

**MODEL ANALISIS 'EMBUNG' SECARA TERPADU
MELIPUTI BAGIAN HULU, TENGAH DAN HILIR
(Studi Kasus 'embung' Desa Oemasi, Kupang, NTT)**

Wahyu Widiyono*, R. Abdulhadi** & B. Lidon***

ABSTRAK

Embung di Nusa Tenggara Timur merupakan sebuah dam air buatan yang dibangun di outlet daerah tangkapan untuk menampung air hujan dan aliran permukaan. Permasalahan embung meliputi tutupan vegetasi rendah, pengelolaan tataguna lahan kurang, erosi dan pendangkalan embung, serta pemanfaatan air kurang efisien. Penelitian di daerah tangkapan berupa survey tataguna lahan dan penutupan vegetasi dengan petak pengamatan 20 x 50 m² sebanyak 10 ulangan. Pada penelitian erosi dan pendangkalan, diamati volume sedimen di dalam embung. Penelitian neraca air meliputi hujan dan aliran permukaan, evaporasi, perkolasi, pembuangan dan pemanfaatan. Dari hasil penelitian diketahui daerah tangkapan air embung pada musim kemarau menghadapi tekanan untuk penggembalaan ternak, pengambilan kayu bakar, jalan lintasan mobil dan kebakaran, dan pada musim hujan sebagian untuk petak sawah tadah hujan, Erosi dan pendangkalan mengakibatkan volume air berkurang 5% per tahun dari total volume embung. Dari neraca air embung terlihat bulan Januari permukaan air embung rendah, Februari volume air embung penuh, dan sejak Maret hingga Agustus air embung terus menurun tajam.

Kata kunci: 'Embung', tata guna lahan, tutupan vegetasi, daerah tangkapan air, erosi, sedimentasi, neraca air, pemanfaatan air.

ABSTRACT

INTEGRATED ANALYSIS MODEL OF AN 'EMBUNG' FROM UPSTREAM TO CENTRE AND DOWN STREAM (A case study of 'an embung' in Oemasi Village, Kupang, NTT). *'Embung' in East Nusa Tenggara Province is a man made dam, built in the outlet of a watershed to collect runoff and directly rainfall, 'Embung' problems i e low vegetation covering and lack of landused management, high erosion and sedimentation, and water used is not efficient yet Research in watershed consists of landused and vegetation covering survey by using 20 x 50 m² sampling plot replicated 10 times. Research of erosion and sedimentation by observing sediment volume inside 'embung' Water balance research was taking in account directly rainfall and runoff input, and water loss by evaporation, percolation, spillway and water utilization Result of this research showed that in dry season watershed faced treats of range-land, wood cutting, road of truck, and fire, and in rainy season a part of watershed used for rice field practice erosion and sedimentation caused 'embung' volume decreased 5% of total volume each year. Water balanced simulation of 'embung' showed on January water level decreased, on February water was full, and since March until August water level decreased sharply.*

Key words: 'Embung', landused, vegetation covering, watershed, erosion, sedimentation, water balance, water utilisation.

* Staf Peneliti Bidang Botani Puslit Biologi-LIPI wahyuwidiyono2004@yahoo.com

** Ahli Peneliti Utama Bidang Ekologi, Puslit Biologi-LIPI

*** Ahli Peneliti Bidang Hironologi di CIRAD-Puslit Tanah dan Agroklimat

PENDAHULUAN

Air merupakan sumberdaya terbarukan (*renewable*) yang ketersediaannya semakin langka, karena peningkatan jumlah penduduk tidak diimbangi oleh pengelolaan sumberdaya alam secara bijaksana. Dinyatakan oleh Hehanussa (1998), Indonesia, di abad XXI akan menghadapi krisis air yang mengkhawatirkan. Krisis air di wilayah Nusa Tenggara Timur lebih berat dibandingkan dengan wilayah lain di Indonesia. Menurut Monk *et al.* (2000) Nusa Tenggara Timur merupakan wilayah terkering di Indonesia. Musim kemarau berlangsung 8-9 bulan dan musim hujan 3-4 bulan dengan curah hujan 500 - 1000 mm/tahun. Dilaporkan dalam RePPPProT (1990) curah hujan di NTT 1349 mm/tahun, sedangkan wilayah lain di Indonesia memiliki curah hujan tinggi, seperti Pulau Bali (1900), Sulawesi (2339), Jawa dan Madura (2576), Sumatra (2821), Kalimantan (2990), dan Irian Jaya (3185) mm/tahun.

