

PREDIKSI KEKERINGAN PENGARUH EL NINO TAHUN 2001-2002 DAN PEMANFAATAN TEKNOLOGI MODIFIKASI CUACA UNTUK MENGANTISIPASINYA

Sutopo Purwo Nugroho¹

Intisari

El Nino diperkirakan akan terjadi kembali pada akhir tahun 2001 hingga 2002. Akibatnya beberapa wilayah Indonesia akan mengalami kekeringan sehingga kondisi air semakin berkurang ketersediaannya. Adanya kekeringan dapat menyebabkan penurunan produksi pertanian, kebakaran hutan, krisis air, dan penurunan pendapatan petani di beberapa wilayah serta timbulnya masalah-masalah sosial dan ekonomi di masyarakat.

Untuk mengatasi kekeringan dan menambah ketersediaan air, maka dapat diterapkan teknologi hujan buatan. Teknologi hujan buatan dapat meningkatkan curah hujan dan debit aliran sehingga cadangan air bertambah.

Abstract

El Nino is predicted to return at the end of 2001 or later. As a consequence some areas in Indonesia might experience drought that will jeopardize the water availability. This drought could cause declining agriculture production, forest fire, water crisis, and other economic social costs.

Rain enhancement technology can be applied to overcome this water storage. The rain enhancement technology could enhance rainfall and increase runoff, therefore, water availability will increase.

Katakunci : El Nino, kekeringan, air, modifikasi cuaca.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan penyediaan air yang mencakup kapasitas daya dukung serta tingkat perkembangan kebutuhan air semakin dirasakan mendesak dari waktu ke waktu, baik untuk penyediaan air untuk kebutuhan domestik, pertanian, industri, perkotaan, pemukiman, perkebunan, dan bidang lainnya. Konflik antar berbagai kebutuhan air semakin sering terjadi, di samping akibat dampak pencemaran karena terlampauinya daya dukung sumberdaya air yang ada.

Pada abad 21, air akan menjadi isu besar dunia dan penyebab timbulnya konflik jika tidak segera diatasi secara menyeluruh (Seckler, 1996). Oleh karena itu masalah penyediaan air merupakan masalah yang sangat mendesak dan bersifat strategis untuk selalu dicarikan upaya penyelesaiannya. Sebab masalah penyediaan air

bagi penduduk di masa mendatang semakin kompleks dan rumit permasalahannya. Hal ini terjadi karena semakin menipisnya ketersediaan air, baik secara kuantitas maupun kualitas.

Di Pulau Jawa, pada tahun 2000, ketersediaan air permukaan hanya tersedia 47.263 juta m³/tahun sedangkan kebutuhan mencapai 89.476 juta m³/tahun, sehingga perimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan mencapai 189%. Secara nasional ketersediaan air permukaan hanya mencukupi 23% dari kebutuhan penduduk. Indikasi masalah ini sudah terlihat pada saat musim kemarau setiap tahunnya dimana-mana terjadi krisis air. Pada saat kondisi musim kemarau yang normal saja, kekeringan telah menyebabkan timbulnya masalah-masalah yang berkaitan dengan penyediaan air. Terlebih lagi apabila bersamaan timbulnya fenomena El Nino sehingga menimbulkan kekeringan yang panjang.

¹ *Peneliti pada Kelompok Hidrologi dan Lingkungan, UPT Hujan Buatan BPPT. J.I. M.H. Thamrin No.8 Gd.I Lt.19 Jakarta 10340*

Pengalaman beberapa dekade terakhir ini menunjukkan bahwa penyimpangan iklim El Nino telah menyebabkan kekeringan berkepanjangan di beberapa wilayah di Indonesia. Fenomena tersebut telah menyebabkan kegagalan panen, penurunan produksi pertanian secara nasional, kebakaran hutan, krisis air, dan penurunan pendapatan petani di beberapa wilayah serta timbulnya masalah-masalah sosial dan ekonomi di masyarakat. Kejadian kekeringan akibat pengaruh El Nino pada tahun 1994 telah mengakibatkan penurunan produksi beras nasional sebesar 3,2% (Imron, 1999), sedangkan kejadian El Nino pada tahun 1997 telah menyebabkan produksi beras pada tahun 1997 dan 1998 merosot, sehingga pemerintah mengimpor beras sebanyak 5,8 juta ton pada tahun 1998 untuk memenuhi kebutuhan pangan (Saragih, 2001).

