

**Pemanenan Air untuk Menciptakan Sistem Usahatani yang Berkelanjutan
(Pengalaman di Wonosari, Daerah Istimewa Yogyakarta)**

***Water Harvesting for Supporting Sustainable Upland Farming System
(Experience in Wonosari, Daerah Istimewa Yogyakarta)***

Nani Heryani, Gatot Irianto, Nurwindah Pujilestari¹⁾

ABSTRACT

Rainfall-runoff harvesting on upland farming system and its effect to water production function and farming system sustainability were discussed in this paper. Water production function indicated the exchange of the total rainfall to rainfall net. The result of the experiment showed that measurement of the upland productivity will be reached through: (1) minimum fluctuation of water availability, (2) maximum water storage capacity of natural or artificial watershed, (3) optimum water use efficiency and variability of commodity. Rainfall-runoff harvesting through modification of hydrology characteristics by building channel reservoir on the river stream retained water in the rainy season and will distribute water in the dry season.

Key words : Water harvesting, Channel reservoir, Sustainable upland farming system

PENDAHULUAN

Secara hidrologis lahan kering merupakan regulator utama dalam produksi air di hampir semua agroekosistem (sawah, rawa, dan pantai). Peran strategis ini belum banyak disadari, sehingga seringkali pengelolaan lahan sawah, rawa dan pantai belum banyak mempertimbangkan peran dan kontribusi lahan kering. Akibatnya representasi dan keberlanjutan sistem pengelolaan tidak berfungsi dengan baik, bahkan seringkali mengalami kegagalan. Pengelolaan air irigasi pada lahan sawah yang hanya memperhitungkan debit air waduk tanpa memperhitungkan sumber air yang masuk (*intake*) dari lahan kering merupakan ilustrasi yang baik tentang rendahnya apresiasi masyarakat dan pemerintah terhadap kontribusi lahan kering sebagai regulator dalam produksi air daerah aliran sungai (DAS) (Irianto, 2000).

Demikian halnya dengan penanganan lahan rawa lebak yang hanya memperhitungkan aspek genangan dan tidak mempertimbangkan kontribusi air lahan kering yang sebenarnya merupakan pemasok air lebak yang utama. Dampaknya antara lain terlihat dari: merosotnya pasokan air lahan sawah pada musim

kemarau dan sebaliknya akan terjadi banjir dan genangan akibat kapasitas tampung air lahan kering yang sangat rendah. Tingginya volume aliran permukaan menyebabkan laju erosi dan sedimentasi meningkat tajam, sehingga sulit dikendalikan lagi. Pertanyaan selanjutnya adalah, bagaimana caranya untuk meningkatkan peran lahan kering sebagai regulator air sekaligus untuk meningkatkan produksi dan produktivitas lahan secara berkelanjutan? Adakah peluang untuk memanfaatkan sumberdaya air lahan kering berdasarkan potensinya untuk meningkatkan produktivitas lahan kering yang secara nasional masih rendah produksi maupun produktivitasnya?

Untuk menjawab pertanyaan tersebut, perlu dilakukan identifikasi potensi sumberdaya hujan secara spasial dan temporal. Informasi tersebut selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam menghitung kemampuan tanah dan tanaman dalam menyimpan dan mendistribusikan air aktual. Berdasarkan karakteristik curah hujan yang ada, dikombinasikan dengan kondisi tanah dan penggunaan lahannya, maka dapat dihitung kemampuan alamiah dan artifisial DAS dalam menampung air hujan. Selanjutnya dapat dirancang jenis, jumlah dan lokasi panen hujan dan aliran

1) Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
Jl. Tentara Pelajar No 1A, Bogor 16111
Telp/Fax (0251) 312760
Email : Heryani_nani@yahoo.com

permukaan untuk meningkatkan peran lahan kering sebagai regulator dalam produksi air DAS.

