
PENELITIAN BOCORAN BENDUNGAN SENGGURUH, MALANG, DENGAN TEKNIK PERUNUT RADIOISOTOP

Paston Sidauruk, Wibagiyo dan Satrio

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi - BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Kotak Pos 7002, Jakarta12070
Tel.: 021 7690709, Fax: 021 7691607
e-mail: pastons@batan.go.id

Diterima 1 April 2010; disetujui 7 Mei 2010

ABSTRAK

PENELITIAN BOCORAN BENDUNGAN SENGGURUH, MALANG, DENGAN TEKNIK PERUNUT RADIOISOTOP. Penelitian bocoran bendungan Sengguruh, Malang, telah dilakukan dengan teknik perunut radioisotop. Penelitian ini dilakukan dengan menaburkan perunut radioisotop ^{198}Au sekitar 20-30 meter di bagian hulu daerah yang diteliti dan dibiarkan 10 jam untuk bercampur dan bergerak mengikuti dinamika air waduk. Selama tahapan ini seluruh pintu keluar air harus tertutup rapat, sehingga pergerakan air diharapkan hanya disebabkan oleh bocoran yang terjadi. Posisi pergerakan radioisotop ^{198}Au dapat dijejak dengan menggunakan detektor. Gambar isokontour cacahan hasil dari penjejakan ini dapat memberikan pola pergerakan sekaligus lokasi bocoran. Dari hasil interpretasi gambar isokontour cacahan yang dilakukan sebanyak enam kali dengan selang 1 hari antara penjejakan menunjukkan adanya konsistensi pola pergerakan perunut ^{198}Au yang mengerucut dan terkonsentrasi di suatu titik di sekitar pintu pelimpah waduk. Hal ini menunjukkan adanya bocoran disekitar pintu pelimpah waduk.

Kata kunci : kebocoran bendungan, perunut Au-198, waduk

ABSTRACT

INVESTIGATION OF LEAKAGE OF SENGGURUH DAM USING RADIOISOTOPE TECHNIQUE. Study of the leakage of Sengguruh dam has been conducted using radioisotope technique. The study was conducted by introducing the radioisotope ^{198}Au as a line source about 20-30 m upstream of the studied area. The introduced radioisotope was left for 10 hours to allow to mix and move with the reservoir water. During this stage all the dam outlets should be kept shut to ensure the movement of reservoir water was derived by the leakage only. Position of movement of the radioisotope ^{198}Au can be tracked using scintillation detectors. Iso-contour of radioisotope ^{198}Au counts can describe the movement pattern as well as the ingress point of the leakage. The interpretation of iso-counts contours from six different times showed the consistency of the pattern of movement of the radioisotope ^{198}Au converged at one point near the overflow gates. This could be an indicator of a leakage near the overflow gates.

Keywords : dam leakages, Au-198 tracer, reservoir

PENDAHULUAN

Kebocoran air adalah salah satu masalah yang sering dihadapi dalam bangunan air seperti bendungan. Penanganan masalah bocoran pada suatu bendungan sangat perlu dilakukan karena hal ini tidak hanya menyangkut kehilangan air yang merugikan tetapi juga karena masalah keamanan tubuh bendungan itu sendiri. Sekali terjadi kebocoran, upaya perbaikan harus dilakukan sebelum masalah yang lebih besar menyangkut keselamatan bendungan terjadi. Namun untuk lebih mengefisienkan dan mengefektifkan upaya perbaikan, lokasi kebocoran di dinding tubuh bendungan atau dasar waduk perlu diketahui dengan pasti.

Bendungan Sengguruh yang dibangun pada tahun 1988 dengan kapasitas tampung reservoir sebesar 21,5 juta m³ telah mengalami beberapa masalah [1]. Di samping pendangkalan oleh sediment yang cukup tinggi, bendungan Sengguruh juga mengalami indikasi awal terjadinya rembesan/bocoran dari waduk. Pendugaan terjadinya rembesan/bocoran dari waduk terlihat dari keluarnya beberapa air keluaran di sekitar bendungan.

