

KONSERVASI DAERAH TANGKAPAN AIR 'EMBUNG' SEBAGAI MODEL ANTISIPASI TERHADAP PERUBAHAN IKLIM GLOBAL DI KAWASAN BERIKLIM KERING NTT

Wahyu Widiyono^a

^a Staf Peneliti Puslit Biologi-LIPI

Diterima redaksi : 25 Maret 2010, Disetujui redaksi : 11 Mei 2010

ABSTRAK

Untuk menanggulangi keterbatasan air, telah dibangun 334 embung 'kecil' oleh Pemerintah Daerah (Pemda) Provinsi Nusa Tenggara Timur, yang dapat menampung air 8.318.152 m³, melayani 31.597 keluarga, 105.522 ekor sapi dan pertanian 1.319 ha. Daerah tangkapan air (DTA) embung menghadapi kendala rendahnya tutupan vegetasi, laju aliran permukaan dan erosi yang tinggi, gangguan ternak serta kegiatan pertanian masyarakat di sekitar. Nusa Tenggara Timur merupakan salah satu wilayah prioritas untuk kegiatan aforestasi/reforestasi dalam rangka proyek pembangunan bersih (CDM; Clean Development Mechanism). Mengingat konservasi DTA merupakan tindakan yang mutlak harus dilakukan dalam mempertahankan fungsi eko-hidrologis embung maka kegiatan ini perlu ditingkatkan peranannya sebagai kegiatan aforestasi/reforestasi dalam rangka mekanisme pembangunan bersih. Berdasarkan luas hutan minimal untuk mendapatkan dana kompensasi melalui program CDM, yakni seluas 0,25 ha maka DTA embung dengan luasan bervariasi antara 3,1 - 43,2 ha; dan sejumlah 334 embung yang tersebar di 14 Kabupaten di NTT dengan luas total daerah tangkapan air 3.281 ha sangat berpotensi digunakan sebagai lahan kegiatan aforestasi/reforestasi.

Kata kunci: Konservasi, aforestasi/reforestasi, daerah tangkapan air, embung, perubahan iklim global.

ABSTRACT

CONSERVATION OF 'EMBUNG' CATCHMENT AREA AS AN ANTICIPATION MODEL TO GLOBAL CLIMATE CHANGE IN THE SEMI ARID AREA OF THE EAST NUSA TENGGARA PROVINCE. *To overcome the water shortage problem, a number of 334 'embungs' have been developed in the East Nusa Tenggara Province. The total 'embungs' capacity were 8,318,152 m³ of water that can be used to serve 31,597 of families, 105,522 of cows, and 1,319 ha of agriculture. The low of vegetation cover, the high rate of runoff and erosion, the cattle over grazing, and slash and burn of agriculture activities are the most serious problem in the 'embungs' catchment area. According to the problem as mentioned above, the conservation of 'embungs' catchment area are definitely needed to be conducted. Due to these problem and other aspects such as the low of people property line, marginal soil and bush fire annually took place, the 'embungs' catchment area conservation are not only for overcoming an eco-hydrologic aspect but is more important also to apply aforestation/reforestation (A/R) related to Clean Development Mechanism (CDM). Based on the forest area minimum threshold to find compensation funding from the CDM programme, i.e. 0.25 ha, so the varies of the embung catchment area between 3.1 – 43.2 ha; and a number of 334 embungs that spread out on the 14 Districts in East Nusa Tenggara Province by the total catchment area 3,281 ha are very potential to A/R programme.*

Key words : Conservation, aforestation/reforestation, catchments area, 'embung', global climate change.

PENDAHULUAN

Dampak perubahan iklim global secara signifikan ditandai oleh kenaikan permukaan air laut yang dapat menggenangi ratusan pulau dan merubah batas wilayah suatu negara. Dampak lain dari perubahan iklim global adalah musim tanam dan musim panen yang tidak menentu diselingi oleh kemarau panjang, banjir yang melanda berbagai kota besar, dan penyusupan (intrusi) air laut ke dataran pantai. Dampak tersebut merupakan kelanjutan dari penggundulan hutan secara besar-besaran, kebakaran hutan, kerusakan rawa dan emisi gas rumah kaca, dari karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), dinitrooksida (N_2O) dan CFC sehingga energi matahari terperangkap dalam atmosfer bumi.