Untuk mengantisipasi keterbatasan air, Pemerintah Daerah Provinsi Nusa Tenggara Timur membangun embung-embung. Embung ialah teknologi tepat guna berupa dam air buatan yang berfungsi sebagai penampung air pada musim hujan dan dimanfaatkan pada musim kemarau. Konsep teknologi embung (ACIL, 1988; Subdin Pengairan, PU, NTT, 1990) mempertimbangkan sistem embung terdiri dari daerah tangkapan air (*watershed*) di bagian hulu, penampungan air (*water storage*) di bagian tengah dan wilayah pemanfaatan air (*water utilisation*) di bagian hilir. Konsep tersebut sejalan dengan pernyataan Irianto (2000) merupakan teknologi panen hujan dan aliran permukaan.

Embung Oemasi, Kupang menurut Sub Din Pengairan, PU, NTT (1990) disebut embung 'kecil' dengan tipe 'urugan' memiliki daerah tangkapan air seluas 15 ha,

kapasitas tampung lebih kurang 30 000 m³ air yang dapat dimanfaatkan oleh 50 KK (250 jiwa). Spesifikasi embung NTT ialah selalu dibangun di bagian *outlet* sebuah daerah tangkapan air, yang letaknya di dataran lebih tinggi dari pemukiman. Air embung dialirkan ke perkampungan penduduk melalui instalasi perpipaan mengikuti gaya gravitasi; Air embung terutama untuk penyediaan air bersih rumah tangga, pertanian skala terbatas dan pemeliharaan ternak.

Menurut Manudima (1992) diperlukan 2700 buah embung untuk menenuhi kebutuhan air bersih sesuai jumlah penduduk di NTT. Sejak tahun 1981 hingga tahun 2001 telah dibangun 276 buah embung yang tersebar di Pulau Timor Barat (217), Sumba (15) dan Flores (44).

Beberapa penelitian embung-embung NTT secara terpadu antara lain: Wood *dalam* Manafe (1993) mengungkapkan pentingnya pengelolaan daerah tangkapan air dan efisiensi pemanfaatan air. Kasiro *et al.* (1991) menyatakan permasalahan bangunan embung ialah adanya rembesan, bocoran dan longsoran urugan tanggul embung. Menurut Manafe *et al.* (1993) bersamaan fungsi embung sebagai penampung air aliran permukaan, terjadi pula erosi yang tinggi yang mengakibatkan pendangkalan nyata sejak embung berumur lima tahun. Air embung masih layak dikonsumsi berdasarkan rasa, bau dan warna. Dikatakan Naiola (1993) manfaat secara tidak langsung ketersediaan air embung di daerah tangkapan yang letaknya di 'luar' perkampungan ialah sebagai sumber kehidupan tumbuhan dan satwa liar pembentuk rantai makanan di padang savana Timor. Studi efisiensi pemanfaatan air embung melalui budidaya tanaman sayuran dalam pot telah diujicoba dan dikembangkan Widiyono *et al.* (1994) dan Naiola *et al.* (1997). Penelitian konservasi sumberdaya air embung dengan pengamatan

vegetasi dan tataguna lahan, neraca air embung dan pemanfaatan air dilakukan Widiyono (2002).

Dari pustaka tersebut di atas dapat dirumuskan permasalahan embung-embung di NTT ialah pengelolaan tataguna lahan masih kurang dan penutupan vegetasi rendah; terjadi pendangkalan embung akibat erosi dari daerah tangkapan air; terdapat keboboran, rembesan maupun longsoran pada tanggul embung; dan pemanfaatan air pada umumnya belum efisien.

Tujuan penelitian ialah untuk mengidentifikasi permasalahan tataguna lahan dan penutupan vegetasi di daerah tangkapan air, mengetahui fluktuasi volume cadangan air, dan efisiensi pemanfaatan air embung. Dari hasil penelitian diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan evaluasi untuk pengelolaan embung-embung di NTT dan pengelolaan daerah aliran sungai pada umumnya.

BAHAN DAN METODA

Penelitian dilakukan di embung Desa Oemasi, Kupang, NTT meliputi tiga aspek, yaitu tataguna lahan dan vegetasi di daerah tangkapan air, neraca air embung, dan pemanfaatan air.

