika tidak memungkinkan untuk dicek dari tiga TTG, dapat dilakukan dari dua TTG dengan cara pengukuran tertutup.



Gambar J.3 Skema pengecekan TTG awal

J.4 Pengukuran gayaberat

Langkah pengukuran gayaberat adalah:

- a). alat ukur gravimeter yang digunakan harus memiliki ketelitian 5 mgal pada interval elevasi 100 meter;
- b). pengukuran dilakukan secara relatif;
- c). spasi pengukuran gayaberat sesuai kelerengan topografi daerah pengukuran.

Tabel 12 Spasi pengukuran gayaberat

<i>Kelas topografi</i>	Kelerengan (%)	Spasi pengukuran (km)
I	0 – 0,5	3
II	< 5	2
III	≤ 6,5	1,5
IV	> 6,5	1

Lampiran K
(Informatif)
Tahap hitungan perataan jaring terkendala minimal dan perataan jaring terkendala penuh

K.1 Perataan jaring terkendala minimal



Gambar K.1 Contoh bentuk jaring sipatdatar

pada Gambar K.1:

- a). diketahui tinggi titik A;
- b). dilakukan pengukuran seksi pertama pergi = Δh_1 , pulang = $\Delta h_1'$, seksi kedua pergi = Δh_2 , pulang = $\Delta h_2'$ dan seterusnya;
- c). akan ditentukan tinggi titik 1, 2, dan seterusnya sampai titik B;
- d). pada penyelesaian perataan jaring terkendala minimal, titik B sebagai parameter yang akan ditentukan tingginya.

penyelesaian metode parameter:

Model fungsional:

pengamatan merupakan fungsi dari parameter (dalam hal jaring sipatdatar pengukuran beda tinggi merupakan fungsi dari parameter tinggi)

L = F(X)

untuk n seksi pengukuran:

jumlah pengamatan	= $2n$ (pergi-pulang)
jumlah parameter (tinggi titik belum diketahui)	= n
jumlah ukuran lebih	= $r = 2n - n = n$

persamaan pengamatan:

$$\begin{aligned}
 \Delta h_1 &= -H_A + H_1 \\
 \Delta h_1' &= H_A - H_1 \\
 \Delta h_2 &= -H_1 + H_2 \\
 \Delta h_2' &= H_1 - H_2 \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 \Delta h_n &= -H_{n-1} + H_n \\
 \Delta h_n' &= H_{n-1} - H_n \\
 \\
 \Delta h_1 + V_1 &= -H_A + H_1 \\
 \Delta h_1' + V_1' &= H_A - H_1 \\
 \Delta h_2 + V_2 &= -H_1 + H_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta h_2' + V_2' &= H_1 - H_2 \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 \Delta h_n + V_n &= -H_{n-1} + H_n \\
 \Delta h_n' + V_n' &= H_{n-1} - H_n \\
 \\
 V_1 &= H_1 + \dots + (-H_A - \Delta h_1) \\
 V_1' &= -H_1 + \dots + (H_A - \Delta h_1') \\
 V_2 &= -H_1 + H_2 + \dots + (-\Delta h_2) \\
 V_2' &= H_1 - H_2 + \dots + (-\Delta h_2') \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 V_n &= \dots + (-H_{n-1} + H_n - \Delta h_n) \\
 V_n' &= \dots + (H_{n-1} - H_n - \Delta h_n')
 \end{aligned}$$

dalam bentuk matriks:

$$\begin{aligned}
 {}_{2n}V_1 &= {}_{2n}A_{n,n}X_1 + {}_{2n}L_1 \\
 V &= \begin{bmatrix} V_1 \\ V_1' \\ V_2 \\ V_2' \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ V_n \\ V_n' \end{bmatrix} \qquad A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \vdots \\ -1 & 0 & 0 & \vdots \\ -1 & 1 & 0 & \vdots \\ 1 & -1 & 0 & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \\
 \\
 X &= \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ H_n \end{bmatrix} \qquad L = \begin{bmatrix} -H_A - \Delta h_1 \\ H_A - \Delta h_1' \\ -\Delta h_2 \\ -\Delta h_2' \\ \vdots \\ \vdots \\ -\Delta h_n \\ -\Delta h_n' \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

setelah matriks A dan L dibentuk, maka dihitung nilai parameter X, yaitu:

$$\mathbf{X} = -(\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{L}$$

dalam hal ini P adalah matriks bobot, yaitu:

$$P_i = \frac{\sigma_o^2}{\sigma_i^2} = \frac{1}{(\sqrt{d_i})^2} = \frac{1}{d_i}$$