Perubahan iklim memberikan ancaman terhadap ketersediaan air, sumber nafkah, kesehatan dan ketahanan Pangan (UNDP, 2007). Ketersediaan air yang tidak menentu terlihat dari pola curah hujan yang berubah-ubah sehingga mengurangi ketersediaan air untuk irigasi dan air bersih. Kemarau panjang diikuti oleh gagal panen di Nusa Tenggara Timur, misalnya sudah menimbulkan akibat yang parah dan kasus kurang gizi akut tersebar di berbagai daerah di seluruh propinsi ini.

Dilaporkan oleh UNDP (2007), beberapa data dampak perubahan iklim diantaranya sumber air berkurang, ditandai oleh perubahan pola curah hujan berakibat menurunkan ketersediaan air untuk irigasi dan sumber air bersih. Di Pulau Lombok dan Sumbawa antara tahun 1985 dan 2006, jumlah titik air menurun dari 580 menjadi hanya 180 titik. Di seluruh Indonesia makin banyak sungai yang makin dangkal.

Tindakan yang perlu dilakukan untukantisipasi terhadap kondisi lingkungan hidup yang baru ini ialah adaptasi untuk penyediaan air, adaptasi di wilayah pesisir, adaptasi dalam pertanian, adaptasi untuk bidang kesehatan, adaptasi untuk wilayah perkotaan, dan adaptasi dalam pengelolaan

bencana (UNDP, 2007).

Indonesia merupakan salah satu negara yang ikut serta meratifikasi Protokol Kyoto 1997 dan Konperensi Perubahan Iklim di Bali tahun 2007, dalam rangka penurunan emisi karbon melalui mekanisme pembangunan bersih (CDM; *Carbon Development Mecanism*) dengan kegiatan aforestasi/reforestasi.

Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) dikenal sebagai wilayah yang memiliki kualitas lahan dan curah hujan amat rendah dibandingkan di wilayah lain di Indonesia. Musim kemarau berlangsung sepanjang 8-9 bulan (Maret-Oktober) dan musim hujan hanya berlangsung selama 3-4 bulan. Curah hujan tahunan bervariasi antara 1250 dan 1525 mm. Topografi wilayah yang bercorak pegunungan di banyak pulau di NTT telah menghambat upaya-upaya kegiatan ekstensifikasi pertanian. Provinsi yang terletak di lingkaran terluar dari kepulauan Sunda Kecil ini merupakan bagian dari wilayah di mana tanda-tanda ENSO-El Niño amat terasa. Hal ini hampir dapat dipastikan, bahwa sekali dalam tiga tahun daerah ini kemungkinan besar dilanda kekeringan.

Catatan tahun-tahun terjadinya kekeringan dahsyat di NTT selama seabad terakhir, telah menggambarkan sebuah kisah yang menyedihkan, yaitu: 1909, 1911, 1912, 1914, 1919, 1924, 1940, 1948, 1951, 1958, 1965, 1969, 1972, 1976, 1979. Tahun 1983 merupakan tahun yang amat buruk dan tahun 1997-1998 merupakan salah satu di antara masa-masa kekeringan terburuk abad ini (Fox, 2006).

Embung merupakan salah satu sistem penampungan air buatan untuk mengantisipasi keterbatasan air di NTT. Sejak tahun 1986 hingga 2005 sebanyak 334 embung telah dibangun oleh Pemerintah Daerah NTT. Untuk kepentingan pengendalian aliran permukaan dan erosi, serta pelestarian sumberdaya air embung upaya konservasi daerah tangkapan air (DTA) embung merupakan suatu tindakan

yang mutlak harus dilakukan. Kegiatan konservasi ini sejalan dengan kegiatan aforestasi/reforestasi dalam kerangka mekanisme pembangunan bersih. Dalam tinjauan ini disampaikan kajian kemungkinan pemanfaatan DTA embung untuk kegiatan aforestasi/reforestasi dalam rangka CDM dan upaya awal yang telah dilakukan.