Kondisi El Nino yang berat jika musim kering datang lebih awal sedang musim hujan berikutnya terlambat. Tingkat keparahan juga dipengaruhi keadaan wilayah dan kondisi sosial ekonomi masyarakat. Musim kering yang datang lebih awal, seperti pada tahun 1997, menyebabkan sebagian pertanaman gagal. Apabila hujan datang terlambat, maka petani akan mengalami kerugian ganda, yaitu gagal panen pada musim kering dan tertunda tanam pada musim hujan. Kondisi demikian berpotensi memicu kerawanan sosial (Purba, 2001).

Bagaimana dengan kekeringan akibat pengaruh dari El Nino di tahun 2001 dan 2002? Semula El Nino diperkirakan akan datang tahun 2002, namun ada indikasi akan terjadi lebih awal. Apabila terjadi di tahun 2001, maka dampak terparah bukan kelangkaan pangan tetapi meningkatnya jumlah pengangguran. Hilangnya lapangan kerja dan lumpuhnya kegiatan ekonomi di pedesaan dapat menjadi pemicu puncak kerawanan sosial (Purba, 2001). Terlebih lagi jika El Nino datang beruntun di tahun 2001-2002, maka penderitaan masyarakat akan semakin meningkat.

Untuk mengantisipasi dampak dari El Nino, khususnya untuk mengatasi berkurangnya cadangan air dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah modifikasi cuaca atau lebih dikenal dengan hujan buatan. Pengalaman menunjukkan bahwa pada saat terjadi kekeringan dan krisis air pada musim kemarau, pada saat itulah teknologi modifikasi cuaca dilakukan sebagai salah satu upaya untuk mengatasi kekeringan tersebut, baik untuk menambah air di waduk atau bendungan, maupun menjatuhkan air hujan secara langsung di daerah pertanian.

2. METODE PENELITIAN

Untuk memahami hubungan antara El Nino dan hujan buatan, maka disini dilakukan secara

deskriptif komparatif, yaitu membandingkan antara fenomena El Nino dengan kegiatan hujan buatan yang dilakukan untuk mengantisipasi dampak dari fenomena tersebut. Hubungan empiris keduanya secara langsung memang sangat sulit dilakukan karena berkaitan dengan masalah kebijakan yang sulit untuk diduga.

Dalam penelitian ini, prediksi El Nino tahun 2001 sampai 2002 mengacu pada hasil prediksi *Climate Prediction Center, National Centers for Environmental Prediction* – NOAA, yang selalu mengeluarkan buletin yang disebut *El Nino/Southern Oscillation – ENSO Advisory* jika termonitor akan muncul fenomena El Nino hingga fenomena tersebut berakhir. Selain itu penelitian juga didasarkan pada hasil studi pustaka lainnya sebagai pembandingan. Selanjutnya untuk mengetahui peluang pemanfaatan teknologi modifikasi cuaca dilakukan berdasarkan kajian aspek ketersediaan air, hasil kegiatan modifikasi cuaca yang pernah dilakukan dan studi pustaka yang mendukung dengan penelitian ini.

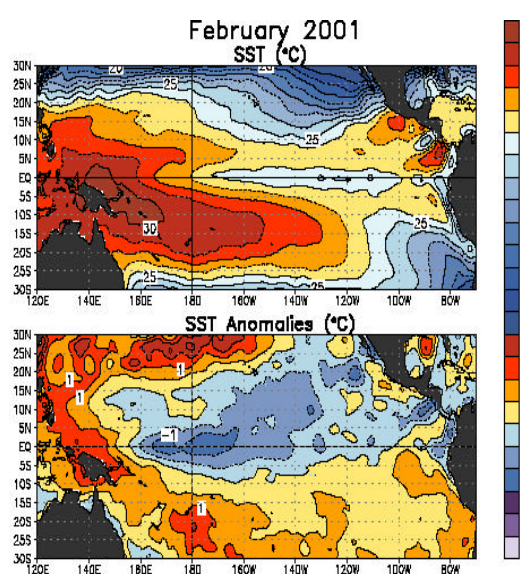
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Prediksi El Nino

