

PAIR/P. 313/1988

STUDI PENGUKURAN DEBIT SUNGAI DENGAN  
TOTAL COUNT METHOD

Syafalni, Indrojono dan Taryono



# STUDI PENGUKURAN DEBIT SUNGAI DENGAN TOTAL COUNT METHOD

Syafalni\*, Indrojono\*, dan Taryono\*

## ABSTRAK

STUDI PENGUKURAN DEBIT SUNGAI DENGAN TOTAL COUNT METHOD. Aplikasi metode nuklir total count method untuk pengukuran debit sungai telah banyak dilakukan dalam hidrologi. Penggunaan larutan KBr ( $^{82}\text{Br}$ ) sebagai perunut radioaktif telah dibandingkan dengan metode konvensional current meter dan didapatkan bahwa pengukuran dari kedua metode tersebut adalah tidak berbeda.

## ABSTRACT

STUDIES ON TOTAL COUNT METHOD FOR DETERMINING RIVERFLOW. Application of nuclear method by using total count method for riverflow measurements have been widely used in hydrology. The used of KBr ( $^{82}\text{Br}$ ) as radioactive tracer was compared with the current meter and it was found that for both methods are not significantly different.

## PENDAHULUAN

Pengukuran debit sungai yang diteliti sangat diperlukan sekali dalam hidrologi. Metode konvensional menggunakan current meter merupakan suatu teknik yang baik, tetapi menimbulkan kesulitan dalam pengukuran bila terjadi debit yang sangat besar dan banjir. Pengukuran debit sering sekali digunakan untuk kalibrasi bendung dan kalibrasi stasiun pengukur debit/aliran. Dalam teknik nuklir hidrologi, pengukuran debit dapat dilakukan dengan teknik pengenceran isotop yang salah satunya diaplikasikan oleh TIMBLIN L.O.JR. dan PETERKA A. J. (1), yang dikenal dengan total count method (metode

cacah total) dengan teknik injeksi se-saat.

Secara umum, metode nuklir (total count method) tersebut digunakan untuk pengukuran apabila penggunaan metode current meter yang biasa digunakan tidak mungkin diterapkan karena keadaan sebagai berikut : debit sungai terlalu deras, air sungai sangat dangkal, penampang sungai sulit untuk ditentukan, dan bila air membawa bahan yang akan membahayakan current meter.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode nuklir (total count method) dengan metode konvensional current meter yang dilakukan di Sungai Cimanuk hulu Jawa Barat.

## TEORI

Apabila larutan perunut radio-

\* Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

isotop dengan aktivitas  $A$  currie ( $ci$ ) dan volume  $v$  diinjeksikan sesaat ke dalam suatu aliran dengan konsentrasi  $c$  ( $ci/cm^3$ ) di hulu sungai dan di hilir sungai telah terjadi percampuran yang homogen dengan catatan tidak terjadi penambahan ataupun pengurangan jumlah perunut, maka (1,2)

$$A = c l v l = \int c dv \quad 1)$$

$A$  = aktivitas total perunut radioisotop

$c$  = konsentrasi perunut mula-mula

$v$  = volume perunut mula-mula

$c$  = konsentrasi perunut di  $dv$

$dv$  = Perubahan volume yang lewat pada waktu  $dt$

Diketahui, bahwa keseimbangan perunut untuk debit suatu aliran adalah,

$$Q = dv/dt \text{ atau } dv = Q dt \quad 2)$$

Bila persamaan 1 dan 2 disubstitusikan pada  $Q$  konstan, maka hasilnya akan memberikan,

$$c l v l = Q \int c dt$$

kemudian debit  $Q$

$$Q = c l v l / \int c dt = A / \int c dt \quad 3)$$

$\int c dt$  adalah konstan untuk penampang tertentu.