BAHAN DAN METODE

Untuk mengetahui potensi DTA embung sebagai kegiatan aforestasi/reforestasi dalam rangka CDM, telah dikaji kondisi embung NTT yang meliputi daerah tangkapan, penampungan dan pemanfaatan air. Hasil kajian tersebut selanjutnya dipaduserasikan (*cross check*) dengan: i) Prioritas wilayah kegiatan aforestasi/reforestasi dalam kerangka CDM di Indonesia (Murdiyarso *et al.*, 2006); ii) Tata cara aforestasi/reforestasi dalam kerangka CDM dalam Peraturan Menteri Kehutanan P.14/Menhut-II/2004; iii) Penyusunan Dokumen Rancangan Proyek aforestasi/reforestasi kerangka CDM (CIFOR, 2005); dan iv) Upaya kegiatan aforestasi/reforestasi yang telah dilakukan penulis di embung Desa Oemasi, Kupang dan di embung Leosama, Belu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Provinsi NTT Daerah Prioritas Kegiatan CDM

Berdasarkan kepadatan penduduk 29-98 orang per km², indeks pembangunan manusia (*human development index*) 53-64, dan indeks kebakaran (*fire risk index*) dengan kriteria rendah hingga tinggi (Murdiyarso *et al.*, 2006), maka Provinsi NTT termasuk salah satu prioritas untuk kegiatan aforestasi/reforestasi dengan resiko frekuensi kebakaran rendah (*low fire frequency*). Berdasarkan kriteria tersebut, sebesar 30-63% luas area di wilayah NTT memenuhi syarat untuk kegiatan aforestasi

dan reforestasi dalam rangka mekanisme pembangunan bersih (Tabel 1).

Indeks pembangunan manusia dapat dilihat dari tingkat kemiskinan, perekonomian dan kesejahteraan suatu masyarakat. Provinsi NTT merupakan salah satu daerah termiskin di Indonesia serta masih tertinggal dibandingkan rata-rata nasional. Berdasarkan data BPS 2004 disebutkan bahwa jumlah penduduk miskin di NTT sebesar 28% (1,152 juta jiwa), sedangkan penduduk miskin di Indonesia hanya 17%. Diperkirakan rata-rata pendapatan masyarakat per kapita per tahun di NTT adalah Rp 2,9 juta, sedangkan pendapatan di tingkat nasional mencapai Rp. 9,5 juta. Hampir 90% penduduk miskin tersebut tinggal di pedesaan, dan 82% diantaranya bekerja di sektor pertanian (Suharyo, 2006). Disebutkan oleh Blyth *et al.*, (2006) angka kemiskinan di NTT mencapai 60% dari jumlah penduduk.

Meskipun kebakaran menjadi salah satu bagian yang tidak terpisahkan dengan budaya pertanian tebas bakar masyarakat petani di NTT, namun resiko kebakaran ini masih lebih kecil dibandingkan dengan daerah yang memiliki resiko kebakaran lebih besar seperti pada beberapa tempat di Pulau Kalimantan dan Sumatra. Oleh karena itu, beberapa wilayah di kedua pulau besar tersebut oleh Murdiyarso *et al.*, (2006), dimasukkan dalam wilayah yang memiliki resiko kebakaran tinggi.

Berdasarkan ketiga indikator tersebut di atas (kepadatan penduduk, indeks pembangunan manusia dan indeks resiko kebakaran) sangat tepat bila NTT termasuk daerah prioritas CDM. Hal ini karena dana insentif yang akan diperoleh melalui kegiatan aforestasi/reforestasi, bukan hanya mendorong terwujudnya konservasi lingkungan tetapi juga akan menambah semangat kerja masyarakat lokal.

Kegiatan aforestasi/reforestasi pada lahan-lahan seperti tersebut di atas penting, mengingat luas hutan di NTT dengan

berbagai peruntukannya yakni 1.808.990 atau tersisa 38,2% dari luas daratan yang ada. Selama 20 tahun terakhir, luas lahan kritis mencapai 2,1 juta hektar dengan laju perluasan sebesar 15 ribu hektar per tahun, sedangkan kemampuan rehabilitasi lahan hanya 3,6 juta hektar atau 40% (Hutabarat, 2006).

keluarga (KK). Air embung kecil dialirkan melalui pipa bawah tanah ke bak air di perkampungan penduduk mengikuti aliran air secara gravitasi. Pemanfaatan air terutama untuk memenuhi keperluan rumah tangga, pertanian dan peternakan, pada musim kemarau (Dinas Kimpraswil Provinsi NTT, 2000).