Secara teoritis sebagian besar lahan kering di Indonesia umumnya mempunyai 3 bulan basah (curah hujan di atas 200 mm/bulan), bahkan ada yang sampai 6 bulan basahnya. Sementara itu potensi tersebut belum dapat dimanfaatkan, indikatornya antara lain: (1) sebagian besar curah hujan ditransfer menjadi aliran permukaan dan diuapkan melalui evapotranspirasi, (2) indeks pertanaman yang ada berkisar 100 dengan produksi yang rendah dan risiko pertanian yang tinggi. Sudah banyak teknologi yang dihasilkan untuk pengembangan lahan kering saat ini, namun sebagian besar pendekatannya pada budidaya dengan penekanan pada aspek tanah dan budidaya tanaman. Pengelolaan sumberdaya air lebih difokuskan untuk mengkonservasi lengas tanah (*soil moisture*) dan bukan mengkonservasi air dan menambah cadangan air tanah (*water storage*) (Irianto, 2002b).

Model pendekatan konservasi lengas tanah ini tidak dapat berlangsung lama, karena kapasitas tanah menyimpan lengas sangat terbatas, sehingga apabila laju evaporasi sangat tinggi maka lengas tanah akan dievaporasikan. Dengan demikian akan mengurangi cadangan air untuk tanaman secara signifikan. Pola penanganan air lahan kering yang berorientasi pada konservasi lengas tanah inilah yang merupakan salah satu penyebab sistem usaha lahan kering sampai saat ini tidak berkelanjutan. Akibatnya teknologi pengelolaan lahan kering yang selama ini diintroduksi kurang mendapatkan respon yang proporsional dari masyarakat bahkan seringkali ditinggalkan begitu proyeknya selesai.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka diperlukan perubahan pola pikir dan orientasi pendayagunaan sumberdaya air pada lahan kering dari mengelola lengas menjadi mendayagunakan fungsi produksi air DAS, sehingga nilai tambah pertaniannya meningkat secara signifikan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Sub DAS Bunder, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta, pada bulan Nopember 2000 hingga Maret 2002. Aspek yang kaji meliputi: pemanfaatan sumberdaya air dan iklim serta pola budidaya komoditas.

Pemanfaatan Sumberdaya Air dan Iklim

Untuk mengetahui potensi sumberdaya air di suatu wilayah antara lain dapat dilakukan perhitungan fungsi produksi air DAS. Fungsi produksi didefinisikan sebagai perubahan kuantitas curah hujan bruto (yang terukur pada alat) menjadi hujan netto yang mengalir melalui jaringan hidrologi menuju outlet/debit. Pada

umumnya hubungan antara curah hujan bruto dan netto disajikan seperti pada persamaan :

$$CH_{netto} = CH_{bruto} - \text{Infiltrasi} - \text{Intersepsi} - \text{ETP}$$

dengan : CH_{netto} adalah curah hujan yang dialirkan melalui *channel reservoir*, CH_{bruto} adalah curah hujan hasil pengukuran lapangan. Infiltrasi merupakan bagian dari curah hujan yang masuk/meresap ke dalam tanah. Intersepsi merupakan volume air yang diserap oleh tajuk tanaman dan ETP adalah evapotranspirasi potensial.

Pada penelitian ini perhitungan curah hujan netto untuk episode/kejadian hujan sesaat, unsur evapotranspirasi potensialnya diabaikan karena nilainya sangat kecil. Gambaran perhitungan komponen infiltrasi, intersepsi disajikan sebagai berikut :

a. Perhitungan Infiltrasi

Metode penetapan infiltrasi sesaat (Horton, dalam Wisler and Brater, 1959) ditetapkan melalui persamaan berikut :

