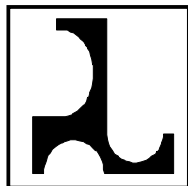


Prosedur dan Instruksi Kerja
Pengukuran Debit Sungai dan
Saluran Terbuka

NO . : QA/HDR/03/2009



**DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR**

Jl. Pattimura No.20, Kebayoran Baru, Jakarta – Telp. 7396616, Fax. 7208285

PROSEDUR DAN INSTRUKSI KERJA PENGUKURAN DEBIT SUNGAI DAN SALURAN TERBUKA

1. Tujuan : Sebagai pedoman dalam pelaksanaan pengukuran debit sungai dan atau saluran terbuka.
2. Ruang Lingkup : Dokumen ini dibuat dan untuk diterapkan di lingkungan Direktorat Jenderal Sumber Daya Air guna memberikan acuan teknis dalam pelaksanaan kegiatan pengukuran debit sungai ataupun saluran terbuka.
3. Definisi :
 - 3.1. Aliran air adalah pergerakan air di alur sungai/saluran terbuka.
 - 3.2. Debit adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai/saluran persatuan waktu.
 - 3.3. Jalur vertikal adalah jalur kearah vertikal pada suatu penampang melintang.
 - 3.4. Kedalaman adalah jarak yang diukur ke arah vertikal dari muka air ke dasar sungai/saluran terbuka.
 - 3.5. Pelampung permukaan adalah bahan yang dapat terapung di permukaan air, tidak berubah sifat dan bentuknya, dengan ukuran antara 10 cm sampai 30 cm, bagian yang tenggelam maksimum 25% dari kedalaman aliran dan bagian yang tidak tenggelam berkisar antara 3 sampai dengan 10 cm.
 - 3.6. Penampang basah adalah penampang melintang sungai/saluran terbuka yang dibatasi oleh dasar sungai/saluran terbuka dan muka air.
 - 3.7. Pengukuran debit adalah proses pengukuran dan perhitungan kecepatan, kedalaman dan lebar aliran serta perhitungan luas penampang basah untuk menghitung debit di sungai dan saluran terbuka.
 - 3.8. Sungai adalah tempat dan wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari sumber air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan, yaitu garis luar pengaman.

3.9. Rai adalah jarak antara suatu titik di tepi sungai dengan jalur vertikal pada suatu penampang melintang sungai/saluran terbuka.

3.10. Titik vertikal adalah suatu titik kedalaman dari permukaan air pada suatu jalur vertikal.

4. Referensi

: 4.1. Revisi SNI 03-2414-1991, tata cara pengukuran debit sungai dan saluran terbuka menggunakan alat ukur arus dan pelampung.

4.2. SNI 03-3413-1994, metode pengukuran debit puncak dengan cara tidak langsung.

4.3. SNI 03-2822-1992, metode pembuatan lengkung debit dan tabel sungai / saluran terbuka dengan analisis grafis.

4.4. Pedoman BWRM tentang pengelolaan hidrologi.

5. Ketentuan Umum

: 5.1. Pemilihan lokasi pengukuran debit dengan mempertimbangkan faktor-faktor, sbb:

a. berada tepat atau di sekitar lokasi pos duga air, dimana tidak ada perubahan bentuk penampang atau debit yang menyolok.

b. alur sungai harus lurus sepanjang minimal 3 kali lebar sungai pada saat banjir/muka air tertinggi.

c. distribusi aliran merata dan tidak ada aliran yang memutar.

d. aliran tidak terganggu sampah maupun tanaman air dan tidak terganggu oleh adanya bangunan air lainnya (misalnya pilar jembatan), tidak terpengaruh peninggian muka air, pasang surut dan aliran lahar.

e. penampang melintang pengukuran diupayakan tegak lurus terhadap alur sungai.

f. kedalaman pengukuran minimal 3 s/d 5 kali diameter baling-baling alat ukur arus yang digunakan.

g. apabila dilakukan di lokasi bendung, harus dilakukan di sebelah hilir atau di hulu bendung pada lokasi yang tidak ada pengaruh pengempangan (arus balik).

5.2. Lama dan periode pelaksanaan

a. pada saat aliran rendah pengukuran debit dilaksanakan dua (2) kali dalam periode waktu pengukuran (bolak-balik di penampang basah yang sama).