Tabel 1. Luas Area yang Memenuhi Syarat untuk Kegiatan Aforestasi/reforestasi dalam Rangka Mekanisme Pembangunan Bersih di Nusa Tenggara Timur

No.	Wilayah Kabupaten	Luas Area (ha)	Luas Area memenuhi syarat (ha)	Persentase (%)
1.	Sumba Barat	392908,2	202669,42	51,58
2.	Sumba Timur	680117,1	389712,05	57,30
3.	Kupang	551793,5	263263,77	47,71
4.	Timor Tengah Selatan	401686,9	205819,22	51,24
5.	Timor Tengah Utara	268107,3	167745,53	62,57
6.,	Belu	226307,1	109178,64	48,24
7.	Alor	296432,4	86318,46	29,12
8.	Lembata	127451,1	41604,44	32,64
9.	Flores Timur	178248,6	52899,53	29,68
10.	Sikka	179409	74550,66	41,55
11.	Ende	223173,2	99139,75	44,42
12.	Ngada	300446,5	123395,01	41,07
13.	Manggarai	690517,7	209002,96	30,27
14.	Rote Ndao	129459,9	57475,79	44,40

Sumber: Murdiyarso *et al.* (2006).

Keberadaan Embung di NTT

Berdasarkan sumber air, luasan DTA dan kapasitas tampungnya, embung-embung di NTT diklasifikasikan sebagai embung kecil, embung besar dan waduk (bendungan). Embung 'kecil' ialah embung yang sumber airnya berasal dari air hujan, mempunyai wilayah DTA kurang dari 1 km², dengan kapasitas tampung maksimum 100.000 m³. Embung 'besar atau embung irigasi' adalah embung yang sumber airnya dari air hujan dan sungai, memiliki luas DTA antara 1 (satu) hingga 10 km², dan berkapasitas tampung antara 100.000 hingga 5 juta m³. Sedangkan 'waduk' sumber airnya berasal dari hujan dan sungai, luas wilayah DTA lebih dari 10 km², dan berkapasitas tampung lebih dari 5 juta m³.

Sebuah embung kecil di NTT dapat dimanfaatkan oleh 16 hingga 1.642 kepala

Sejak tahun 1986 hingga tahun 2005 di Provinsi Nusa Tenggara Timur terdapat 334 embung yang tersebar pada 14 kabupaten mencakup luas DTA 3.281 ha, daya tampung 8.318.152 m³ dengan target pelayanan 31.597 KK, 105.522 ekor ternak dan 1.319 ha pertanian (Tabel 2).

Daerah tangkapan air embung yang pada umumnya berupa padang savana, areal pertanian lahan kering dan penggembalaan ternak merupakan bagian dari areal lahan kritis di wilayah NTT. Berdasarkan pengamatan di lapangan, DTA embung kecil, embung besar (irigasi) maupun waduk umumnya belum dikelola secara optimal.

Daerah tangkapan air embung memiliki luas dan lingkungan yang memenuhi persyaratan untuk kegiatan aforestasi/reforestasi dalam kerangka CDM (P.14/Menhut-II/2004) yakni: i) Aforestasi,

penghutanan pada lahan yang selama 50 tahun atau lebih bukan merupakan hutan; ii) Reforestasi, penghutanan lahan yang sejak 31 Desember 1989 bukan merupakan hutan; Hutan dalam mekanisme CDM ialah lahan yang luasnya minimal 0,25 ha dan ditumbuhi oleh pohon dengan persentasi penutupan tajuk minimal 30% yang pada akhir pertumbuhan mencapai ketinggian 5 m.

embung-embung irigasi dan waduk memiliki luas DTA hingga ratusan hektar (Tabel 2).

Aforestasi/reforestasi DTA Embung

Daerah tangkapan air embung mengalami degradasi berat, hal ini tampak dari tutupan vegetasi rendah, ditandai oleh jumlah spesies dan jumlah individu pohon yang rendah. Di DTA embung Oemasi

Tabel 2. Jumlah, Luas Daerah Tangkapan Air, Daya Tampung dan Target Pelayanan Embung di Nusa Tenggara Timur Tahun 1986-2005

No.	Lokasi	Jumlah	Total Luas DTA ha	Daya Tampung m ³	Target Pelayanan			Pembangunan (Tahun Anggaran)
					Manusia KK	Ternak Ekor	Pertanian ha	
					1	Kodya Kupang	8	
2	Kab. Kupang	83	773	2.309.254	8.885	26.284	412	1990/1991-2005
3	Timor Tengah Selatan	61	455	1.080.834	3.882	11.698	190	1986/1987-2004
4	Timor Tengah Utara	58	514	1.121.318	4.086	12.071	236	1986/1987-2000
5	Belu	26	282	783.992	3.868	7.512	150	1993/1994-2001
6	Alor	4	30	82.450	324	1.151	11	1997/1998-2005
7	Sumba Timur	16	199	470.816	1.502	6.716	78	1995/1996-2005
8	Sumba Barat	10	89	391.637	1.323	5.067	81	1996/1997-2005
9	Ende	12	158	292.636	1.233	2.430	19	1996/1997-2006
10	Ngada	18	142	622.716	1.859	12.641	45	1997/1998-2005
11	Sikka	13	210	314.537	1.569	7.124	19	1994/1995-2003
12	Flores Timur	12	190	336.979	1.282	6.957	25	1994/1995-2003
13	Lembata	10	62	137.220	672	2.328	6	1997/1998-2002
14	Manggarai	3	71	150.884	284	1.065	6	2002
	Total	334	3.281	8.318.152	31.597	105.522	1.319	1986/1987-2005