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-Kt}$$

dengan : f = kapasitas infiltrasi atau laju maksimum infiltrasi pada suatu saat (mm/jam)
 f_c = kapasitas infiltrasi pada saat infiltrasi telah konstan/jenuh (mm/jam)
 f_0 = kapasitas infiltrasi inisial atau pada permulaan hujan (mm/jam)
 e = 2,71828
 K = konstanta yang menentukan kecepatan penenuhan tanah dan tanaman (1/jam)
 t = waktu (jam)

b. Perhitungan Intersepsi

Kapasitas intersepsi maksimum diduga dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Von Hoyningen-Huene (1981) dalam de Roo *et al.* (1999) :

$$S_{MAX} = 0.935 + 0.498LAI - 0.00575LAI^2$$

dengan: S_{MAX} = Kapasitas Simpanan Maksimum (mm)
 LAI = Indeks Luas Daun

Intersepsi kumulatif selama kejadian hujan diperoleh dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Aston (1979) dalam de Roo *et al.* (1999):

$$CINT = SMAX \left[1 - e^{-\left(1-p\right) \frac{PCUM}{SMAX}} \right]$$

dengan : CINT = Intersepsi kumulatif (mm)
 Pcum = Curah hujan kumulatif (mm)
 p = Faktor koreksi, dengan persamaan (1-0.046LAI)

Pola Budidaya Komoditas

Pengamatan lapang dilakukan terhadap pola tanam dan produktivitas tanaman sebelum dan sesudah introduksi panen hujan dan aliran permukaan. Metode yang dilakukan adalah melalui pemahaman pedesaan secara partisipatif dan wawancara dengan petani serta monitoring terhadap pola tanam dan budidaya petani setelah aplikasi teknologi panen hujan dan aliran permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fungsi Produksi Air di DAS Bunder

Dalam menetapkan hujan netto unsur-unsur yang diperhitungkan adalah intersepsi oleh tanaman dan

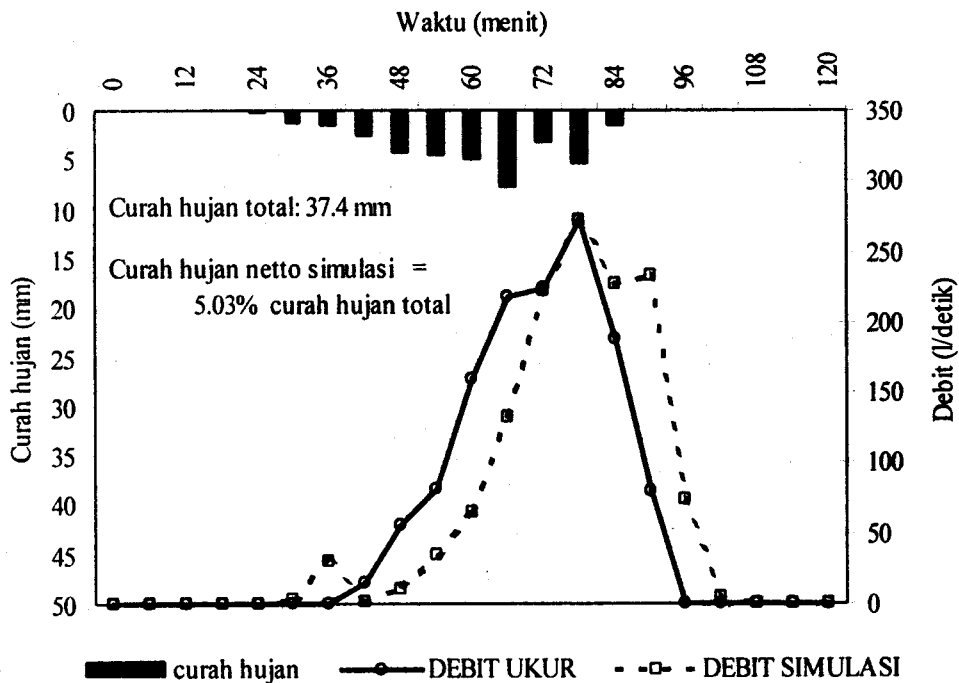
infiltrasi air ke dalam tanah. Infiltrasi dan intersepsi air hujan oleh tanaman dapat ditetapkan dengan pengukuran langsung di lapangan atau melalui penghitungan dengan menggunakan pendekatan melalui persamaan matematik. Dalam penelitian ini intersepsi dihitung dengan menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Von Hoyningen-Huene (1981) dalam de Roo *et al.* (1999), sedangkan infiltrasi ditetapkan dengan pengukuran langsung di lapangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada umumnya sebagian besar hujan terinfiltrasi, hanya sebagian kecil saja yang terintersepsi ataupun yang mengalir sebagai aliran permukaan/curah hujan netto. Apabila kapasitas infiltrasi tanah cukup besar, maka bagian air yang terinfiltrasi cenderung besar sehingga aliran permukaan menjadi kecil, dan hal ini tergantung kepada sifat hujan (jumlah, intensitas dan lamanya hujan) yang terjadi.