Prediksi iklim tidak dimaksudkan untuk meramalkan kondisi cuaca secara rinci dari hari ke hari, dalam satu atau dua musim ke depan. Hal ini disebabkan begitu banyaknya variabel dan perilaku kaotik dari atmosfer sehingga meskipun suatu model prediksi sudah sangat sempurna, namun demikian masih terdapat limit yang membatasi sejauh mana ke depan prediksi tersebut dapat digunakan secara tepat (Ratag dkk., 2001). Demikian pula halnya dalam prediksi El Nino, upaya memprediksi perilaku El Nino agak tak menentu oleh adanya suatu elemen yang tampaknya bersifat kaotik, dan oleh adanya pengaruh variasi cuaca berskala pendek yang disebut derau (*noise*).

Ditinjau dari pola kejadian El Nino dalam 100 tahun terakhir, kemungkinan El Nino datang tahun 2001 (26%) dan 2002 (89%). Menurut data iklim yang ada, El Nino tidak terjadi pada tahun 2001 tetapi pada tahun 2002 kemungkinan besar akan terjadi (Purba, 2001). Menurut ENSO Advisory bulan Maret 2001, kondisi La Nina (*mature cold episode*) masih berlangsung sejak Februari 2001 mengingat suhu muka air laut (SST) di sekitar ekuator di Lautan Pasifik tercatat sekitar 1°C di bawah normal. Demikian pula SST di Pantai Amerika Selatan sampai 160° BT juga di bawah normal (Gambar 1). Sementara itu angin pasat hampir di seluruh Lautan Pasifik tropis lebih kuat dibandingkan dengan normalnya. Hal ini menunjukkan bahwa fenomena La Nina mendominasi di Pasifik Tengah-Timur.

Episode hangat atau El Nino diperkirakan baru terjadi kemungkinan pada akhir tahun 2001. Hal ini ditandai dengan meningkatnya SST pada bulan November 2001, yaitu antara $1 - 1,5^{\circ}\text{C}$ (Gambar 2). Peningkatan SST tersebut terus berlangsung hingga tahun 2002, bahkan pada bulan Februari 2002 mencapai lebih dari $1,5^{\circ}\text{C}$. Peningkatan aktivitas konveksi di Pasifik Tengah sekitar khatulistiwa tersebut menyebabkan sirkulasi zonal tersendiri, yaitu Pasifik Tengah menjadi daerah konvergensi sementara wilayah Indonesia menjadi daerah divergensi disertai dengan anomali curah hujan yang diasosiasikan dengan warm episode. Akibat yang terjadi adalah musim kemarau tahun 2002 dimungkinkan terjadi lebih awal sehingga musim kemarau akan berlangsung lebih lama.



Gambar 1. Rata-rata dan anomali suhu muka air (SST) laut pada bulan Februari 2001 di Lautan Pasifik
(Sumber : <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>)

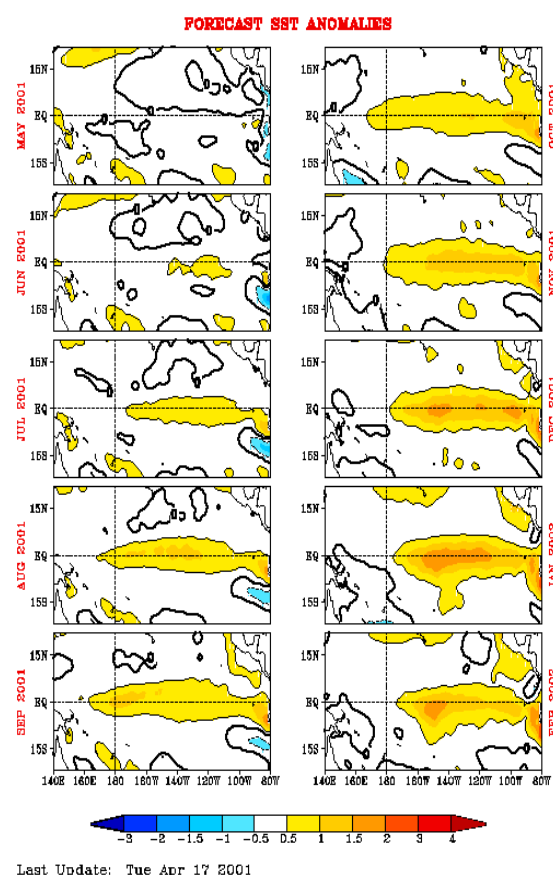
3.2. Pemanfaatan Teknologi Modifikasi Cuaca