Salah satu teknik yang dapat diandalkan di lapangan dalam hal penentuan lokasi bocoran di dasar waduk dan tubuh bendungan adalah teknologi isotop [2,3]. Dalam teknik ini radioisotop seperti ¹⁹⁸Au akan diinjeksikan/dikabutkan ke dalam waduk yang selanjutnya kabut isotop ini akan mengikuti pergerakan air waduk. Gerakan air khususnya yang diakibatkan oleh bocoran pada akhirnya akan membawa isotop ke lubang masukan (*inlet*) bocoran tersebut dan menempel di sedimen yang berada dalam lubang tersebut secara akumulatif. Dengan alat pendeteksi radioisotop yang diarahkan dan ditempatkan di dasar waduk secara berpindah-pindah, lokasi di mana isotop ini berkumpul dan menempel dapat diketahui.

Dalam tujuan inilah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi-BATAN melakukan kerjasama penelitian dengan PERUM JASA TIRTA I sebagai pengelola bendungan Sengguruh yang mengalami masalah bocoran untuk mengadakan penelitian lokasi bocoran di bendungan tersebut dengan teknik perunut radioisotop ¹⁹⁸Au [4,5].

METODE PENELITIAN

Radioisotop dan Pengkabutan radioisotop

Dalam penelitian ini perunut radioisotop dikabutkan ke dalam air waduk secara merata setinggi 50 cm di atas dasar waduk. Tujuannya adalah agar kabut isotop tadi mengikuti gerakan air ke arah lubang bocoran yang terdapat di dasar waduk atau dinding tubuh bendungan.

Selama pekerjaan pengkabutan isotop dan pendeteksian, semua pintu luaran seperti pelimpas, pintu masukan untuk pembangkit generator listrik harus ditutup. Hal ini dilakukan untuk menjamin bahwa gerakan yang terjadi dalam air waduk dipastikan hanya didominasi oleh gerakan yang disebabkan bocoran yang ada pada dasar atau dinding bendungan.

Sesuai dengan tujuan penelitian ini, maka radioisotop yang dipergunakan dalam pekerjaan ini adalah radioisotop ^{198}Au dalam bentuk senyawa AuCl_3 . Adapun karakteristik dari isotop ini adalah sebagai berikut [2,3,6]:

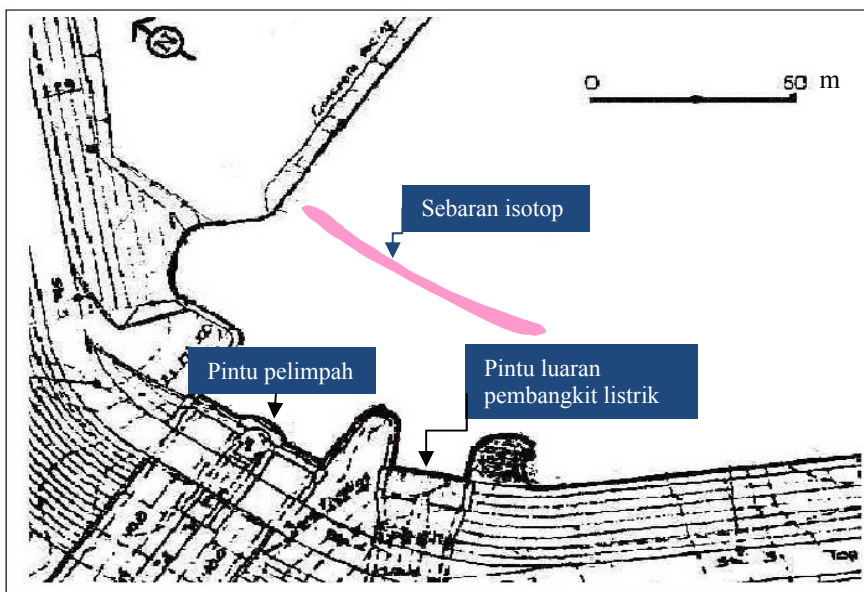
- Radioisotop adalah pemancar sinar γ dengan *energy* 0,41 Mev,
- Waktu paruh (*half life*) = 2,7 hari,
- Konsentrasi maximum yang diizinkan (*Maximum Permissible Concentration, MPC*) = $5,0 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/cc}$,
- Batas minimum deteksi (*Minimum Detection Limit, MDL*) = $1 \times 10^{-7} \mu\text{Ci/cc}$.