- b. pada saat banjir pengukuran debit dilaksanakan satu (1) kali dalam periode waktu pengukuran.
- c. periode pelaksanaan pengukuran debit minimal 3 kali untuk satu (1) pos duga air yang mewakili kondisi musim kemarau dan musim penghujan.

5.3. Pengukuran penampang basah

- a. pengukuran kedalaman harus tegak lurus terhadap permukaan air.
- b. jarak maksimum antara dua jalur vertikal adalah:
 - a) 1/15 lebar sungai/saluran terbuka apabila dasarnya teratur.
 - b) 1/20 lebar sungai/saluran terbuka apabila dasarnya tidak teratur.
- c. jarak minimum antara dua jalur vertikal adalah 2 kali diameter baling-baling (*propeller*) yang digunakan.

5.4. Pengukuran kecepatan aliran

Pengukuran kecepatan aliran dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan diantaranya *current meter* tipe baling-baling dan pelampung.

- a. pengukuran kecepatan aliran dengan alat ukur arus dapat dilaksanakan dengan cara sbb :
 - a) merawas,
 - b) menggunakan perahu,
 - c) menggunakan jembatan
 - d) menggunakan kereta gantung
 - e) menggunakan *winch cable way*
 - f) Radio current meter
- b. posisi dan jumlah titik pengukuran tergantung dari kedalaman air (d) dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a) untuk kedalaman air $\leq 0,75$ m, atau ≤ 6 kali diameter baling-baling yang digunakan (besar, kecil, sedang), pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode satu titik, yaitu pada titik vertikal 0,6d yang diukur dari permukaan air.
 - b) untuk kedalaman air $> 0,75$ m, pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode dua titik, yaitu pada titik vertikal 0,2d dan 0,8d atau menggunakan metode tiga (3) titik atau lebih, yaitu pada titik vertikal 0,2d, 0,6d dan 0,8d.

5.5. Pengukuran kecepatan aliran menggunakan pelampung dihitung dari jarak lintasan pelampung dibagi waktu tempuh, dan kecepatan rata-rata yang diperoleh harus dikalikan koefisien pelampung.

6. Kegiatan

Tanggung Jawab : 6.1. Prosedur tata cara pengukuran aliran, selanjutnya dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

- a. Kegiatan persiapan :
 - a) susun dan tetapkan jadual pengukuran debit atas semua pos duga air yang dikelola.
 - b) siapkan peralatan termasuk pelaksanaan kalibrasinya dan prasarana pendukungnya.

- b. Pelaksanaan pengukuran debit :
 - a) pengukuran dengan alat ukur *current meter* tipe baling-baling :
 - bentangkan tali/kabel pada penampang melintang yang telah ditetapkan sebagai lokasi untuk pengukuran debit.
 - ukur lebar penampang basah dan tetapkan jarak antar jalur vertikal sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan.
 - rakit (stel) alat ukur.
 - catat tinggi muka air (TMA) pada pos duga air sebelum dan setelah selesainya pekerjaan pengukuran pada kartu pengukuran yang telah disiapkan.

- bila perbedaan TMA pada saat permulaan dan akhir pengukuran kurang dari 10 cm, dipakai formula :

$$H_{rata2} = \frac{H_a + H_z}{2} \dots\dots\dots(1)$$

- bila perbedaan TMA pada saat permulaan dan akhir pengukuran lebih besar dari 10 cm, dipakai formula :

$$H_{rata2} = \frac{q_1h_1 + q_2h_2 + \dots + q_nh_n}{Q} \dots\dots\dots(2)$$

keterangan :
 H_{rata2} = rata-rata TMA pengukuran, m.
 H_a = TMA saat mulai pengukuran, m.
 H_z = TMA saat akhir pengukuran, m.
 q_n = debit interval waktu ke n, m³/dt.
 h_n = TMA rerata interval waktu ke n, m.
 Q = debit seluruh penampang m³/dt.

- catat waktu mulai pengukuran dan waktu selesai pengukuran serta kejadian-kejadian (seperti hujan dan perubahan muka air yang menyolok) selama pengukuran berlangsung.
- ukur kedalaman air dan tempatkan posisi alat ukur kecepatan pada titik kedalaman sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan.