Terjadinya kekeringan akibat El Nino pada musim kemarau tahun 2002 diperkirakan akan semakin menipisnya persediaan air permukaan, khususnya di Pulau Jawa. Pengaruh El Nino di Pulau Jawa dapat mengakibatkan turunnya curah hujan musim kemarau beberapa ratus persen di bawah kondisi normal, dan curah hujan yang terjadi pada musim penghujan turun hingga 50% (Pawitan, 1999).

Mengingat di Indonesia pengelolaan sumberdaya air masih dilakukan secara sektoral dan belum dipadukan secara komprehensif antara sumberdaya air di daratan dan atmosfer, maka sumberdaya air tidak pernah tertangani secara

tuntas. Sampai saat ini pengelolaan sumberdaya air masih terfokus di daratan karena masih adanya anggapan bahwa sumberdaya air di Indonesia melimpah dan didukung oleh curah hujan tahunan yang tinggi. FAO (1996), melaporkan bahwa wilayah Indonesia dikategorikan sebagai negara yang tidak rawan krisis air hingga abad 21 karena adanya potensi curah hujan wilayah yang relatif tinggi dan memiliki sumberdaya air yang cukup besar. Namun demikian kenyataannya menunjukkan bahwa beberapa wilayah kondisi sumberdaya airnya sudah waspada hingga kritis. Sebagai gambaran ketersediaan air di Pulau Jawa diperkirakan tinggal 1.750 meter kubik per kapita per tahun, yang telah mengisyaratkan krisis air jika dibandingkan dengan standar kecukupan air sebesar 2.000 meter kubik per kapita per tahun. Hal tersebut akan merosot sampai 1.200 meter kubik per kapita per tahun ketika penduduk Indonesia mencapai 267 juta pada tahun 2020, dimana 150 juta diantaranya tinggal di Pulau Jawa (Imron, 1999).

Menyadari akan adanya keterbatasan dan kelangkaan air pada musim kemarau nanti, maka perlu dilakukan tindakan antisipasi untuk



Gambar 2. Prediksi anomali SST bulan Mei 2001 hingga Februari 2002 (Sumber: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>)

menambah persediaan sumber air. Salah satu upaya atau kegiatan yang seringkali dilakukan untuk mengatasi krisis air akibat El Nino adalah dengan melakukan kegiatan modifikasi cuaca. Seperti tahun-tahun sebelumnya pada saat terjadi El Nino pemerintah melalui Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Ditjen Pengelolaan Sumberdaya Air, Departemen Pertanian dan pengelola waduk seperti Perum Jasa Tirta (PJT) I, PJT II, dan PLN serta pengelola air lainnya, sering meminta jasa teknologi modifikasi cuaca.

Berhubung kurang adanya keterpaduan dalam pengelolaan sumberdaya air, maka seringkali kegiatan modifikasi cuaca dilakukan pada waktu yang kurang tepat, yaitu pada saat musim kemarau yang sudah sangat kering sehingga kondisi cuaca tidak mendukung. Akibatnya kegiatan modifikasi cuaca tidak menghasilkan curah hujan yang optimal, sehingga sering menimbulkan opini di masyarakat bahwa hujan buatan tidak bermanfaat. Untuk itu pemilihan waktu dimulainya suatu kegiatan merupakan langkah strategis yang harus ditetapkan dengan baik.

Berdasarkan hasil curah hujan dan debit aliran yang dicapai selama kegiatan modifikasi cuaca dalam mengantisipasi kekeringan akibat El Nino, secara umum menunjukkan hasil yang signifikan antara hujan buatan dengan peningkatan curah hujan di daerah target atau sasaran. Beberapa contoh keberhasilan kegiatan modifikasi cuaca, dalam mengatasi kekeringan akibat El Nino antara lain adalah kegiatan pada tahun 1997 – 1998. Kegiatan pada umumnya dimaksudkan untuk menambah ketersediaan air atau menaikkan duga muka air (DMA) di waduk, mengingat DMA pada saat itu masih jauh di bawah pola rencana. Apabila pola rencana waduk tersebut tidak tercapai, maka fungsi waduk menjadi tidak optimal, sehingga pada gilirannya tidak akan mampu mengairi daerah pertanian. Kondisi demikian telah terjadi di daerah pengairan Waduk Jatiluhur seperti Karawang, Bekasi, Subang, dan Purwakarta, serta di daerah aliran sungai (DAS) Cimanuk-Cisanggarung yang menyebabkan musim tanam padi mundur lebih kurang 4-5 bulan dari pola tanamnya.