Contoh hasil analisis beberapa episode hujan disajikan pada Tabel 1. Curah hujan netto yang diperoleh dapat dipergunakan untuk menghitung debit sungai (simulasi) yang memperhitungkan intersepsi dan infiltrasi. Gambaran mengenai debit sungai (simulasi) yang diperoleh dari analisis yang memperhitungkan intersepsi dan infiltrasi disajikan pada Gambar 1.

Tabel 1. Intersepsi dan infiltrasi pada 5 episode hujan di DAS Bunder, Gunungkidul, DIY.

Episode	Curah hujan (mm)	Lamanya hujan (menit)	Intersepsi (mm)	Infiltrasi (mm)	Hujan netto (mm)
6 Januari 2000	37.4	60	3.14	32.55	1.72
22 Pebruari 2000	44.2	54	3.39	38.98	1.83
12 Desember 2000	12.2	36	1.39	10.50	0.31
28 Desember 2000	10.8	30	1.26	9.32	0.22
10 April 2001	62.4	60	3.61	50.38	8.41



Gambar 1. Kurva debit simulasi dengan perhitungan infiltrasi-intersepsi dan pengukuran pada episode 6 Januari 2000, di DAS Bunder, Gunungkidul, DIY.

Berdasarkan kurva debit di atas dapat dilihat bahwa waktu respon DAS yang singkat (12 menit) mengakibatkan transfer aliran permukaan terjadi segera setelah tercapai debit puncaknya. Beberapa upaya dapat ditempuh untuk memperpanjang waktu respon sekaligus menurunkan debit puncaknya sehingga air tersedia lebih lama. Pada penelitian ini upaya yang dilakukan adalah dengan cara menampung air melalui pembuatan *channel reservoir* yaitu pembuatan bangunan konservasi air di alur sungai dengan tujuan untuk menampung air pada musim hujan dan dapat dimanfaatkan kembali pada saat terjadi kekurangan air atau pada musim kemarau. Di lokasi penelitian telah dibuat 2 buah *channel reservoir*/dam parit pada alur sungai yang sama sehingga menjadi *channel reservoir* bertingkat untuk menciptakan kontinuitas ketersediaan air.

Aplikasi Panen Hujan dan Aliran Permukaan

Sebelum introduksi panen hujan dan aliran permukaan komoditas pangan yang diusahakan adalah monokultur dengan dominasi tanaman yang tidak banyak memerlukan masukan sarana produksi (pupuk, pestisida) dan tenaga kerja untuk proses produksinya seperti tumpangsari padi gogo dengan jagung dan ubi kayu. Setelah teknologi panen hujan dan aliran permukaan diaplikasikan paling tidak terjadi perubahan

dalam dua hal: (1) perubahan jenis komoditas yang diusahakan dari ubi kayu satu kali setahun menjadi padi sawah dua kali dengan satu kali palawija seperti jagung dan kacang tanah, dan (2) peningkatan Indeks pertanaman (IP) dan produksi tanaman.

Masalah penampungan /panen hujan dan aliran permukaan secara sederhana dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu: konsepsi dan implementasinya. Keberhasilan penerapan panen hujan dan aliran permukaan sangat tergantung pada konsepsi yang dibangun, dapat dipahami untuk selanjutnya diimplementasikan secara tepat di lapangan.