Dengan pertimbangan volume air waduk yang akan tercampur oleh isotop adalah 500.000 s/d 1.000.000 m^3 maka dengan pertimbangan konsentrasi maksimum yang diizinkan dan batas minimum deteksi maka konsentrasi isotop yang dikabutkan adalah sebesar 2 Ci. Dengan konsentrasi ini maka maksimum konsentrasi yang terjadi setelah terjadinya proses dispersi dalam air waduk diperkirakan adalah sebesar :

$$\frac{2\text{Ci}}{5 \times 10^5 \text{ m}^3} = 4 \times 10^{-6} \mu\text{Ci/cc}$$

Besarnya konsentrasi radioisotop yang dikabutkan ini masih satu orde besaran di bawah maksimum konsentrasi yang diizinkan (MPC) dan sekitar satu orde besaran di

atas batas minimum deteksi MDL. Hal ini dilakukan untuk mengikuti prosedur keselamatan radiasi yang berlaku tanpa mengabaikan tingkat ketelitian pengukuran yang dapat dipertanggungjawabkan. Selanjutnya dalam upaya mengefesienkan pelaksanaan pengkabutan, isotop terlebih dahulu diencerkan ke dalam tabung yang berisi air ~ 50 l. Lokasi pengkabutan isotop ^{198}Au dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Lokasi pengkabutan isotop di bendungan

Gridding (positioning) dan penjejukan (tracking) radioisotop

Yang dimaksud dengan *gridding* atau *positioning* adalah pemberian kordinat x dan y pada titik titik deteksi terhadap titik referensi yang sudah ditetapkan. Titik deteksi ini menyebar secara merata dari lokasi pengkabutan isotop sampai dengan pintu pelimpah bendungan. Namun, jika dalam pencacahan ditemukan anomali konsentrasi (cacahan) maka jarak antar titik deteksi akan dirapatkan. Penjejukan (*tracking*) adalah pengukuran aktifitas (cacahan) radioisotop pada titik-titik deteksi. Pengukuran dilakukan dengan detektor kedap air yang dijulurkan sampai mencapai dasar waduk.

Gridding dan penjejukan pertama dilakukan 6 jam setelah pengkabutan radioisotop. Tenggang waktu ini diperlukan untuk memberikan waktu yang cukup bagi terjadinya pencampuran dan pergerakan isotop dari garis pengkabutan ke sekitar pintu pelimpah bendungan.

Dengan pendeteksian yang dilakukan secara berkala, lokasi kebocoran dapat diketahui berdasarkan pola konsentrasi isotop yang teradsorpsi di dasar maupun di dinding bendungan. Penggambaran kontur *isocount* akan mempermudah melokalisir daerah masukan (*inlet*) bocoran di dasar maupun dinding bendungan.

Alat dan bahan

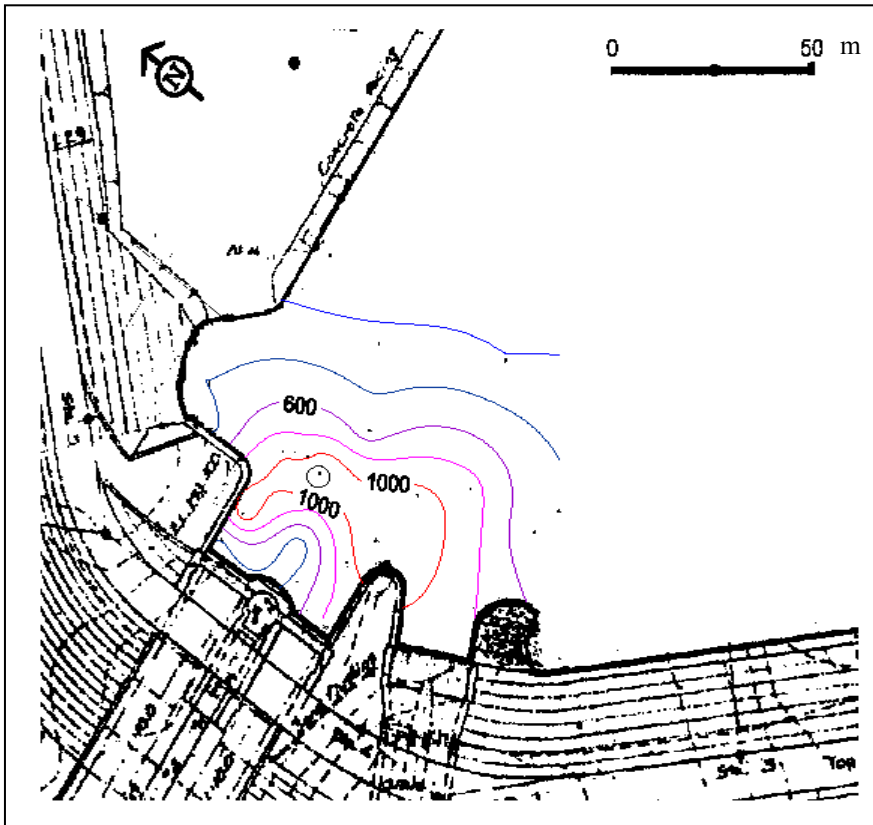
- a. Satu unit alat pengkabutan radioisotop.
- b. Radioisotop ^{198}Au dalam senyawa $^{198}\text{AuCl}_3$ dengan aktivitas sebesar 2 Ci.
- c. Dua unit alat *positioning*.
- d. Satu unit alat deteksi radiasi.
- e. Satu unit alat keamanan radiasi.
- f. Empat unit alat dosimetri kantong (*pocket dosimetri*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, penjejukan isotop dilakukan sebanyak 6 kali yaitu tanggal 6, 7 (2 kali), 8, 10 dan 11 November 2003. Penjejukan isotop pada tanggal 6 dan 7 November dilakukan dengan keadaan semua pintu luaran masih tertutup. Sedangkan penjejukan pada tanggal 8, 10 dan 11 November dilakukan setelah pintu luaran untuk pembangkit listrik sudah terbuka.