Nilai  $\int c dt$  dapat dihitung dengan detektor dan cacahan yang tercatat pada detektor adalah

$$dN \sim c dt \text{ atau } N = F \int c dt$$

$$\text{sehingga, } N/F = \int c dt \quad 4)$$

Hasil substitusi persamaan 3 dan 4 adalah,

$$Q = F A / N \quad 5)$$

$Q$  = debit aliran

$A$  = aktivitas perunut radioaktif

$N$  = total cacahan selama larutan perunut tersebut melewati detektor

$F$  = faktor kalibrasi yang menyatakan hubungan antara konsentrasi perunut dan cacahan.

Salah satu hal terpenting yang menentukan berhasil atau tidaknya percobaan ini adalah tergantung pada homogenitas percampuran antara perunut dan air. Jarak minimum antara titik injeksi dan tempat pengukuran yang percampurannya homogen, dikenal sebagai mixing length ( $L$ ), Beberapa percobaan telah dilakukan untuk menentukan  $L$ , salah satu diantaranya adalah (1,30),

$$L = 200 Q^{1/3} \text{ (untuk injeksi di pinggir sungai)}$$

$$L = 50 Q^{1/3} \text{ (untuk injeksi di tengah sungai)}$$

$Q$  = debit perkiraan

## BAHAN DAN METODE

*Peralatan dan Bahan Nuklir.* Peralatan utama yang digunakan untuk metode nuklir ialah detektor sintilasi kedap air yang terdiri atas kristal NaI(Tl) dengan photomultiplier yang dihubungkan dengan kabel sepanjang kira-kira 75 m ke ratemeter SPP3 dan Scaler ECP522 buatan Perancis.

Radioisotop yang digunakan dalam percobaan ini adalah isotop  $^{82}\text{Br}$  dalam senyawa KBr yang diperoleh dari PPTN Bandung dan larutan utama yang akan digunakan untuk kalibrasi dan pengukuran



disiapkan di lapangan. Kalibrasi dari detektor dalam bak kalibrasi digunakan radioisotop dengan konsentrasi  $10^{-7}$   $\mu\text{Ci/ml}$ .

*Current Meter.* Pengukuran debit secara konvensional digunakan alat yang dapat mengukur kecepatan dari aliran yang disebut current meter.

*Keselamatan Kerja.* Isotop  $^{82}\text{Br}$  adalah isotop pemancar sinar gamma ( $\gamma$ ) dengan energi antara 0,55 Mev s.d. 1,46 Mev (E rata-rata 0.903 Mev) mempunyai waktu paruh 36 jam. Aktivitas yang dapat terdeteksi dalam air adalah  $2 \times 10^{-8}$   $\mu\text{Ci/ml}$  dan batas maksimum yang diizinkan (MPC) dalam air minum adalah  $3 \times 10^{-4}$   $\mu\text{Ci/ml}$ .

Hasil kalibrasi isotop  $^{82}\text{Br}$  adalah sebanyak 686 cacahan per menit untuk konsentrasi isotop  $3,6 \times 10^{-7}$   $\mu\text{Ci/ml}$ . Adapun konsentrasi isotop maksimum di tempat pengukuran 35 cacahan per detik yang sama dengan 2100 cacahan per menit atau kalau dinyatakan dalam konsentrasi radioisotop adalah  $2100/686 \times (3,6 \times 10^{-7} \mu\text{Ci/ml}) = 1,102 \times 10^{-6}$   $\mu\text{Ci/ml}$ . Dengan demikian, konsentrasi isotop di sungai Cimanuk mulai dari tempat pengukuran ke hilir maksimum adalah  $1,102 \times 10^{-6}$   $\mu\text{Ci/ml}$  dibagi  $3 \times 10^{-4}$  sama dengan  $1/300$  MPC air minum dan ini dari segi keselamatan kerja adalah betul-betul aman bagi masyarakat lingkungan, apa lagi bila diingat bahwa makin ke hilir sungai sudah tentu radioisotop sudah makin terencerkan.