Konsepsi

Pendekatan panen hujan dan aliran permukaan sebenarnya sangat sederhana dan tidak memerlukan teknologi dan material yang khusus. Pertanyaan yang timbul adalah: mengapa sampai saat ini teknologi panen hujan dan aliran permukaan belum diaplikasikan secara luas? Di mana letak persoalan yang sesungguhnya? Apa solusinya agar persoalan ini dapat diantisipasi? Inilah beberapa rentetan pertanyaan klasik yang secara teoritis mudah dicari jawabnya tapi secara faktual masih jauh implementasinya.

Berdasarkan pengalaman penelitian yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan

Tanah dan Agroklimat di Gunungkidul dan beberapa lokasi penelitian lahan kering, masalah esensial yang dihadapi petani adalah: timpangnya pendekatan agronomi dibandingkan pendekatan iklim dan hidrologi dalam memacu produksi pertanian. Penggunaan pupuk dan varietas unggul lebih mendapatkan perhatian yang sangat besar, sementara kondisi iklim dan hidrologi dianggap sudah *given*, sehingga tidak perlu digarap lebih intensif lagi. Akibatnya iklim menjadi faktor pembatas (*limiting factor*) karena komponen lain berada dalam kondisi optimum (Iriant, 2002b). Peningkatan masukan komponen yang sudah optimum terus dilakukan petani, sementara itu faktor pembatasnya tidak diantisipasi dengan baik. Selain memerlukan biaya tinggi, tenaga banyak dan waktu yang lama usaha peningkatan dengan membiarkan salah satu komponen menjadi faktor pembatas akan menjadi sia-sia.

Sementara itu, panen hujan dan aliran permukaan terbukti selain dapat meningkatkan keberlanjutan sistem

usaha tani lahan kering juga dapat menekan laju erosi, sedimentasi, dan bahkan risiko banjir apabila aliran permukaan yang dipanen cukup signifikan (Irianto, 2002a). Lebih jauh, hasil panen hujan dan aliran permukaan dalam jumlah yang banyak dapat dimanfaatkan dalamantisipasi anomali iklim el-Nino atau paling tidak untuk memperpanjang masa tanam di akhir musim hujan (Irianto, 2002c). Berdasarkan pengalaman tersebut, maka konsepsi dan implementasi optimalisasi sumberdaya air secara fisik dan ekonomis dapat dilakukan melalui: (1) kuantifikasi potensi sumberdaya air, (2) peningkatan kemampuan penyimpanan dan pendistribusian air, (3) pemanfaatan air untuk suplemen irigasi berdasarkan berdasarkan penentuan pola dan masa tanam komoditas yang akurat dengan didukung dengan sistem pemberian air irigasi yang tepat. Konsepsi tersebut perlu didukung dengan strategi operasionalisasi yang proporsional (Tabel 2).

Tabel 2. Konsep dan strategi operasional panen hujan dan aliran permukaan

No.	Masalah	Konsep	Strategi Operasional
1	Fluktuasi ketersediaan air yang tinggi	Mengatur distribusi air menjadi lebih merata	Mengkuantifikasi potensi sumberdaya air yang ada dan kapasitas tampung air aktualnya
2	Daya tampung air DAS yang rendah	Meningkatkan daya tampung alamiah dan artifisial	Menampung air saat kelebihan dan mendistribusikan saat kekurangan melalui pembuatan " <i>channel reservoir</i> ", embung sekaligus meningkatkan luas dan kerapatan vegetasi serta meminimalkan penutup tanah yang impermeable dalam DAS
3	Penggunaan air yang belum efisien	Mengatur pola dan masa tanam yang tepat, dengan interval dan takaran air irigasi yang optimal	Penentuan saat dan masa tanam serta perhitungan jumlah dan interval pemberian air irigasi
4	Nilai tambah air yang rendah	Meningkatkan nilai tambah air agar minat petani dalam panen hujan dan aliran permukaan meningkat	Memilih jenis komoditas yang bernilai ekonomi tinggi untuk meningkatkan pendapatan jangka pendek, menengah dan panjang