- Tentukan waktu (lamanya) putaran baling-baling.
- catat pada kartu pengukuran :
 - jumlah putaran baling-baling pada tiap-tiap titik pengukuran,
 - kedalaman air pada masing-masing jalur vertikal,
 - jarak antar jalur vertikal.
- bilamana kedalaman air > 3 meter dan kabel penggantung alat membentuk sudut terhadap garis vertikal maka kedalaman air perlu dikoreksi sesuai tabel terlampir (**Lampiran 2**).
- hitung luas penampang basah pada tiap-tiap vertikal. Perhitungan luas penampang basah secara keseluruhan dihitung dari penjumlahan hasil perkalian antara kedalaman air dan lebar sungai pada setiap jalur vertikal. Rumus yang digunakan adalah, sbb :

$$a_x = \frac{b_{(x+1)} + b_{(x-1)}}{2} d_x \dots\dots\dots(3)$$

$$A = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots\dots+a_n) \dots\dots\dots(4)$$

keterangan :

- a_x = luas penampang basah pada bagian ke x, (m²)
- $b_{(x+1)}$ = jarak titik vertikal sesudah titik vertikal ke x dari titik tetap, (m)
- $b_{(x-1)}$ = jarak titik vertikal sebelum titik vertikal ke x dari titik tetap, (m)
- d_x = kedalaman pada titik vertikal ke x, (m)
- A = luas seluruh penampang basah, (m²).

- hitung kecepatan aliran rata-rata pada tiap-tiap jalur vertikal.
 - metode satu titik

$$V_{rata2} = V_{0,6} \dots\dots\dots(5)$$

- metode dua titik

$$V_{rata2} = \frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2} \dots\dots\dots(6)$$

- metode tiga titik

$$V_{rata2} = \left[\left(\frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2} \right) + V_{0,6} \right] \times \frac{1}{2} \dots\dots\dots(7)$$

keterangan :

V_{rata2} = kecepatan aliran rata-rata pada suatu vertikal, m/dt.

$V_{0,2}$ = kecepatan aliran pada titik 0,2 d, m/dt.

$V_{0,6}$ = kecepatan aliran pada titik 0,6 d, m/dt.

$V_{0,8}$ = kecepatan aliran pada titik 0,8 d, m/dt.

- hitung besar debit setiap bagian penampang, dengan rumus :

$$q_n = v_n \times a_x \dots\dots\dots(8)$$

keterangan :

q_n = debit pada rai ke n, m³/dt.

v_n = kecepatan aliran pada rai ke n, m/dt.

a_x = luas penampang pada rai ke n, m².

- jumlahkan debit seluruh bagian penampang untuk memperoleh debit total.

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots\dots + q_n \dots\dots\dots(9)$$

keterangan :

Q = debit total yang melewati penampang yang diukur, m³/dt.

q_n = debit pada rai ke n, m³/dt.

- bersihkan dan simpan kembali ke dalam kotak penyimpanan alat ukur dan semua peralatan lapangan setelah selesai pengukuran.

b) Pengukuran dengan alat ukur pelampung

- siapkan pelampung dan peralatan penyipat ruang dan alat penyipat datar serta perlengkapan lainnya untuk mengukur penampang melintang dan jarak antara dua penampang melintang (lintasan pelampung).
- siapkan peralatan pemberi aba-aba (seperti bendera, peluit) dan rambu-rambu, serta pencatat waktu.
- siapkan formulir (terlampir) untuk pencatatan pengukuran penampang basah dan pengukuran kecepatan aliran, serta alat tulis.
- siapkan kertas millimeter dan peralatan gambar yang dibutuhkan serta formulir perhitungan debit, terlampir (lihat **Lampiran 3**).

- lakukan pengukuran penampang basah pada penampang bagian hulu, tengah (lurus dengan pos duga air) dan hilir serta ukur jarak antar penampang melintang.
- baca tinggi muka air pada papan duga air biasa/manual (*peilshcaal*) pada saat mulai pengukuran.
- letakan alat penyipat ruang kurang lebih di tengah-tengah antara dua penampang melintang.
- ukur jarak antara penampang melintang dengan alat penyipat datar.
- lepaskan pelampung lebih kurang 10 m di sebelah hulu dari penampang bagian hulu.
- ukur sudut azimuth posisi lintasan pelampung pada penampang hulu, tengah dan hilir dengan alat penyipat ruang.
- catat lama waktu lintasan pelampung dari bagian penampang hulu sampai hilir.
- ulangi pekerjaan (mulai dari pelepasan pelampung s/d catat lama waktu lintasan) hingga semua titik lintasan pelampung (minimum 3 lintasan) yang telah ditentukan selesai diukur.
- lakukan pembacaan tinggi muka air pada papan duga air segera setelah pengukuran kecepatan aliran selesai.
- gambarkan penampang basah bagian hulu, tengah dan hilir.
- gambarkan posisi lintasan pelampung.
- hitung kecepatan aliran permukaan setiap lintasan pelampung dengan cara membagi panjang lintasan dengan lama waktu lintasan.
- tentukan nilai koefisien kecepatan aliran permukaan rata-rata untuk setiap bagian penampang basah.
- hitung kecepatan aliran pada setiap lintasan pelampung dengan cara mengalikan koefisien pelampung dengan hasil dari pembagian antara panjang lintasan dengan waktu tempuh pelampung dari hulu ke hilir lintasan. Rumus yang digunakan :