Sumber: Dinas Kimpraswil Provinsi Nusa Tenggara Timur, 2006.

Dilihat dari persyaratan luasan hutan untuk mendapatkan kompensasi dana dari program mekanisme CDM, embung-embung kecil NTT yang memiliki luas DTA antara 3,1 - 43,2 ha berpotensi besar digunakan sebagai lahan kegiatan aforestasi dan reforestasi. Luas DTA embung-embung tersebut yaitu <10 ha (65%), 10-20 ha (26%) dan >20-50 ha (9%). Sementara untuk

terdapat 12 spesies dan 55 individu, di DTA embung Oelomin 21 spesies dan 72 individu dan di DTA embung Oeltua 13 jenis dan 122 individu. Kondisi rendahnya tutupan vegetasi ini mengakibatkan erosi DTA yang tinggi dan ancaman sedimentasi embung sebesar 5% dari total volume embung. Tanpa upaya konservasi nyata kondisi ini mengakibatkan embung-embung NTT akan

hilang dalam usia tidak lebih dari 20 tahun (Widiyono, 2002). Kondisi yang sama, yakni degradasi DTA yang berat juga terjadi pada embung Desa Leosama, Kabupaten Belu NTT, telah mengakibatkan pendangkalan (sedimentasi) setebal 0,6 m setiap tahun (Widiyono *et al.*, 2006). Di DTA Oemasi menunjukkan bahwa rerumputan *Dichantium caricosum* yang terbakar setiap tahun, lahan di bawah tegakan *Gmelina arborea* dan budidaya jagung secara berturut-turut telah mengakibatkan erosi yang tinggi. Sementara itu semak *Chromolaena odorata*, rumpun bambu (*Bambusa multiplex*) dan lahan di bawah tegakan dadap (*Erythrina orientalis*) yang bersemak berturut-turut berdampak positif terhadap erosi yang rendah (Widiyono, 2007).

Beberapa contoh kegiatan aforestasi/reforestasi antara lain kegiatan di DTA Danau Singkarak, Kabupaten Solok, (luas total 2.570 ha), pembudidayaan lahan telantar dengan tanaman karet, kayu manis, gmelina dan mahoni diprediksikan akan menghasilkan 402,747 tCO_{2e} (ton ekuivalen karbon) atau setara dengan 78,467 tCER (sertifikat penurunan emisi) pada tahun ke 10; 207,474 tCER pada tahun ke 15 dan 401,784 tCER pada tahun ke 20. Sementara untuk hutan tanaman dan hutan alam masing-masing memiliki kemampuan menyerap 24 ton dan 200-300 ton karbon/hektar/tahun. Harga karbon di pasar dunia bervariasi antara US \$ 5-40 per ton karbon (Timpakul, 2007).

KESIMPULAN

Berdasarkan kepadatan penduduk, indeks pembangunan manusia dan indeks kebakaran 30-63% dari luas wilayah Kabupaten di NTT memenuhi syarat untuk kegiatan aforestasi/reforestasi dalam rangka mekanisme pembangunan bersih (CDM).

Berdasarkan luas hutan minimal (0,25 ha) untuk mendapatkan dana kompensasi melalui program CDM, maka

DTA embung yang tersebar di 14 Kabupaten di NTT sangat berpotensi sebagai lahan kegiatan aforestasi/reforestasi.

Upaya awal aforestasi/reforestasi menggunakan jenis pohon *Gmelina arborea* pada embung Oemasi Kupang menunjukkan hasil pertumbuhan yang bagus. Namun demikian aforestasi *G. arborea* per ha perlu dikombinasikan dengan tanaman lain, karena ada resiko erosi besar di bawah tegakan *G. arborea* tersebut.