Survey Tataguna Lahan dan Vegetasi

Pengamatan tataguna lahan dilakukan melalui observasi langsung sejak tahun 1993 (embung dibangun tahun 1992), 2001, dan 2004. Pengamatan vegetasi digunakan peralatan penelitian ekologi seperti pengukur diameter dan tinggi tumbuhan, altimeter, kompas dan GPS. Dibuat petak pengamatan masing-masing seluas 20 x 50 m² sebanyak 10 ulangan. Analisis dilakukan terhadap dominansi relatif tumbuhan terhadap komunitas di sekelilingnya berdasarkan kerapatan relatif individu, frekuensi keterdapatannya individu dan penutupan basal pohon per satuan luas area (ha). Pengamatan dilakukan terhadap

pohon, sapling dan semak belukar, dan rumput.

Analisis Neraca Air 'Embung'

Dalam analisis neraca air embung dilakukan pemetaan profil embung untuk mengetahui volume embung, pengamatan tinggi muka air embung dengan alat automatic water level recorder (AWLR) dan pengamatan data iklim menggunakan alat automatic weather station (AWS). Penelitian erosi dan pendangkalan dengan mengamati volume sedimen di dalam embung. Penelitian neraca air dengan mempertimbangkan *input* hujan dan aliran permukaan, dan volume air yang hilang melalui evaporasi, perkolasi, pembuangan dan pemanfaatan. Survey berupa wawancara terhadap 10 kepala keluarga (KK) petani pemakai air embung.

Komponen utama alat pengukur tinggi muka air (AWLR) adalah *sonar* atau sensor sebagai perekam data dan *data logger* sebagai penyimpan dan pembacaan data, *panel surya* sebagai penangkap energi AWLR merekam data jarak sensor ke permukaan air dengan pembacaan skala dalam mm. Semakin dekat jarak sensor-muka air berarti volume air semakin besar dan sebaliknya bila jarak sensor-muka air semakin jauh. Periode perekaman data setiap enam menit (menitan), setiap jam (jam-jaman) dan setiap hari (harian).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tataguna Lahan dan Vegetasi Daerah Tangkapan Air

Daerah tangkapan air (DTA) untuk pembangunan sebuah embung dipilih berdasarkan pertimbangan hidrologis yaitu luas areal, jaringan anak-anak sungai, kelerengan, dan curah hujan. Pertimbangan tersebut diperlukan untuk menjamin kecukupan dan optimasi air yang tertampung di dalam embung.

Atas dasar pertimbangan hidrologis untuk pembangunan sebuah embung, sering kali dijumpai daerah tangkapan air berupa areal pertanian lahan kering, padang penggembalaan ternak, dan bahkan sebagian merupakan petak-petak sawah. Sebagai konsekuensi dari kondisi tersebut, bersamaan terkirimnya air aliran permukaan dari DTA ke embung terbawa pula sedimen melalui proses erosi.

Tumbuhan dikenal berperanan amat penting dalam konservasi tanah dan air, karena perakaran tumbuhan sebagai pengikat agregat tanah, batang dan tajuk tumbuhan mengintersepsi butiran hujan sehingga tidak langsung menumbuk tanah yang akan mempercepat laju erosi (Kartasapoetra *et al.*, 1991; Soemarwoto, 1991; Arsyad, 2000; Suripin, 2002).

Tataguna lahan daerah tangkapan air embung Oemasi, pada tahun 1992 berupa padang savana dan hutan sekunder yang dibatasi pagar pemisah dengan daerah penggembalaan ternak (sapi). Kondisi tersebut telah berubah sepuluh tahun kemudian, seiring dengan pembangunan sarana jalan desa menuju embung, listrik masuk desa dan pengaruh luar, yang memberikan tekanan terhadap fungsi kawasan sebagai daerah tangkapan air embung Oemasi. Pada musim penghujan 20-30% daerah tangkapan digunakan untuk lahan pertanian padi ladang. Persiapan lahan umumnya dilakukan 2-3 bulan sebelum hujan turun. Akibatnya tanah yang tidak berpenutup vegetasi amat rawan terhadap

erosi. Pengelupasan lahan juga terjadi akibat kebakaran padang savana yang terjadi setiap tahun. Selain itu areal DTA juga sering digunakan untuk penggembalaan ternak.