$$v_p = k_p \times \frac{L}{t} \dots\dots\dots (10)$$

$$k_p = 1 - 0,116 \{(1 - \alpha)^{0,5} - 0,1\} \dots\dots\dots (11)$$

$$\alpha = \frac{d}{h} \dots\dots\dots(12)$$

- hitung kecepatan aliran rata-rata dengan cara menjumlahkan seluruh kecepatan lintasan pelampung dibagi dengan jumlah lintasan. Rumus yang digunakan :

$$V_{p \text{ rata2}} = \frac{V_{p1} + V_{p2} + \dots + V_{pn}}{n} \dots\dots\dots(13)$$

keterangan :

v_p = kecepatan aliran, m³/dt.

$V_{p \text{ rata2}}$ = kecepatan aliran rata-rata, m³/dt

k_p = koefisien pelampung.

d = tinggi pelampung yang tenggelam dalam air, m.

h = kedalaman muka air dari dasar sungai, m.

- hitung luas setiap bagian penampang basah.
- hitung debit untuk setiap bagian penampang basah dengan cara mengalikan luas penampang basah dengan kecepatan aliran rata-rata pada tiap penampang.
- hitung debit total dengan cara menjumlahkan debit pada setiap bagian penampang basah dan hitung tinggi muka air rata-ratanya.

6.4. Tanggung Jawab :

a. Koordinator pelaksana :

- a) menyusun jadual dan petugas pelaksanaannya.
- b) menyiapkan prasarana dan biaya pengukuran debit.
- c) memeriksa persiapan pelaksanaan pengukuran debit.
- d) memeriksa hasil pengukuran debit.

b. Petugas :

- a) menyiapkan sarana dan kalibrasi peralatan yang akan dipakai dalam pengukuran debit.
- b) menyiapkan pelaksanaan pengukuran debit.
- c) melaksanakan pengukuran debit.

c. Kabid/Kasi Perencanaan dan OP :

- a) mengesahkan jadual dan petugas pelaksana pengukuran debit.
- b) mengesahkan hasil pengukuran debit.

7. Kondisi khusus : Pengukuran debit sungai pada saat banjir atau pengukuran aliran berubah sangat cepat, sbb :
- pada saat banjir, pengukuran debit hendaknya dilakukan pada saat banjir telah melampaui puncak dan berada pada sisi surut.
 - lama pengukuran dengan alat ukur aliran untuk setiap titik vertikal cukup 30 detik.
 - lakukan satu titik pengukuran pada kedalaman 0,5 d pada tiap bidang vertikal.
 - kecepatan aliran rata-rata untuk setiap bidang vertikal adalah :

$$V_{rata2} = 0,96 V_{0,5d} \dots\dots\dots(13)$$

- catat tinggi muka air untuk setiap titik pengukuran.
- debit aliran dihitung dengan rumus penampang tengah (*mid section*), seperti yang diuraikan di atas.
- jika muka air berubah >5%, selama pengukuran, debit dihitung berdasarkan kedalaman aliran untuk masing-masing vertikal.