Dalam kegiatan modifikasi cuaca di DAS Citarum pada tanggal 17 Februari - 18 Maret 1998 menghasilkan air sebesar 366,96 juta m³, dimana 187,51 juta m³ tertampung di Waduk Saguling dengan kenaikan DMA sebesar 3,46 m, 140,11 juta m³ di Waduk Citara dengan kenaikan DMA sebesar 4,27 m, dan 39,34 juta m³ di Waduk Jatiluhur dengan kenaikan DMA sebesar 6,77 m (Tabel 1). Keberhasilan kegiatan modifikasi cuaca tersebut menyebabkan waduk kaskade Citarum yang pada tahun 1997 DMA-nya turun drastis dan diperkirakan baru dapat pulih kembali (*recovery*) antara 3-4 tahun kemudian, ternyata pada akhir

tahun 1998 sudah dapat kembali normal (Santoso, 2001). Volume air tersebut diperoleh dari besarnya debit Sungai Citarum dikurangi dengan aliran dasar, infiltrasi, perkolasi dan evaporasi, serta didasarkan sifat hujan dari prediksi BMG pada periode tersebut, sehingga diperoleh besarnya volume air yang tertampung di setiap waduk sebagai hasil hujan buatan. Jadi volume air tersebut sudah dipisahkan dengan debit sungai hasil hujan alami.

Demikian pula halnya dengan kegiatan modifikasi cuaca pada tanggal 12 Maret – 10 April 2001 untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya El Nino pada akhir tahun 2001. Adanya kegiatan modifikasi cuaca telah menyebabkan kenaikan DMA di Waduk Saguling sebesar 3,84 m dengan air masuk lokal (AML) sebesar 443,81 juta m³, kenaikan DMA di Waduk Cirata sebesar 1,90 m dengan AML sebesar 358,04 juta m³, dan kenaikan DMA di Waduk Jatiluhur sebesar 3,68 m dengan AML sebesar 45,48 juta m³. Air keluar di Waduk Jatiluhur selama kegiatan berjumlah 288,27 juta m³. Dengan demikian maka volume air yang tertampung di ketiga waduk adalah 559,06 juta m³.

Hasil tersebut oleh PJT II selaku user dan Tim Evaluasi Kegiatan Modifikasi Cuaca dinilai sangat berhasil sehingga kebutuhan air untuk musim tanam gadu 2001 di daerah irigasi Jatiluhur cukup tersedia, bahkan masih terdapat cadangan air sebesar 1.440,26 juta m³. Namun demikian jika dibandingkan dengan pola rencana untuk kebutuhan air musim tanam rendeng 2001/2002 dan musim tanam gadu 2002 masih terdapat kekurangan air sebesar 152,7 juta m³ (PJT II, 2001)

Melihat hasil yang dicapai tersebut, kegiatan modifikasi cuaca merupakan suatu kegiatan yang bersifat strategis sebagai alternatif menambah ketersediaan air, khususnya pada saat cadangan air di waduk, danau, atau badan air berkurang. Namun demikian, dalam menentukan pelaksanaan kegiatan modifikasi cuaca harus memperhatikan kondisi cuaca, dimana ketersediaan awan-awan potensial masih mendukung agar kegiatan tersebut dapat dilakukan secara optimal.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Fenomena El Nino di Indonesia diperkirakan akan terjadi pada akhir tahun 2001 hingga tahun 2002. Kondisi demikian akan berpengaruh pada berkurangnya ketersediaan air, sehingga dapat menyebabkan kurangnya produksi pertanian, menurunnya suplai air untuk kebutuhan domestik, produksi listrik dan kebutuhan lainnya, serta menimbulkan masalah sosial ekonomi di masyarakat. Untuk mengatasi kekeringan dan

menambah ketersediaan air tersebut, maka dapat diterapkan teknologi modifikasi cuaca. Teknologi modifikasi cuaca terbukti telah dapat meningkatkan curah hujan dan debit aliran sehingga cadangan air meningkat secara signifikan.