Menyimak kondisi sistem produksi lahan kering saat ini dan kemampuan rekayasa teknologi yang dimiliki, maka yang diperlukan saat ini adalah contoh konkrit implementasi panen hujan dan aliran permukaan di lapangan, sehingga pengembangan lahan kering untuk sistem usahatani dapat dilakukan secara berkelanjutan. Diseminasi hasil penelitian memegang peranan penting dan strategis. Agar diseminasi hasil penelitian dapat dilakukan dengan baik, maka pola diseminasi klasik selama ini dengan pencetakan leaflet dan brosur perlu diperbaiki dan ditingkatkan sistemnya agar dapat dihasilkan keluaran yang diharapkan.

Implementasi

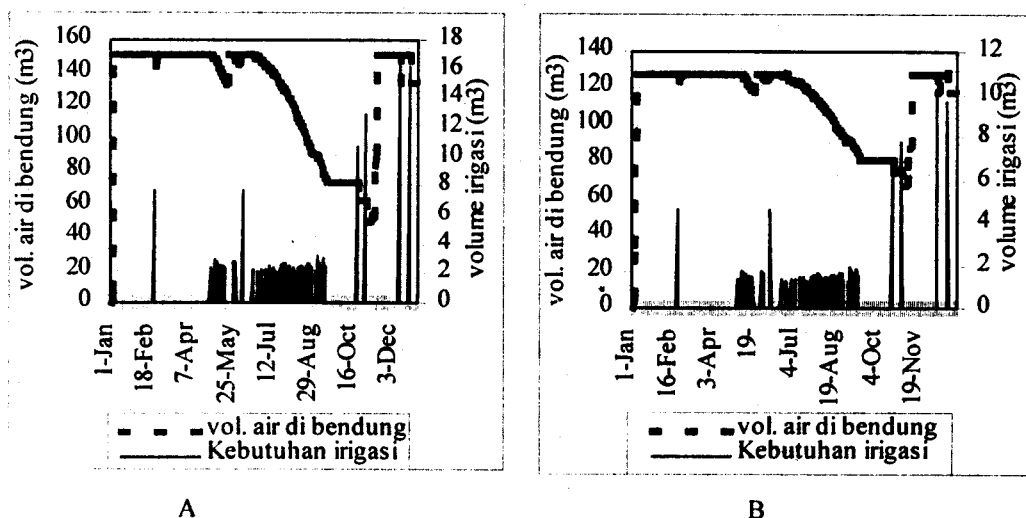
Berdasarkan pengalaman dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, peningkatan ketersediaan air menurut ruang (*spatial*) dan waktu (*temporal*) akan berdampak terhadap jumlah dan jenis komoditas yang dapat dibudidayakan. Umumnya terjadi perubahan pola tanam dari tanaman pangan ke komoditas hortikultura. Pengusahaan komoditas ini tentu membutuhkan tambahan air irigasi terutama pada awal musim kemarau, sehingga akan banyak menyerap tenaga kerja petani. Diversifikasi jenis dan jumlah komoditas yang diusahakan akan menghabiskan curahan tenaga kerja

petani pada komoditas tersebut. Oleh karena tenaga kerja petani sangat terbatas, maka hanya sebagian kecil saja lahan yang dapat dibudidayakan untuk komoditas hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi. Meskipun secara ekonomis dampak panen hujan dan aliran permukaan sangat menguntungkan, namun hasilnya belum optimal. Untuk itu diperlukan introduksi teknologi dalam mendistribusikan air yang lebih hemat tenaga kerja.