8. Rekaman : 8.1. Hasil pengukuran debit (kartu pengukuran).

8.2. Gambar penampang melintang.

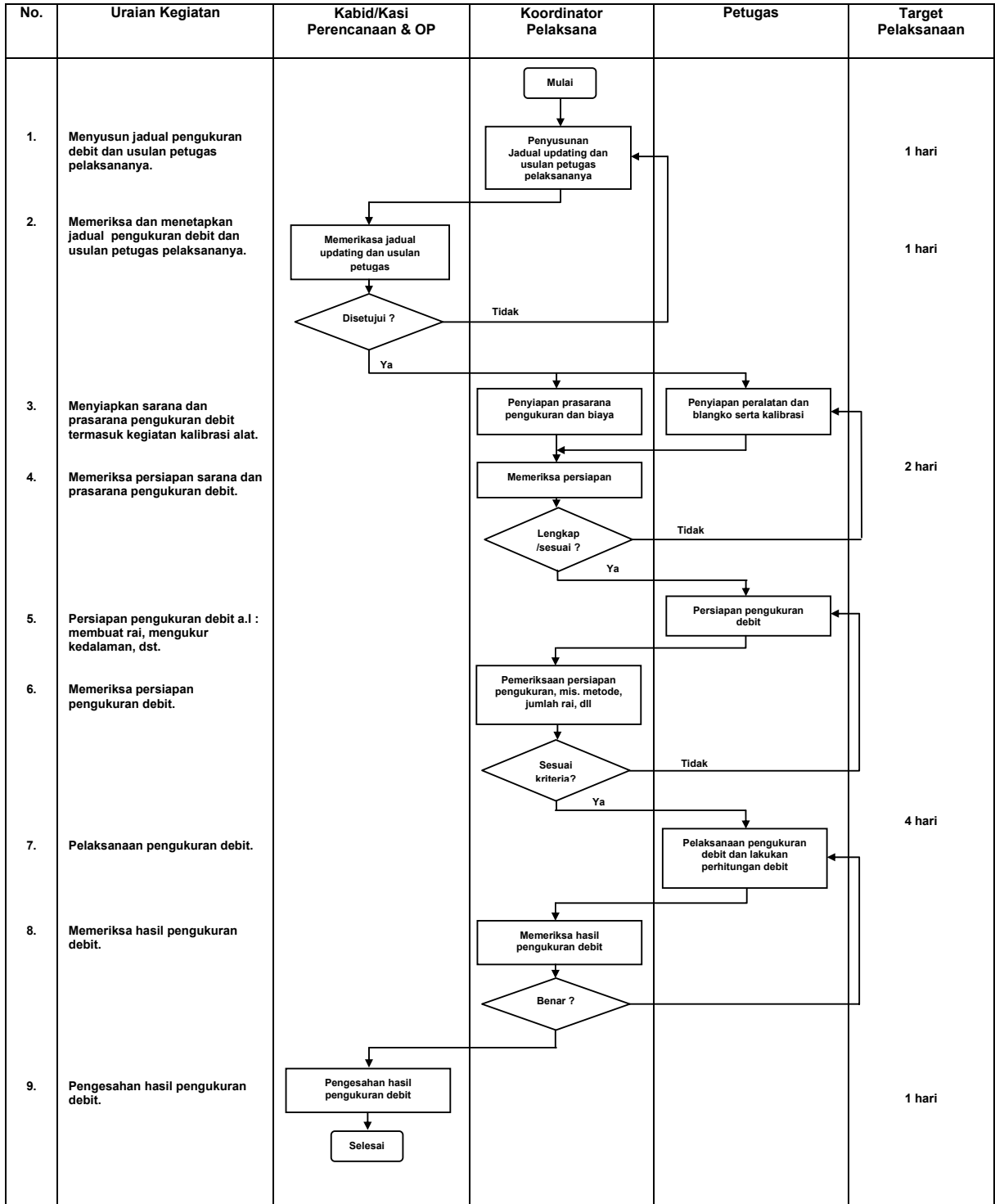
9. Lampiran : 9.1. Bagan alir pelaksanaan pengukuran debit sungai dan saluran terbuka.