*Metode.* Penelitian ini dilakukan di sungai Cimanuk hulu di daerah Garut, Jawa Barat. Percobaan dilakukan dalam 4 periode pengamatan, yaitu bulan September 1982, bulan Januari 1983, bulan Maret 1983, dan bulan April 1983. Pemilihan waktu ini didasarkan atas tinggi muka air yang sangat tergantung pada musim (akhir musim kemarau dan musim hujan), sehingga diperoleh data yang bervariasi terhadap tinggi muka air. Pelaksanaan percobaan adalah sebagai berikut.

1. Tempat injeksi dipilih di tepi sungai dengan mengingat alat injeksi yang tersedia.
2. Pencacahan dilakukan pada tempat pengamatan yang telah ditentukan dengan rumus jarak ( $L = 200 Q^{1/3}$ ).
3. Untuk menentukan faktor kalibrasi F, kalibrasi dilakukan dengan menggunakan drum.

Dari kalibrasi di atas, konsentrasi maksimum radioisotop yang didasarkan atas cacahan yang diperoleh tempat pengamatan dapat dihitung. Jumlah aktivitas yang diinjeksikan ditetapkan berdasarkan pada besarnya perkiraan debit sungai tersebut.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pada konsep analisis data hidrologi, hubungan antara muka air dan debit air pada suatu aliran saluran terbuka, secara umum, **persama-**



annya adalah sebagai berikut (3).

$$Q = A (H-H_0)^B$$

Q = debit

H = muka air (H-H<sub>0</sub> adalah ke dalam air)

A dan B adalah konstanta. Hasil yang didapatkan dari pengukuran yang dilakukan pada 1982/1983 dapat dilihat pada Tabel 1, Gambar 1 dan 2. Analisis statistik dari hasil pengukuran metode nuklir dan current meter didapatkan sebagai berikut.

*Metode Nuklir.* Persamaan garis lengkung debit dengan metode nuklir adalah :

$$Q = 0,002504 (H-15,761)^2 \text{ dengan koefisien korelasi}$$

r = 0.979, standar deviasi = 3,5986 dan confidence limits lengkung debit adalah + 1,0175 dengan probability 95%.

*Current Meter.* Persamaan garis lengkung debit dengan current meter adalah

$$Q = 0,002503 (H-16,209)^2 \text{ dengan koefisien korelasi}$$

r = 0.966, standar deviasi = 3,8917 dan confidence limits lengkung debit adalah + 2,7909 dengan probability 95%.

Berdasarkan pada hasil perhitungan statistik terhadap metode nuklir di atas, hanya pengukuran no. 46 tanggal

7-3-1983 yang keluar dari daerah acceptance limitsnya. Penyimpangan ini mungkin sekali disebabkan oleh kesalahan pelaksanaan injeksi dari radioisotop, sedangkan untuk current meter yang hasilnya keluar dari acceptance limits dengan probability 95% adalah no. 27 tanggal 7-1-1983 dan no. 50 tanggal 7-3-1983. Penyimpangan ini mungkin disebabkan pengukuran debit yang deras dan besar sulit dilakukan.

Gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa metode nuklir dan metode current meter tidak berbeda karena confidence limits lengkung debit rata-rata untuk metode nuklir adalah  $Q \pm 1,010175$  dan untuk current meter  $Q \pm 2,7909$ , sehingga persamaan lengkung debit kedua metode tersebut terletak di dalam daerah confidence limits lengkung debit rata-rata.

Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa pengukuran dengan current meter hanya dapat dilakukan terhadap debit sampai ketinggian muka air sebesar 219 cm. Hal ini disebabkan oleh kesulitan dalam penentuan penampang sungai dan bahaya yang disebabkan oleh derasnya debit sungai pada tinggi muka air yang lebih dari 219 cm. Kenyataan ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang menggunakan current meter (4). Pengukuran dengan metode nuklir dapat dilakukan sampai ketinggian muka air yang tidak terbatas dengan catatan bahwa air sungai tidak melimpas keluar.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Metode nuklir dan metode current meter mempunyai hasil yang tidak berbeda.
2. Metode nuklir dapat mengukur debit yang sangat besar dan deras.