Kendala dalam implementasi panen hujan dan aliran permukaan lainnya adalah status kepemilikan lahan yang umumnya unik yaitu petani penggarap dan hanya sebagian kecil saja yang merupakan petani pemilik. Kondisi ini menyebabkan motivasi petani dalam adopsi dan pengembangan panen hujan dan aliran lebih rendah dibandingkan apabila statusnya adalah pemilik. Sistem budidaya klasik dengan ciri monokultur tanaman pangan seperti padi, ubi kayu atau jagung yang memberikan keuntungan rendah dengan risiko tinggi juga merupakan masalah penting yang menyebabkan pengembangan panen hujan dan aliran permukaan

belum seperti yang diharapkan. Untuk meningkatkan minat dan motivasi petani dalam pengembangan panen hujan dan aliran permukaan, maka diperlukan sistem usaha tani yang optimum berdasarkan kombinasi komoditas bernilai ekonomis yang sesuai untuk dibudidayakan.

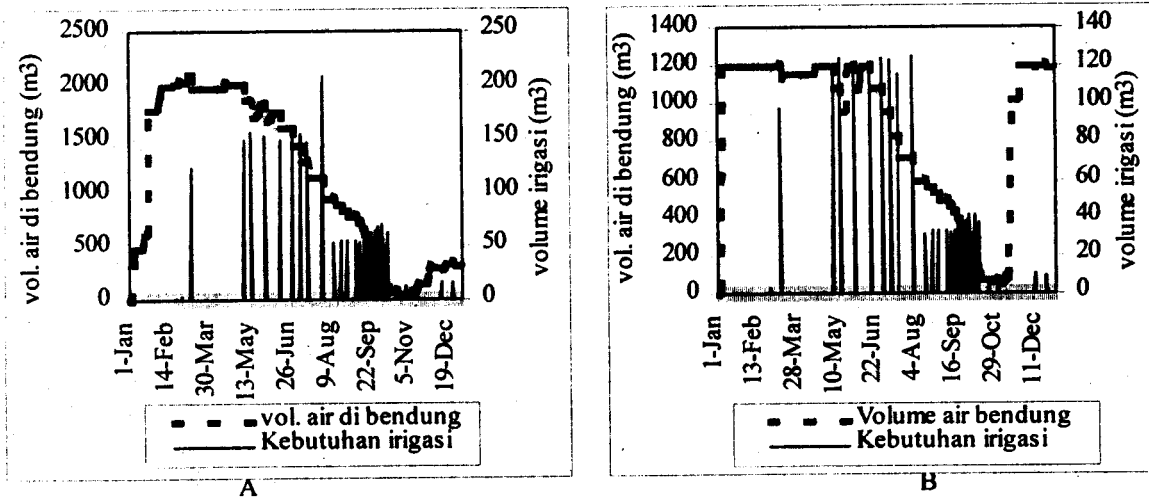
Sehubungan dengan manfaat ganda (*multiplier effect*) yang ditimbulkan dari panen hujan dan aliran permukaan sangat banyak dan tidak terbatas pada lahan kering, melainkan juga lahan sawah, rawa dan pantai yang ada di bagian bawahnya, maka pengembangan teknologi ini perlu didukung secara finansial dari ekosistem di bawahnya dengan komitmen yang memadai dari perencana, pengambil kebijakan dan pelaksana lapangan. Gambar 2 menyajikan pola ketersediaan air di dam parit/*channel reservoir* I dan II yang dibangun di DAS Bunder, Wonosari, yang jauh melebihi kebutuhan tanaman berdasarkan pola tanam awalnya. Dengan demikian masih terdapat peluang untuk mengubah pola tanam yang ada menjadi pola tanam lain yang dianggap lebih menguntungkan.



Gambar 2. Kebutuhan air irigasi berdasarkan pola tanam awal (padi gogo-kacang tanah-kacang panjang) sebelum ada dam parit (*channel reservoir*), dan ketersediaan air setelah dibangun 2 buah *channel reservoir* bertingkat (A= *channel reservoir* 1 ; B= *channel reservoir* 2).