Tipe vegetasi daerah tangkapan air ialah vegetasi savana, yakni suatu hamparan padang rumput yang luas, yang diselingi oleh tegakan pohon-pohon, dan ditumbuhi semak belukar menggerombol di bawah pohon. Vegetasi dominan berdasarkan fungsi ekologis tumbuhan terhadap komunitas di sekitarnya, terlihat pada Tabel 1. Tumbuhan disebut dominan apabila tumbuhan tersebut dalam petak-petak menempati ranking tertinggi berdasarkan kriteria frekuensi relatif atau tingkat keterdapatan; kerapatan relatif atau jumlah individu per satuan luas (ha), dan luas penutupan relatif individu terhadap areal di sekitarnya.

Tumbuh-tumbuhan tersebut telah mengalami masa adaptasi yang cukup lama dan mempunyai eksistensi terhadap lingkungan kering (*environment drought*). Meskipun demikian terlihat dari Tabel 1, kelangsungan regenerasi tumbuhan dalam bentuk pohon belum tentu ditunjang oleh keberadaan anakan tumbuhan (sapling). Keterancaman hidup juga terjadi pada tumbuhan bawah, di lapangan terlihat keberadaan rumput *Dichantium caricosum* yang amat berguna untuk pakan ternak, mulai terinvansi oleh kehadiran *Chromolaena odorata* dan *Lantana camara*.

Tabel 1. Tumbuhan dominan di DTA embung Oemasi

Pohon	Semak dan Sapling	Rumput
<i>Acacia leucophloea</i> **	<i>Bambusa multiplex</i> *	<i>Dichantium caricosum</i> *
<i>Cordia subcordata</i> ***	<i>Lantana camara</i> **	<i>Chromolaena odorata</i> ***
<i>Schleichera oleosa</i> ****	<i>Piliostigma malabaricum</i> **	<i>Eragrotis armabilis</i> **
<i>Sesbania grandiflora</i> *****	<i>Cordia subcordata</i> ****	<i>Cyrtococcum patens</i> *****
<i>Zizyphus jujuba</i> *	<i>Zizyphus horsfieldii</i> *****	<i>Strobilanthes crispus</i> ****

Keterangan: * paling dominan, ***** dominansi terendah.

Struktur dan komposisi vegetasi di daerah tangkapan air embung Oemasi yang berada pada ketinggian 450 dpl., seperti disebutkan Ormeling (1955) merupakan tipe hutan sekunder yang terbentuk secara alamiah setelah penebangan dan kebakaran. Demikian pula vegetasi dominan di Oemasi merupakan penyusun savana yang umum terdapat di daratan Timor.

Terganggunya tataguna lahan dan penutupan vegetasi di daerah tangkapan air berdampak langsung terhadap laju erosi dan sedimentasi ke dalam embung. Kombinasi penutupan antara tumbuhan bawah, semak dan tegakan pohon dikenal sangat efektif menekan laju erosi. Grimshaw & Helfer (1989) menyatakan kombinasi penutupan tumbuhan bawah, semak belukar dan pohon yang baik dapat mencegah erosi dan endapan ke dalam dam secara nyata dan memperpanjang umur teknis sebuah dam.

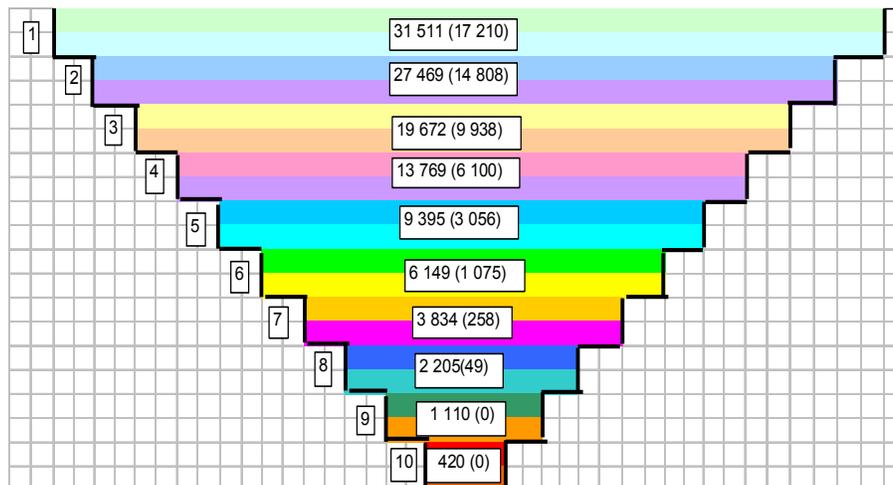
Analisis Neraca Air 'Embung'

Volume Embung

Untuk menganalisis setiap parameter neraca air perlu diketahui volume embung pada berbagai tingkat kedalaman sesuai

pembacaan data logger. Untuk itu survey pemetaan profil telah dilakukan tahun 2001, saat embung sudah berisi air dan berusia 10 tahun. Data tersebut sekaligus dapat dibandingkan dengan volume embung saat dibangun tahun 1992 (Gambar 1.).