## DAFTAR PUSTAKA

1. TIMBLIN L. O. JR and PETERKA A. J.

"Use of radioisotopes for open channel flow measurements", Radioisotopes in Hydrology (Proceeding of Symposium, Tokyo, 1963), IAEA, Vienna (1963) 37.

2. GASPAR E. and ONCESCU, Radioactive tracer In hydrology, Elsevier Publishing Co., Amsterdam (1972).
3. DE TROCH, F. Hydrologic data analysis, IUPHY Brussel (1987).
4. IAEA Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology (Technical reports series, No. 91), IAEA, Vienna (1983).

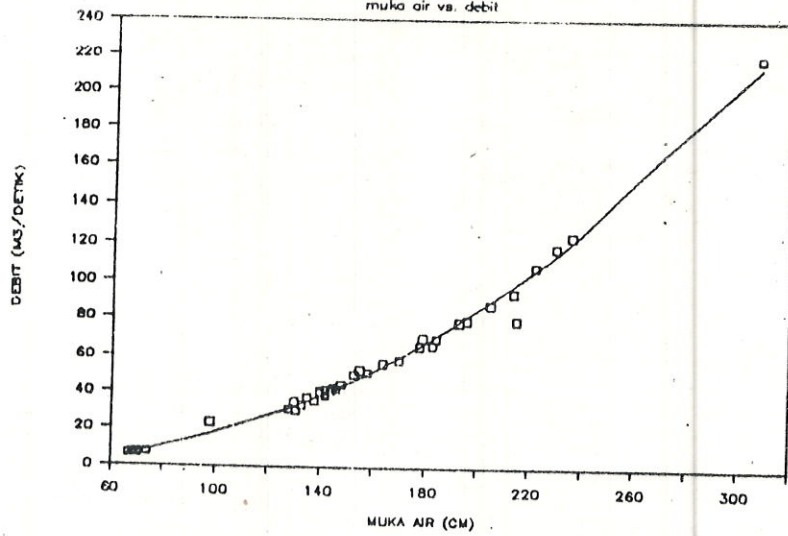


Tabel 1. Hasil pengukuran debit sungai dengan metode nuklir dan metode current meter.