Pada setiap penjejukan, aktivitas isotop pada setiap titik yang telah ditentukan koordinatnya diukur dan kemudian digambarkan iso-konturnya. Peta iso-kontur untuk masing-masing penjejukan disajikan dalam Gambar 2 - 7 berikut ini. Dalam Gambar 2 yaitu iso-kontur penjejukan isotop pertama yang dilakukan pada tanggal 6 November 2003 (6 jam setelah pengkabutan) menunjukkan adanya pergerakan kabut isotop secara umum ke arah pintu pelimpah (*down stream*). Namun, gerakan kabut isotop tersebut

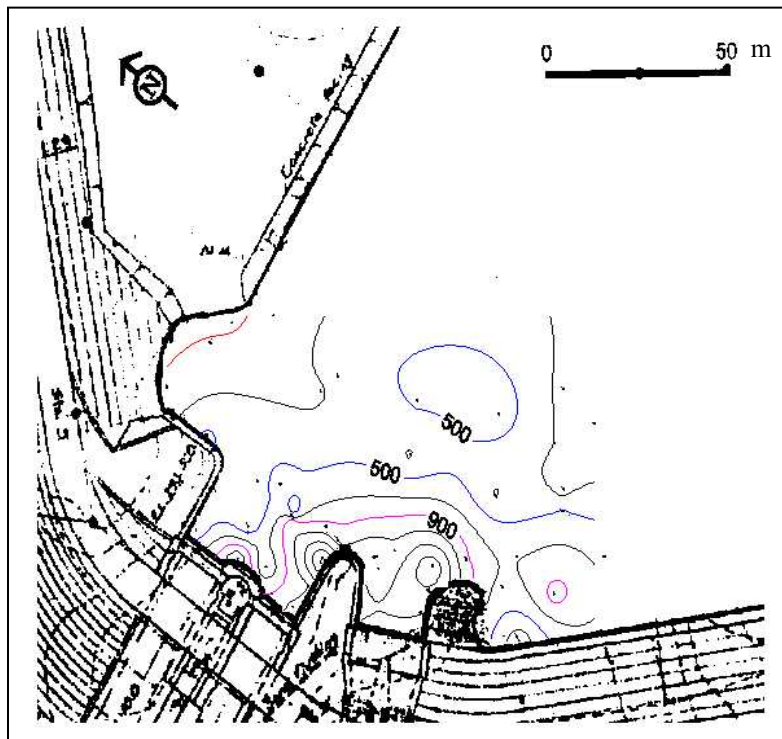
belum seluruhnya mencapai titik-titik masukan bocoran, sehingga tidak terlihat pusaran konsentrasi isotop sebagai indikasi masukan bocoran.