Kegiatan konservasi DTA embung Leosama Belu dengan berbagai jenis tanaman perlu pemeliharaan intensif dan berkelanjutan agar dapat ditingkatkan peranannya sebagai model kegiatan aforestasi/reforestasi di wilayah beriklim kering.

DAFTAR PUSTAKA

- Bappenas dan UNDP, 2007, Kita Suarakan Millenium Development Goals/MDGs Demi Pencapaiannya di Indonesia, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional dan United Nations Development Programme Indonesia, Jakarta, 42p.
- Blyth, M., S. Djoeroemana, J. Russell-Smith & B. Myers, 2006, Integrated Rural Development in Esat Nusa Tenggara, Indonesia: Overview of Opportunities, Constraints and Options for Improving Livelihoods, Integrated rural Development in Esat Nusa Tenggara, Indonesia, Proceeding of a Workshop to Identify Sustainable Rural Livelihoods, Kupang, Indonesia, 5-7 April 2006, S. Djoeroemana, B. Myers, J. Russell-Smith, M. Blyth & E.I.T Salean (Eds.), Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra: 9-30.
- Boer, R., J.M. Roshetko, Hardjanto, L. Kolopaking, A. Akbar, U. R. Wasrin, B. D. Dasanto & S.

- Rahayu. 2006, Loksado Grassland Reforestation, Indonesia, *In: Murdiyarso, D. & M. Skutsch (Eds.), Community Forest Management as a Carbon Mitigation Option*, CIFOR: 85-93.
- CIFOR., 2005, Penyusunan Dokumen Rancangan Proyek Aforestasi/ Reforestasi Mekanisme Pembangunan Bersih. Carbon Brief, No. 1, Februari 2005.
- Dinas Kimpraswil Provinsi NTT, 2000, Profile Project. Proyek Pengembangan dan Konservasi Sumber Air Flores, Dinas Permukiman dan Pengembangan Prasarana Wilayah, Provinsi Nusa Tenggara Timur, Kupang. 50 hlm. (Tidak dipublikasikan).
- Fox, J.J., 2006, Perspectives on Development in NTT. SMERU. The Smeru Research Institute, No. 20, Oct - Dec 2006: 29-32.
- Hutabarat, S., 2006, Forestry Development Through Development of Non-timber Forest Products in East Nusa Tenggara, Integrated Rural Development in Esat Nusa Tenggara, Indonesia, Proceeding of a Workshop to Identify Sustainable Rural Livelihoods. Kupang, Indonesia, 5-7 April 2006. S. Djoeroemana, B. Myers, J. Russell-Smith, M. Blyth & E.I.T Salean (Eds.), Australian Centre for International Agricultural Rsearch, Canberra: 51-55.
- Leimona, B., R. Boer, B. Arifin, D. Murdiyarso & M. van Noordwijk. 2006, Singkarak: Combining Environmental Service Markets for Carbon and Watershed Functions? *In: Murdiyarso, D. & M. Skutsch (Eds.), Community Forest Management as a Carbon Mitigation Option*. CIFOR: 60-73.
- Murdiyarso, D., A. Puntodewo, A. Widayati & M. van Noordwijk 2006, Determination of Eligible Lands for A/R CDM Project Activities and of Priority Districts for Project Development Support in Indonesia, CIFOR. 39p.
- Suharyo, W.I., 2006, Development Challenges in East Nusa Tenggara, SMERU, The Smeru Research Institute, No. 20, Oct – Dec 2006: 4-10.
- Timpakul, 2007, Pemanasan global dan obral karbon, [www.google.com/perdagangan karbon/5](http://www.google.com/perdagangan_karbon/5) Desember 2007.
- UNDP, 2007, Sisi Lain Perubahan Iklim, Mengapa Indonesia Harus Beradaptasi untuk Melindungi Rakyat Miskinnya, United Nations Development Programme Indonesia, Jakarta. 20p.
- 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. 101 p.
- Widiyono, W., R. Abdulhadi & B. Lidon. 2006, Erosi dan Pendangkalan Embung di Pulau Timor – NTT (Studi Kasus: Embung Oemasi – Kupang dan Embung Leosama - Belu), LIMNOTEK, Perairan Darat Tropis di Indonesia, Puslit Limnologi-LIPI 13(2): 21-28.
- Widiyono, W., 2007, Relationship Between Vegetation and Runoff-erosion: Consequences on Embung Water Balance in West Timor East Nusa Tenggara Province, Disertasi Bidang Biologi Konservasi, FMIPA, UI. 176p.