| No. | Tanggal | Jam   | Aktiv. iso-<br>top (mCi) | Maks air<br>(cm) | Debit air (m <sup>3</sup> /dt) |        |
|-----|---------|-------|--------------------------|------------------|--------------------------------|--------|
|     |         |       |                          |                  | M.N                            | C.M    |
| 1   | 18-9-82 | 15.07 |                          |                  |                                |        |
| 2   | 19-9-82 | 9.36  | 4.8                      | 74               | 7.484                          |        |
| 3   | 19-9-82 | 15.43 | 5.15                     | 70               | 6.775                          |        |
| 4   | 20-9-82 | 9.19  | 4.67                     | 70               | 7.038                          |        |
| 5   | 20-9-82 | 15.29 | 5.4                      | 68               | 6.068                          |        |
| 6   | 21-9-82 | 10.39 | 4.91                     | 70               | 7.003                          |        |
| 7   | 21-9-82 | 14.36 | 6.88                     | 68               | 6.529                          |        |
| 8   | 21-9-82 |       | 6.19                     | 68               | 6.587                          |        |
| 9   | 22-9-82 | 8.45  | 8.75                     | 67               | 6.471                          | 5.838  |
| 10  | 22-9-82 | 15.25 | 7.60                     | 68               | 6.408                          |        |
| 11  | 22-9-82 |       |                          | 68               |                                | 5.263  |
| 12  | 22-9-82 |       |                          | 67               |                                | 5.052  |
| 13  | 23-9-82 | 9.37  | 5.44                     | 68               | 6.598                          |        |
| 14  | 23-9-82 | 15.26 | 4.88                     | 68               | 6.549                          |        |
| 15  | 23-9-82 |       |                          | 67               |                                | 5.685  |
| 16  | 23-9-82 |       |                          | 68               |                                | 6.765  |
| 17  | 24-9-82 | 9.03  | 5.16                     | 70               | 6.722                          |        |
| 18  | 24-9-82 | 15.24 | 4.88                     | 68               | 6.646                          |        |
| 19  | 24-9-82 |       |                          | 69               |                                | 5.663  |
| 20  | 24-9-82 |       |                          | 68               |                                | 5.41   |
| 21  | 26-9-82 | 9.22  | 6.58                     | 70               | 7.07                           |        |
| 22  | 26-9-82 |       |                          | 70               |                                | 7.059  |
| 23  | 6-01-83 |       |                          | 132              |                                | 34     |
| 24  | 07-1-83 | 11.11 | 5.85                     | 68               | 23.32                          |        |
| 25  | 07-1-83 | 22.2  | 23                       | 230              | 118.375                        |        |
| 26  | 07-1-83 | 22.49 | 34                       | 238              | 124.67                         |        |
| 27  | 07-1-83 |       |                          | 215              |                                | 08     |
| 28  | 07-1-83 |       |                          | 99               |                                | 22.64  |
| 29  | 08-1-83 | 11.18 | 14                       | 158              | 51.82                          |        |
| 30  | 08-1-83 | 15.1  | 14                       | 142              | 38.46                          |        |
| 31  | 08-1-83 |       |                          | 145              |                                | 48.44  |
| 32  | 09-1-83 | 14.07 | 8                        | 130              | 35.147                         |        |
| 33  | 09-1-83 |       |                          | 128              |                                | 39.152 |
| 34  | 10-1-83 | 20.39 | 82                       | 308              | 219.12                         |        |
| 35  | 10-1-83 |       |                          | 137              |                                | 42.187 |
| 36  | 11-1-83 |       |                          | 175              |                                | 82.479 |
| 37  | 12-1-83 |       |                          | 157              |                                | 53.702 |
| 38  | 02-3-83 | 14.11 | 10.92                    | 142              | 39.81                          |        |
| 39  | 03-3-83 | 10.35 | 13.5                     | 133              | 33.45                          |        |
| 40  | 05-3-83 | 10.18 | 16.37                    | 145              | 43.19                          |        |
| 41  | 05-3-83 | 14.02 | 13.78                    | 135              | 37.42                          |        |
| 42  | 06-3-83 | 10.12 | 13                       | 131              | 30.03                          |        |
| 43  | 06-3-83 | 14.17 | 12                       | 138              | 35.45                          |        |
| 44  | 06-3-83 |       |                          | 133              |                                | 35.64  |
| 45  | 06-3-83 |       |                          | 128              |                                | 32.88  |
| 46  | 07-3-83 | 9.49  | 25.77                    | 215              | 79.45                          |        |
| 47  | 07-3-83 | 10.4  | 32.6                     | 205              | 87.67                          |        |
| 48  | 07-3-83 | 13.45 | 26.65                    | 183              | 66.192                         |        |
| 49  | 07-3-83 | 14.23 | 26                       | 179              | 70.3                           |        |
| 50  | 07-3-83 |       |                          | 215              |                                | 98.454 |
| 51  | 07-3-83 |       |                          | 181              |                                | 67.6   |
| 52  | 08-3-83 | 10.22 | 25                       | 193              | 78.87                          |        |
| 53  | 08-3-83 | 11.3  | 24                       | 184              | 69.79                          |        |
| 54  | 08-3-83 |       |                          | 193              |                                | 78.38  |
| 55  | 01-4-83 | 10.07 | 23                       | 164              | 56.3                           |        |
| 56  | 01-4-83 | 14.54 | 21                       | 144              | 41.04                          |        |
| 57  | 02-4-83 | 15.03 | 13.32                    | 128              | 30.92                          |        |
| 58  | 02-4-83 |       |                          | 129              |                                | 30.8   |
| 59  | 03-4-83 | 9.05  | 18.67                    | 142              | 41.69                          |        |
| 60  | 03-4-83 | 9.45  | 18.32                    | 140              | 40.81                          |        |
| 61  | 03-4-83 | 14.29 | 18.58                    | 130              | 35.31                          |        |
| 62  | 03-4-83 |       |                          | 141              |                                | 40.3   |
| 63  | 03-4-83 |       |                          | 130              |                                | 33.4   |
| 64  | 04-4-83 | 8.43  | 11.78                    | 155              | 52.59                          |        |
| 65  | 04-4-83 | 13.42 | 16.07                    | 140              | 40.72                          |        |
| 66  | 04-4-83 | 14.54 | 15.74                    | 140              | 41.07                          |        |
| 67  | 04-4-83 |       |                          | 154              |                                | 49.6   |
| 68  | 04-4-83 |       |                          | 140              |                                | 37.2   |
| 69  | 05-4-83 | 5.57  | 31.48                    | 222              | 108.509                        |        |
| 70  | 05-4-83 | 6.5   | 30.77                    | 214              | 94.25                          |        |
| 71  | 05-4-83 | 9.49  | 29.17                    | 196              | 79.26                          |        |
| 72  | 05-4-83 |       |                          | 219              |                                | 103    |
| 73  | 05-4-83 |       |                          | 193              |                                | 75.6   |
| 74  | 06-4-83 | 7.24  | 19.03                    | 178              | 65.72                          |        |
| 75  | 06-4-83 | 14.42 | 11.87                    | 153              | 50.31                          |        |
| 76  | 06-4-83 |       |                          | 177              |                                | 65.3   |
| 77  | 07-4-83 | 7.07  | 27.29                    | 170              | 58.17                          |        |
| 78  | 07-4-83 |       |                          | 166              |                                | 66.8   |
| 79  | 08-4-83 | 6.54  | 24.81                    | 148              | 44.75                          |        |
| 80  | 08-4-83 | 10.22 | 22.29                    | 148              | 42.385                         |        |
| 81  | 08-4-83 |       |                          | 149              |                                | 45.2   |