Terlihat telah terjadi penurunan volume embung dari 31 511 m³ (tahun 1992) menjadi 17 210 m³ (tahun 2001) meskipun hanya terjadi penurunan kedalaman embung sebesar 2 m, dari 10 m menjadi 8 m. Hal ini menunjukkan sedimentasi terjadi pula di dinding bagian dalam embung. Penurunan volume embung sebesar 14310 m³ atau 45% dari total volume selama 10 tahun dapat diasumsikan terjadi sedimentasi di dalam embung sebesar 5% setiap tahun. Dapat diprediksikan umur embung maksimum 20 tahun, atau setelah 20 tahun embung akan tertutup endapan tanah. Hasil penelitian ini berada dalam kisaran penelitian Apriyanto *et al.* (1998) berdasarkan pengamatan erosi lembar, erosi alur dan erosi parit dengan metode persamaan *Universal Soil Loss Equation* (USLE), diprediksikan umur embung berkisar antara 16,5 hingga 52 tahun.



Gambar 1. Perbandingan volume embung Oemasi tahun 1992 dan tahun 2001: Tahun 1992 kedalaman embung 10 m dengan volume 31 511 m³, sedangkan tahun 2001 kedalaman embung 8 m dengan volume 17 210 m³

Pengukuran Volume 'Embung' dengan AWLR

Untuk mengetahui volume embung pada berbagai kedalaman sesuai pembacaan AWLR dilakukan konversi pembacaan jarak tinggi muka air (mm) dan luas permukaan embung pada setiap kedalaman profil (m²) ke volume air embung (m³). Dari hubungan jarak sensor ke permukaan air dan volume embung total, diperoleh persamaan matematis sebagai berikut:

1). Kedalaman 2100 s/d < 3100
 $Y = 0,002265 * x^2 - 18,686 * x + 44454,95.. (1)$

2). Kedalaman 3100 s/d < 5100
 $Y = 0,001014 * x^2 - 11,6678 * x + 34722,86.. (2)$

3). Kedalaman 5100 s/d < 7100
 $Y = 0,000326 * x^2 - 4,70075 * x + 17089,32.. (3)$

Di mana: Y = Total volume embung (m³);

x = Jarak sensor ke permukaan air (mm).

Sebagai contoh pada jarak sensor ke muka air (x) =

2500 mm, dapat diketahui volume embung adalah

$$Y = 0,002265 * 2500 * 2500 - 18,686 * 2500 +$$

$$44454,95, \text{ yaitu sebesar } (Y) = 11896 \text{ m}^3.$$

Neraca Air 'Embung'

Analisis neraca air embung telah dilakukan (Adimihardja *et al.*, 1999) pada embung dengan kedalaman 1,5 m, luas permukaan bawah 16 m² dan luas permukaan atas 36 m², dan berdaya tampung 50 hingga 500 m³. Menurut Fagi & Syamsiah (1991) embung yang memiliki