9.2. Koreksi panjang juntaian penggantung (untuk menentukan kedalaman muka air sungai).

9.3. Formulir pengukuran debit.

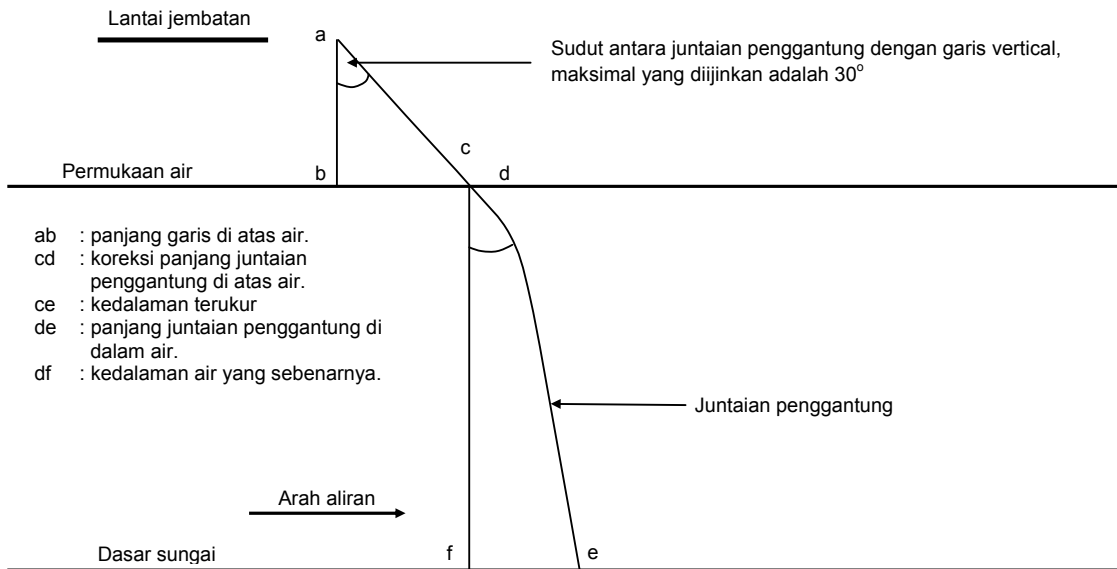
Lampiran 1

Bagan Alir Pengukuran Debit Sungai dan Saluran Terbuka



Lampiran 2

Tabel Koreksi Pengukuran



Koreksi panjang juntaian penggantung di atas dan di dalam air

Sudut juntaian penggantung (α°)	Koreksi juntaian di atas air (%)	Koreksi juntaian di dalam air (%)
10	1,54	0,50
12	2,23	0,72
14	3,06	0,98
16	4,03	1,28
18	5,15	1,64
20	6,42	2,04
22	7,85	2,48
24	9,46	2,96
26	11,26	3,50
28	13,26	4,08
30	15,47	4,72

Contoh penerapannya :

Dalam suatu pengukuran aliran diperoleh data sebagai berikut :

- Jarak antara titik penggantung s/d muka air (ab) = 18 m
- Kedalaman aliran terukur (ce) = 8 m
- Sudut penggantung s/d garis vertikal (α) = 20°

Hasil perhitungan :

a. koreksi juntaian di atas muka air untuk $\alpha = 20^\circ$ = 6,42% = 0,0642
 b. nilai panjang koreksi = $18 \times 0,0642$
 = 1,16 m

c. panjang juntaian tali di dalam air = $8 - 1,16$
 = 6,84 m

d. koreksi juntaian didalam air untuk $\alpha = 20^\circ$ = 2,04% = 0,0204
 e. panjang juntaian sesungguhnya = $6,84 - 6,84 \times 0,0204$
 = 6,70 m

Lampiran 3

A. Formulir pengukuran debit dengan alat ukur arus

Kartu Pengukuran Debit

Sungai, WS :
 Tempat :
 Pos duga air :
 Tanggal :
 Lebar sungai : Luas penampang :
 Muka air : mulai Selesai :
 Waktu : mulai Selesai :
 Kondisi alat : Baik / Rusak
 Nomor register alat :
 Nomor pengukuran :
 Nama pengukur :
 Kecepatan rata-rata :
 Debit :

 Rumus alat :

Data Pengukuran Debit

Rai (m)	Lebar (m)	Dalam (m)	Dalam Kincir (m)	Jumlah Putaran	Waktu (det)	Kecepatan		Luas (m ²)	Debit (m ³ /det)
						Pd Titik	Rata-rata		

Diperiksa oleh :

Koordinator pelaksana :

(.....)

(.....)

B. Formulir pengukuran debit dengan pelampung

Kartu Pengukuran Debit

Sungai, WS :
 Tempat :
 Pos duga air :
 Nomor register alat :
 Kondisi alat : Baik / Rusak
 Tanggal :
 Muka air : mulai Selesai :
 Waktu : mulai Selesai :
 Nomor pengukuran :
 Nama pengukur :

Data Pengukuran Debit

Panjang hulu		Penampang hilir	
Jarak dari tepi (m)	Kedalaman (m)	Jarak dari tepi (m)	Kedalaman (m)

Pelampung No	Jarak (m)			Waktu (menit)	Koef.	Kecepatan (m/dt)
	L	α	L'			

Diperiksa oleh :

Koordinator pelaksana :

(.....)

(.....)