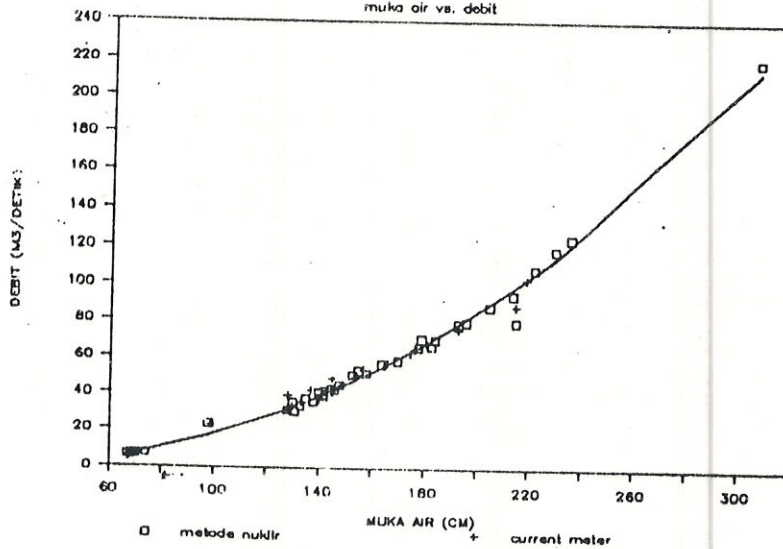
M.N. = Metode nuklir  
C.M. = Current meter

metode nuklir  
muka air vs. debit



Gambar 1. Hubungan antara muka air dan debit menggunakan metode nuklir.

muka air vs. debit



Gambar 2. Hubungan antara muka air dan debit menggunakan metode nuklir dan current meter.