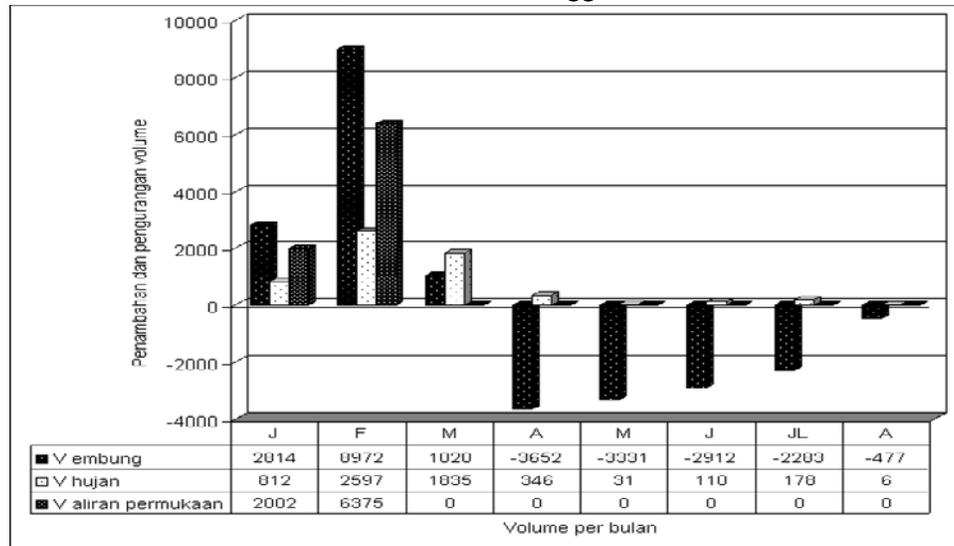
ukuran tersebut merupakan embung irigasi yang bertujuan untuk meningkatkan indeks panen dari 1 hingga 2 menjadi 3 kali per tahun.

Neraca air embung merupakan keseimbangan antara *input* air yang masuk ke embung melalui aliran permukaan (Ro) dan hujan langsung ke permukaan embung (SRR) dan keluaran berupa evaporasi (Evap), percolasi (PR), konsumsi (Csp) dan air pembuangan (Spl) (persamaan 4):

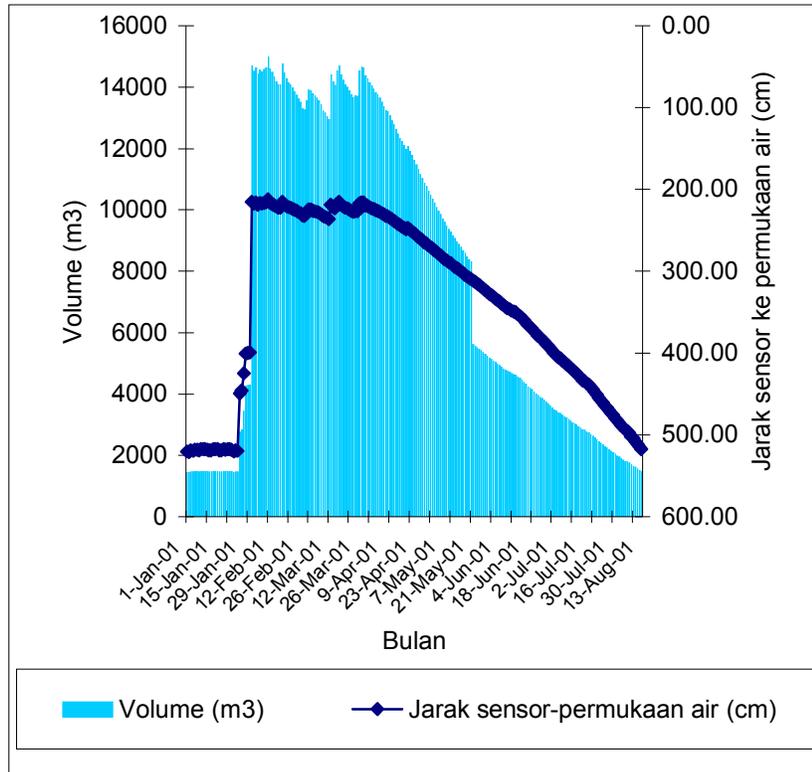
$$V(t_2) - V(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} (Ro(t) - CspR(t) - Spl(D(t)) +$$

$$(S(t).(RR(t) - EvapR(t) - PR(S(t)))) . dt (4)$$

Jarak sonar ke permukaan air embung pada bulan Januari dan Februari 2001 bertambah 4 - 6 cm/hari, dan pada bulan Maret hanya bertambah rata-rata 0,4 cm/hari. Sedangkan pada bulan April hingga Agustus 2001 terjadi penurunan jarak sonar ke permukaan air antara - 1,6 dan -2,9 cm/hari. Penambahan jarak sonar ke permukaan air berarti pula penambahan volume embung bulan Januari dan Februari sebesar 91 hingga 320 m³/hari, dan pada bulan Maret penambahannya sebesar 33 m³ per hari. Konsumsi rata-rata pada bulan Januari hingga Maret (musim hujan) 5,7 m³/hari, masa transisi mulai bertambah 8 hingga 14 m³/hari.