Gambar 2. Peta iso-kontur isotop bendungan Sengguruh (6-11-2003)

Pada Gambar 3 disajikan penjejakan isotop tanggal 7 November yang dilakukan pada pagi dan sore hari yang memperlihatkan pola dan iso-kontur yang sama. Pada penjejakan hari ke-dua sudah jelas terlihat adanya konsentrasi isotop pada beberapa titik di sekitar pintu pelimpah bendungan khususnya di dua titik yang dapat diduga sebagai titik bocoran yaitu di bawah pintu pelimpah dan disekitar tembok kiri pintu pelimpah. Namun, kecenderungan ini masih harus diikuti perkembangan selanjutnya, karena kemungkinan pergerakan tersebut masih berlanjut dan baru akan tampak pada

penjejakan berikutnya terutama pada penjejakan setelah pintu luaran untuk pembangkit listrik mulai dibuka. Penjejakan setelah pintu luaran untuk pembangkit listrik dibuka adalah sangat penting untuk menguji kestabilan indikasi atau kecenderungan pola iso-kontur pada penjejakan sebelumnya. Dengan asumsi jika benar titik pusaran iso-kontur adalah merupakan titik bocoran, maka gerakan air waduk yang diakibatkan oleh aliran air menuju pintu luaran ke pembangkit listrik tidak serta merta menyapu pola yang ada karena sudah teradsorpsi pada partikel padat di bibir bocoran.



Gambar 3. Peta iso-kontur isotop Bendungan Sengguruh (7-11-2003)

Setelah penjejakan hari kedua selesai dilakukan, pintu luaran ke generator pembangkit listrik mulai dibuka dini hari tanggal 8 November. Sekitar 6 jam setelah pintu luaran dibuka, penjejakan tahap kedua mulai dilakukan sebanyak tiga kali penjejakan yaitu pada tanggal 8, 10, dan 11 November 2003 dan Gambar 4, 5, dan 6

menunjukkan gambar iso-kontur hasil penjeakan pada tanggal-tanggal tersebut. Pada Gambar 4 yaitu peta iso-kontur pada tanggal 8 November secara umum masih sama dengan penjeakan pada tanggal 7 November yaitu sebelum pintu luaran dibuka.



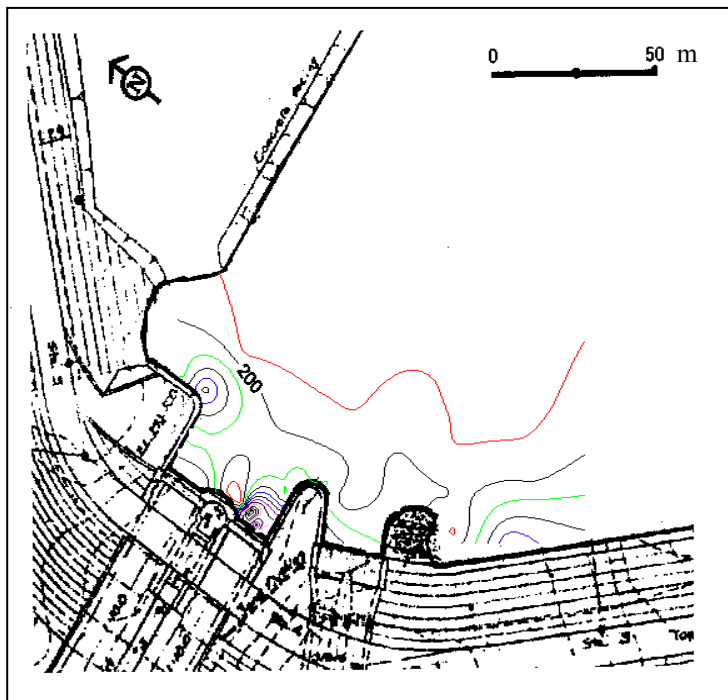
Gambar 4. Peta iso-kontur isotop Bendungan Sengguruh (8-11-2003)

Pada Gambar 5 dan 6 beberapa pusaran mulai bergerak menuju pintu luaran mengikuti arus air namun pusaran isotop disekitar pintu pelimpah masih tetap terpelihara walaupun dengan konsentrasi yang secara signifikan berkurang. Hal ini terjadi karena butiran lepas yang berada disekitar pintu pelimpah mulai bergerak mengikuti arus aliran ke pintu luaran. Rangkaian penjeakan ini baik sebelum pintu pembangkit listrik dibuka maupun setelah dibuka menunjukkan adanya bocoran yang patut diduga disekitar pintu pelimpah. Namun dari hasil penyelidikan lanjutan,

indikasi bocoran disekitar pintu luaran bukan diakibatkan oleh kerusakan konstruksi tapi diakibatkan oleh karena seal (pelapis) pintu yang tidak bekerja dengan sempurna karena aliran air secara visual dapat diamati keluar dari bawah pintu pelimpah.

Dengan demikian, metode penjejakan dengan radioisotop dapat menentukan tempat kebocoran air baik yang melalui rekahan yang terjadi karena kerusakan konstruksi bendungan maupun yang melalui celah karena kurang berfungsinya *seal* pintu luaran.