4.2. Saran

Mengingat pada akhir tahun 2001 hingga 2002 diperkirakan fenomena El Nino akan muncul kembali, maka pola musim hujan dan kemarau akan terpengaruh, dimana musim hujan akan lebih pendek sedangkan musim kemarau akan lebih panjang. Akibatnya cadangan air akan berkurang sehingga cukup sulit untuk mendukung irigasi pertanian dan kebutuhan air lainnya. Sebagai misal di Waduk Jatiluhur, meskipun saat ini terdapat cadangan air sebesar 1.440,26 juta m³,

namun untuk pola rencana kebutuhan air musim tanam rendeng 2001/2002 dan musim tanam gadu 2002 masih terdapat kekurangan air sebesar 152,7 juta m³.

Kondisi demikian perlu segera diantisipasi dengan berbagai kebijakan penggunaan air seperti penghematan air, penerapan teknologi modifikasi cuaca, sistem agroteknologi yang tepat dan usaha lainnya. Efisiensi dan penghematan air dapat dilakukan di sektor pertanian. Sebab saat ini dari total kebutuhan air yang digunakan, sekitar 86% digunakan untuk kebutuhan air irigasi. Dibandingkan dengan negara-negara lainnya, kebutuhan air irigasi untuk penggenangan sawah di Indonesia termasuk sangat berlebihan pemakaiannya. Selanjutnya untuk penerapan teknologi modifikasi cuaca, salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah penentuan waktu pelaksanaan karena sangat berpengaruh terhadap hasil yang curah hujan yang akan dicapai.

Tabel 1. Kegiatan modifikasi cuaca untuk mengatasi kekeringan selama bulan April 1997 – April 2001 di Pulau Jawa

Waktu Pelaksanaan	Daerah Target	Evaluasi Kegiatan Modifikasi Cuaca
7 April -12 Mei 1997	DAS Citarum (W Saguling, Cirata, Jatiluhur)	- W.Saguling = 112 juta m ³ - W. Cirata = 119 juta m ³ - W.Jatiluhur = 61 juta m ³
23 September - 2 Desember 1997	DAS Citarum (W Saguling, Cirata, Jatiluhur)	Meningkatnya curah hujan dan debit Sungai Citarum
16 November - 20 Desember 1997	Daerah pertanian di Kedu Selatan, W.Sempor, Wadaslintang, W. Gajah Mungkur	Meningkatnya curah hujan hingga di atas pola normal, 207 juta m ³
3-12 Desember 1997	DAS Cimanuk dan Pantura	Meningkatnya curah hujan dan debit Sungai Cimanuk
13 - 28 Desember 1997	DAS Citarum dan daerah irigasi Jatiluhur	Meningkatnya curah hujan dan debit Sungai Citarum
15-24 Januari 1998	DAS Brantas dibagi 3 target : I = W Sutami, Lahor II = W Selorejo III = Hilir W Sutami	W Sutami, Lahor = 13,39 juta m ³ W Selorejo = 0,26 juta m ³ Hilir W Sutami = 8,20 juta m ³
3-12 Februari 1998	DAS Brantas dibagi 3 target : I = W Sutami, Lahor II = W Selorejo III = Hilir W Sutami	W Sutami, Lahor = 57,90 juta m ³ W Selorejo = 2,31 juta m ³ Hilir W Sutami = 47,67 juta m ³
17 Februari - 18 Maret 1998	DAS Citarum dan daerah irigasi Jatiluhur	W.Saguling = 187,51 juta m ³ W.Cirata = 140,11 juta m ³ W.Jatiluhur = 39,34 juta m ³
1 - 30 April 1998	Daerah pertanian di Kedu Selatan, W. Sempor, W. Wadaslintang, W. Sermo, DAS Serayu – Bogowonto	W. Sempor = 7,197 juta m ³ W. Wadaslintang = 119,369 juta m ³ W. Sermo = DMA naik 5,81 m DAS Serayu-Bogowonto = 307,765 juta m ³
12 Maret – 10 April 2001	DAS Citarum	AML W.Saguling = 443,81 juta m ³ AML W.Cirata = 358,04 juta m ³ AML W.Jatiluhur = 45,48 juta m ³