Gambar 2. Masukan air hujan dan aliran permukaan terhadap volume embung (m³/bulan) Oemasi, Kupang, NTT .



Gambar 3. Grafik jarak sensor ke permukaan air (cm) dan volume embung (m³)

Pada musim kemarau konsumsi rata-rata 21 hingga 24,5 m³ per hari. Evapotranspirasi potensial Januari sampai Agustus 2001 sebesar 3 hingga 4 mm per hari.

Volume embung pada bulan Januari dan Februari bertambah 2814 dan 8972 m³ per bulan, sedangkan bulan Maret volume embung hanya bertambah 1020 m³. Sejak bulan April hingga Agustus volume air embung terus menurun, karena sejak bulan Maret tidak ada aliran permukaan, sedangkan pemakaian air mulai meningkat. Penambahan volume embung bulan Januari dan Februari sebesar 71% berasal dari aliran permukaan dan hanya 29% dari curah hujan langsung ke permukaan embung. Evapotranspirasi bulanan antara 91,4 dan 113,7 mm per bulan.

Jarak sonar ke permukaan air terjauh (5214 mm) dengan volume embung terendah (1443 m³) terjadi pada tanggal 2 Januari 2001. Jarak sonar ke permukaan air

terdekat (2123 mm) dan volume embung maksimum (14996 m³) terjadi pada tanggal 10 Februari 2001. Tampak, pengisian dari volume embung minimum hingga mencapai volume maksimum diperlukan waktu lima minggu, tercapai ketika terjadi akumulasi hujan sebesar 608 mm dan volume embung selanjutnya menunjukkan kecenderungan semakin menurun.

KESIMPULAN

Keberadaan embung Oemasi sebagai sarana penyedia sumber air di kawasan beriklim kering telah ikut memberi andil mendorong ke arah kemajuan sebuah desa. Seiring perkembangan ‘pembangunan’ di sekeliling embung, telah terjadi tekanan terhadap fungsi tataguna lahan dan penutupan vegetasi daerah tangkapan. Tekanan tersebut berdampak pada peningkatan degradasi lahan dan laju erosi sehingga mengakibatkan penurunan volume

embung sebesar 5% per tahun. Setelah berumur teknis 10 tahun, embung Oemasi masih mempunyai daya tampung 17 000 m³ dari volume semula 31 000 m³.

Dari neraca air ditunjukkan, aliran permukaan dari daerah tangkapan dan curah hujan ke permukaan embung dapat mensuplai air dari volume minimum menjadi volume embung maksimum dalam waktu 5 minggu pada akumulasi curah hujan 608 mm. Selanjutnya air embung terus menurun seiring terhentinya musim hujan dan di lain pihak pemanfaatan air terus dilakukan sepanjang 9 bulan, sampai tiba musim hujan tahun berikutnya. Informasi neraca air amat diperlukan untuk mengetahui ketersediaan cadangan air embung sebagai dasar pemanfaatan secara optimal dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- ACIL, 1988, Dams Manual, Nusa Tenggara Timur Integrated Area Development Project, A joint Co. Project of Gov. of Indonesia and Australia.181 p.
- Adimihardja, A., P. Perez, G. Irianto & T. Prasetyo, 1999, Karakterisasi dan Analisis Biofisik Wilayah Rawan Aliran Sungai Garang (Jawa Tengah), Penerapan Model Neraca Air. Laporan Kegiatan. Centre for International Cooperation in Agricultural Research for Development (CIRAD) dan Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor, 109p.
- Apriyanto, H., Maryadi, Sunartono, Yunianto & D. Hauteas, 1998, Pengembangan dan Pemanfaatan Embung di Daerah Kering, Proyek Studi Pengembangan Kawasan Industri dan Pengembangan Wilayah Kawasan Timur Indonesia, Laporan Akhir Tahun Anggaran 1997/1998, Direktorat Pengkajian Sistem Sosial Ekonomi dan Pengembangan Wilayah, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta. 32 hal.
- Arsyad, S., 2000, Konservasi Tanah dan Air, IPB, Press, 290p.
- Sub Dinas Pengairan PU, Prop. NTT, 1990, Dokumen Perencanaan Embung Oemasi 1990/1991, (*Tidak dipublikasikan*).
- Fagi, A. M. & I. Syamsiah, 1991, Prospek Embung dalam Menunjang Kelestarian Produktivitas Lahan Tadah Hujan, Pros. Simp. Meteorologi Pertanian III, Universitas Brawijaya, Malang, 20-21 Agustus, 1991:195-210.
- Grimshaw, R.G. & L. Helfer, 1989, Vetiver Grass for Soil and Water Conservation, Land Rehabilitation, and Embankment Stabilization, A collection of Paper and Newsletter Compiled by Vetiver Network, World Bank Technical Paper, No. 273. World Bank, Washington, DC.
- Hehanussa, P.E., 1998, Antisipasi Krisis Air di Awal Abad XXI, Sumberdaya Alam sebagai Modal dalam Pembangunan Berkelanjutan, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia:6-16.
- Irianto, G., 2000, Panen Hujan dan Aliran Permukaan untuk Peningkatan Produktivitas Pertanian Lahan Kering, Penanggulangan Banjir dan Kekeringan, Berita Biologi. 5(1):29-39.
- Kartasapoetra, G, Kartasapoetra & M. Soetedjo, 1991, Teknologi Konservasi Tanah dan Air, PT. Rineka Cipta, Jakarta, 196 p.
- Kasiro, I., B.S. Rusli & A.P.P. Brotodihardjo, 1991, Beberapa Permasalahan Embung Tipe NTT-IADP di P. Timor 1996-1991, Jurnal Pengairan-JLP 21 (6), kw 3, 1991: 3-15.