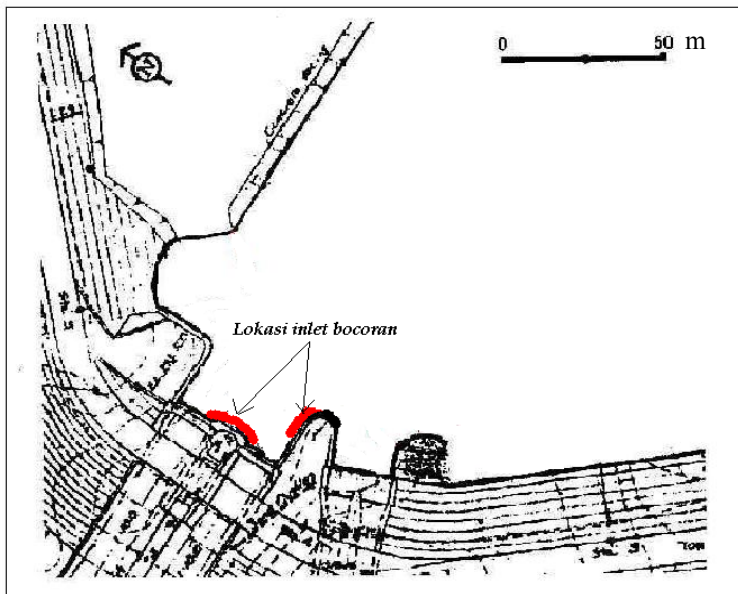
Dari hasil penjejakan radioisotop (*tracking*) yang dilakukan dari tanggal 6 November sampai dengan 11 November 2003, ditemukan beberapa titik yang diduga sebagai daerah masukan bocoran (*ingress point of leakage*) yaitu di sekitar pintu pelimpah dan tembok kiri pintu pelimpah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 7 berikut.



Gambar 5. Peta iso-kontur isotop bendungan Sengguruh (10-11-2003)



Gambar 6. Peta iso-kontur isotop bendungan Sengguruh (11-11-2003)



Gambar 7. Lokasi *Inlet* Bocoran Bendungan Sengguruh

KESIMPULAN

1. Dari enam kali penjejukan yang dilakukan dari tanggal 6 November sampai dengan 11 November 2003, dua buah yang diduga sebagai daerah masukan bocoran (*ingress point of leakage*) ditemukan di sekitar pintu pelimpah dan tembok kiri pintu pelimpah.
2. Penumpukan konsentrasi isotop di sekitar pintu pelimpah kemungkinan adalah diakibatkan oleh kebocoran karena pintu tidak tertutup rapat atau *seal* yang kurang baik. Hal ini disimpulkan karena selama pelaksanaan pekerjaan secara visual dapat diamati air bocoran mengalir dari bawah pintu pelimpah. Dengan demikian titik yang diduga sebagai masukan bocoran (*ingress point of leakage*) yang diakibatkan oleh karena kerusakan konstruksi adalah titik bocoran yang terdapat disekitar tembok kiri pintu pelimpah.

DAFTAR PUSTAKA

1. DPU-Perum Jasa Tirta I, "Manual Operasi dan Pemeliharaan Bendungan Sengguruh, Malang, Jawa Timur", DPU-Perum Jasa Tirta I, Malang (1998).
2. BEDMAR, A.P. and ARAGUAS, L., "Detection and Prevention of Leaks from Dams", A.A. Balkema publishers, Lisse - Abington - Exton - Tokyo (2002).
3. DROST, W. and MOSER, H., Leakage from Lakes and Reservoirs, *In: Guide Book on Nuclear Techniques in Hydrology*, Technical Report Series No. 91, IAEA, Vienna, 177-186 (1983).
4. PJT I - P3TIR BATAN, "Laporan Akhir: Identifikasi Lokasi Bocoran dengan Teknik Radioisotop di Bendungan Sengguruh, Malang (Lanjutan)", PJT I - P3TIR BATAN, Jakarta (2005).
5. PJT I - P3TIR BATAN, "Laporan Akhir: Identifikasi Lokasi Bocoran dengan Teknik Radioisotop di Bendungan Sengguruh, Malang", PJT I - P3TIR BATAN, Jakarta (2003).
6. ZEMEL, B., "Developments in Petroleum Science: Tracers in The Oil Field", Elsevier Science, Amsterdam (1995).