Sumber : UPT-HB, 1997-2001

Keterangan : W = waduk

AML = air masuk lokal

DAFTAR PUSTAKA

- FAO, 1996: *Food Production: The Critical Role of Water*. Technical Background Document 6 11. World Food Summit. Rome. Italy.
- <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>. 2001: El Nino / Southern Oscillation (ENSO) Diagnostic Discussion. Climate Prediction Center.
- Imron, M., 1999: Kebijakan Nasional Dalam Pengelolaan Sumberdaya Air dan Lingkungan, Makalah Utama dalam Seminar Sehari Kebutuhan Air Bersih dan Hak Azasi Manusia, Masyarakat Hidrologi Indonesia – Panitia Nasional Program Hidrologi – HATHI, Jakarta.
- Pawitan, H., 1999: Mengantisipasi Krisis Air Nasional Memasuki Abad 21, Makalah Utama dalam Seminar Sehari Kebutuhan Air Bersih dan Hak Azasi Manusia. Masyarakat hidrologi Indonesia – Panitia Nasional Program Hidrologi – HATHI. Jakarta.
- PJT II. 2001: Evaluasi Hasil Pelaksanaan Penyemaian Awan di DAS Citarum 12 Maret – 10 April 2001 (Tinjauan Aliran dan Operasi Waduk Kaskade Citarum). Perum Jasa Tirta II. Purwakarta.
- Purba, S., 2000: Awes El Nino Datang Mengancam. Harian Umum Pagi Kompas 31-12-2000. Jakarta.
- Purba, S., 2001: "El Nino" Dan Kerawanan Sosial. Harian Umum Pagi Kompas 4-3-2001. Jakarta.
- Ratag., M.A., B. Siswanto, I. Juaeni, dan Halimurrahman. 2001: Sistem Prakiraan Mutakhir dan Akurat Gejala Iklim El Nino. Makalah Seminar Antisipasi El-Nino Tanggal 21 Februari 2001. PERAGI. Bogor.
- Santoso, T.H., 2001: Pengalaman Perum Jasa Tirta II, Dalam Antisipasi Penyimpangan Iklim dan Penanggulangannya. Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta II. Purwakarta.
- Saragih, B., 2001: Mengantisipasi Penyimpangan Iklim El-Nino Serta Implementasi Kebijakan Sektor Pertanian. Makalah Seminar Antisipasi El-Nino Tanggal 21 Februari 2001. PERAGI. Bogor.
- Seckler, D., 1996: *The New Era of Water Resources Management : From "Dry" to "Wet" Water Savings*. International Irrigation Management Institute (IIMI). Colombo. Sri Lanka.
- UPT Hujan Buatan BPPT. 1997. Laporan Kegiatan Penyemaian Awan/Modifikasi Cuaca di DAS Citarum Tanggal 7 April -12 Mei 1997. Jakarta.
- UPT Hujan Buatan BPPT. 1998: Laporan Kegiatan Penyemaian Awan/Modifikasi Cuaca di Sub DPS Kali Brantas Tanggal 15-24 Januari 1998 dan 03-12 Februari 1998. Dipersiapkan Untuk Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- UPT Hujan Buatan BPPT. 2001: Laporan Kegiatan Penerapan Teknologi Modifikasi Cuaca Untuk Antisipasi El Nino di DAS Citarum Tanggal 12 Maret – 10 April 2001. Dipersiapkan Untuk Perum Jasa Tirta II. Jakarta.

DATA PENULIS

Sutopo Purwo Nugroho, lahir di Boyolali pada tanggal 7-10-1969. Menyelesaikan pendidikan S1 di Program Studi Hidrologi, Jurusan Geografi Fisik, Fakultas Geografi UGM Yogyakarta pada tahun 1994. Lulus S2 Program Studi Pengelolaan DAS di IPB Bogor pada tahun 2000. Kursus yang pernah diikuti antara lain AMDAL A, AMDAL B dan Meteorologi/Modifikasi Cuaca. Sejak tahun 1994 bekerja sebagai staf peneliti di Kelompok Hidrologi dan Lingkungan, UPT Hujan Buatan, BPPT.