Keterangan:

$$d = \text{jarak seksi pengukuran}$$

$$\sigma_o^2 = 1$$

setelah diperoleh nilai parameter X, dihitung residu pengukuran (matriks V) dan nilai varians aposteriori $\hat{\sigma}_o^2$, yaitu:

$$V = A X + F$$

$$\hat{\sigma}_o^2 = \frac{V^T P V}{r}$$

selanjutnya dihitung matrik varians-kovarians parameter dengan persamaan berikut:

$$\sum_{XX} = \hat{\sigma}_o^2 (A^T P A)^{-1}$$

$$\sum_{XX} = \begin{bmatrix} \sigma_{H_1}^2 & \sigma_{H_1 H_2} & \cdot & \cdot & \sigma_{H_1 H_n} \\ \sigma_{H_2 H_1} & \sigma_{H_2}^2 & \cdot & \cdot & \sigma_{H_n H_2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \sigma_{H_n H_1} & \sigma_{H_n H_2} & \cdot & \cdot & \sigma_{H_n}^2 \end{bmatrix}$$

Untuk mengetahui kelas jaring sipatdatar yang bersangkutan, maka nilai simpangan baku tiap parameter tinggi ($\hat{\sigma}_{H_i}$) dibandingkan dengan nilai toleransi standar menurut spesifikasi kelas yang telah dibakukan.

K.2 Perataan jaring terkendala penuh

pada Gambar K.1:

- diketahui tinggi titik A dan B;
- dilakukan pengukuran seksi pertama pergi = Δh_1 , pulang = $\Delta h_1'$, seksi kedua pergi = Δh_2 , pulang = $\Delta h_2'$ dan seterusnya;
- akan ditentukan tinggi titik 1, 2, dan seterusnya;
- pada penyelesaian perataan jaring terkendala penuh, titik B bukan sebagai parameter yang akan ditentukan tingginya, tetapi sebagai titik kontrol yang diketahui tingginya.

Penyelesaian metode parameter:

Model Fungsional

pengamatan merupakan fungsi dari parameter (dalam hal jaring sipatdatar pengukuran beda tinggi merupakan fungsi dari parameter tinggi titik)

$$L = F(X)$$

untuk n seksi pengukuran:

jumlah pengamatan	= 2n (pergi-pulang)
jumlah parameter (tinggi titik belum diketahui)	= n-1
jumlah ukuran lebih	= r = 2n - (n-1) = n + 1

persamaan pengamatan:

$$\begin{aligned} \Delta h_1 &= -H_A + H_1 \\ \Delta h_1' &= H_A - H_1 \\ \Delta h_2 &= -H_1 + H_2 \\ \Delta h_2' &= H_1 - H_2 \\ &\vdots \\ \Delta h_n &= -H_n + H_B \\ \Delta h_n' &= H_n - H_B \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta h_1 + V_1 &= -H_A + H_1 \\ \Delta h_1' + V_1' &= H_A - H_1 \\ \Delta h_2 + V_2 &= -H_1 + H_2 \\ \Delta h_2' + V_2' &= H_1 - H_2 \\ &\vdots \\ \Delta h_n + V_1 &= -H_n + H_B \\ \Delta h_n' + V_1' &= H_n - H_B \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= H_1 + \dots + (-H_A - \Delta h_1) \\ V_1' &= -H_1 + \dots + (H_A - \Delta h_1') \\ V_2 &= -H_1 + H_2 + \dots + (-\Delta h_2) \\ V_2' &= H_1 - H_2 + \dots + (-\Delta h_2') \\ &\vdots \\ V_n &= \dots + (-H_n + H_B - \Delta h_n) \\ V_n' &= \dots + (H_n - H_B - \Delta h_n') \end{aligned}$$

Dalam bentuk matriks:

$$2nV_1 = 2nA_n \ nX_1 + 2nL_1$$

$$V = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_1' \\ V_2 \\ V_2' \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ V_n \\ V_n' \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot \\ -1 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot \\ -1 & 1 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & -1 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & -1 \\ 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & 1 \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ H_n \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} -HA - \Delta h_1 \\ HA - \Delta h_1' \\ -\Delta h_2 \\ -\Delta h_2' \\ \cdot \\ HB - \Delta h_n \\ -HB - \Delta h_n' \end{bmatrix}$$

setelah matriks A dan L dibentuk, maka dihitung nilai parameter X, yaitu:

$$X = -(A^T P A)^{-1} A^T P L$$

dalam hal ini P adalah matriks bobot, yaitu:

$$P_i = \frac{\sigma_o^2}{\sigma_i^2} = \frac{1}{(\sqrt{d_i})^2} = \frac{1}{d_i}$$

d = jarak seksi pengukuran

$$\sigma_o^2 = 1$$

Setelah diperoleh nilai parameter X, dihitung residu pengukuran (matriks V) dan nilai varians aposteriori $\hat{\sigma}_o^2$ yaitu:

$$V = A X + F$$

$$\hat{\sigma}_o^2 = \frac{V^T P V}{r}$$

Selanjutnya dihitung matrik varians-kovarians parameter dengan persamaan berikut:

$$\sum_{XX} = \hat{\sigma}_o^2 (A^T P A)^{-1}$$

$$\sum_{XX} = \begin{bmatrix} \sigma_{H_1}^2 & \sigma_{H_1 H_2} & \cdot & \cdot & \sigma_{H_1 H_n} \\ \sigma_{H_2 H_1} & \sigma_{H_2}^2 & \cdot & \cdot & \sigma_{H_n H_2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \sigma_{H_n H_1} & \sigma_{H_n H_2} & \cdot & \cdot & \sigma_{H_n}^2 \end{bmatrix}$$

Untuk mengetahui orde jaring sipatdatar yang bersangkutan, maka nilai simpangan baku tiap parameter tinggi ($\hat{\sigma}_{H_i}$) dibandingkan dengan nilai toleransi standar menurut spesifikasi orde yang telah dibakukan.