- Manafe, A.D.J., S. Kaunang, B.C. Conterius & F. Benu, 1993, Laporan Hasil Penelitian Dampak Pembangunan Embung-Embung terhadap Lingkungan di Kabupaten Timor Tengah Selatan, Pusat Studi Lingkungan, Universitas Nusa Cendana, 35 hal.
- Manudima, J.H, 1992, Evaluasi Sementara Dampak Pembangunan Embung bagi Peningkatan Pendapatan Masyarakat, Makalah disampaikan dalam Pertemuan Diskusi Prospek Embung NTT antara Pemda NTT dan LIPI, Bogor:10 September 1992 (*Tidak diterbitkan*).
- Monk, K.A., Y. de Fretes & G. Reksodihardjo-Lilley, 2000, Ekologi Nusa Tenggara dan Maluku. Seri Ekologi Indonesia, Buku V. Prenhallindo, Jakarta. 966 p.
- Naiola, B. P., 1993, Permasalahan di Sekitar Embung Model NTT di Timor, Pros. Sem. Pengelolaan Tata Air dan Pemanfaatannya dalam Satu Toposekuens, Cilacap, 7-8 Oktober 1993:1-7.
- Naiola, B.P., E. Komarudin, Budiarjo & Sholehudin, 1997, Pengembangan Sistem Pengairan Hemat Air 'Pengairan Tetes' (*drip watering system*) dan Pengairan Rintikan (*shower sistem*) di Oemasi dan Nunpisa Kabupaten Kupang, NTT, Laporan Teknik, Proyek Litbang dan Pendayagunaan Potensi Wilayah, Puslitbang Biologi-LIPI, Tahun Anggaran 1996/1997:141-150.
- Ormeling, F.J., 1955, The Timor Problem: A Ggeographical Interpretation of an Underdeveloped Island, J.B. Wolters, Groningen. 284 p.
- RePPPProT, Regional Physical Planning Programme for Transmigration, 1990, The Land Resources of Indonesia:A National Overview, Direktorat Bina Program, Dirjen Penyiapan Pemukiman, Dep Transmigrasi, Jakarta.
- Widiyono, W., A. Khusmayadi & E. Komarudin, 1994, Budidaya Tanaman Sayuran dalam Pot di Pekarangan dan Perbaikan Cara Bertanam di Kebun Petani Lahan Kering untuk Menghemat Pemanfaatan Air Embung-NTT, Pros. Seminar Hasil Litbang SDH, Puslitbang Biologi-LIPI, Bogor, Tahun Anggaran 1993/1994 :246-253.
- Widiyono, W., 2002, Konservasi Embung di Nusa Tenggara Timur Melalui Analisis Tutupan Vegetasi dan Sumber Daya Air, Tesis Magister Sains, Jurusan Biologi, F-MIPA, UI, Bag. I. 68 p. dan Bag. II. 101p.
- Soemarwoto, O., 1991, Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan. Penerbit Djambatan, Jakarta, 362 p.
- Suripin, 2000, Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air. Penerbit Andi, Yogyakarta. 208p.