Bibliografi

- Abidin H. Z., 2000, *Beberapa Pertimbangan dalam Penyusunan Standardisasi dan Spesifikasi Teknik Survey Geodesi (Horizontal dan Vertikal)*, Jurusan Teknik Geodesi FTSP-ITB.
- Anderson J. M. and E.M. Mikhail, Raymond E. Davis, 1981, *Surveying Theory and Practice*, Mc. Graw-hill, inc. All Rights
- BAKOSURTANAL, 1980, *Jaring Kontrol Geodesi Nasional Petunjuk Pengukuran Kontrol Vertikal Geodesi*, Dokumen No. 10/1980 ISSN No. 0126-4982
- BAKOSURTANAL, September 1981, *Petunjuk Pemasangan Tanda Tinggi Geodesi*, Dokumen No. 06/1981 ISSN: 0126-4982
- Bannister. A. dan Raymond, 1997, *Surveying*, Fourth Edition, Printed at the Pitman Press, Bath
- Blachut T.J., A. Chrzanowski, dan J.H. Saastamoinen, 1979, *Urban Surveying and Mapping*, Springer Verlag New York, Inc
- Deumlich F., *Surveying Instrument*, 1982, Walter de Gruyter, Berlin
- Ilk K. H., 1988, *Datum Transformation for Levelling Networks*, Dokumen No. 10/1988 ISSN No. 0126-4982 BAKOSURTANAL.
- Kahar J., 1994, *Pendefinisian Datum vertikal Indonesia*, Laporan kemajuan dibiayai RDT-II tahun 1994-1995 ITB Bandung
- Kuang S., 1996, *Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concepts an Applications*, Ann Arbor Press, Inc Chelsea, Michigan Francis. S. Foote
- National Coordination Agency for Surveys and Mapping (BAKOSURTANAL), Januari 1988, *Specification for Second Order Leveling Network*, Dokumen No. 02/1988 ISSN No. 0126-4982
- Phillips J. O., 1980, *Specifications to Support Classification, Standards of Accuracy and General Specifications of Geodetic Control Surveys*, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration
- Prijanto Agus and Ilk Heinz., 1991, *The Establishment of A Vertical Control Network In Indonesia*, National Coordination Agency For Survey and Mapping (BAKOSURTANAL), Dok.No.: 29/1991 ISSN No.: 0126-4982
- Purworahardjo U., 1985, *Menghilangkan Kesalahan Sistematis pada Pendapatan Ukuran serta Penerapan Dalil-dalil Kesalahan dan Perataan Kuadrat Terkecil*, Jurusan Teknik Geodesi FTSP-ITB
- Subarya C., dkk., 1996, *Klasifikasi Standar Survei dan Spesifikasi Survei Kontrol Geodesi Versi I*, Pusat Pemetaan BAKOSURTANAL

Wongsotjitro S., 1984, *Berbagai Ilmu Ukur dalam Ilmu Geodesi*, Penerbit Yayasan Kanisius, Yogyakarta.

....., 1978, *Spesification and Recommendations for Control Survey and Survey Markers*, Survey and Mapping Branch Ottawa, Canada.

....., 1991, *Jaring Kontrol Vertikal Nasional Petunjuk Pemasangan Tanda Tinggi Geodesi*, Dokumen No. 14/1985 dengan revisi pada Tahun 1991, ISSN No . 0126-4982 BAKOSURTANAL.

....., 1993, *Jaring Kontrol Vertikal Nasional Tingkat Dua Spesifikasi Pengukuran Sipatdatar Teliti.*, Dokumen No . 17/1992. Dengan revisi pada tahun 1993. ISSN No. 0126-4982 BAKOSURTANAL.

....., 1996, *Inter-Govermental Advisory Committee on Surveying and Mapping*.

....., 1998, *Classification, Standard Accuracy, and General Spesifications of Geodetic Control Survey, Federal Geodetic Control Commitee*, U.S Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration Federal Coordinator for Geodetic Control and Related Surveys National Ocean Survey.

....., 1998, *Accuracy Standards for Geodetic Surveys*, Land Information New Zealand OSG Standard I, Office of Surveyor General.

....., *Standards and Practices for Control Surveys (SP 1) ICSM* Publication No . 1



Diterbitkan oleh:
Pusat Sistem Jaringan dan Standardisasi Data Spasial
Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL)
Jalan Raya Jakarta-Bogor Km. 46 Cibinong Bogor 16911
Telepon: (021) 8753407, Faks. (021) 8752064, 8753366
e-mail: pantek211s@bakosurtanal.go.id