Perubahan pola tanam awal (padi-kacang tanah-kacang panjang) ke pola tanam yang lebih menguntungkan (padi sawah – padi sawah - kacang tanah) sebagai konsekuensi peningkatan ketersediaan air disajikan pada Gambar 3. Dengan pola tanam baru

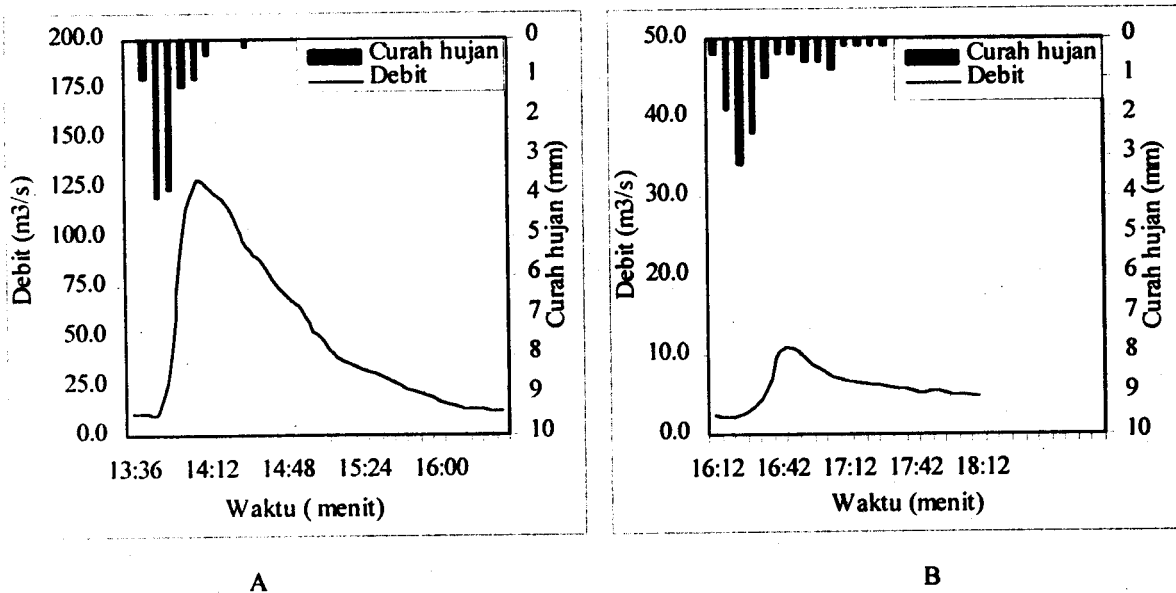
ternyata hampir seluruh kebutuhan air tanaman masih dapat dipenuhi, walaupun masih terdapat defisit air pada waktu relatif singkat di dam parit 1 dan 2 yaitu pada akhir bulan Juli.



Gambar 3. Kebutuhan air irigasi berdasarkan pola tanam yang lebih menguntungkan (padi-sawah-padi sawah-kacang tanah) setelah dibangun 2 buah *channel reservoir* bertingkat (A= *channel reservoir* 1; B= *channel reservoir* 2)

Pengaruh aplikasi panen hujan dan aliran permukaan terhadap karakteristik debit ditunjukkan dengan menurunnya debit puncak dan semakin lamanya air sungai mengalir akibat meningkatnya aliran dasar

(Gambar 4). Dari gambar ini dapat dilihat terjadinya penurunan debit puncak sebesar 90% dan perpanjangan waktu respon sebesar 6 menit.



Gambar 4. Hubungan curah hujan dan debit sebelum (a) dan sesudah (b) pembangunan dua buah *channel reservoir* bertingkat.

Di beberapa lokasi meningkatnya ketersediaan air di *channel reservoir* akibat adanya aliran dasar,

dimanfaatkan petani untuk memelihara ikan. Di lokasi DAS Bunder, ketersediaan air selain dapat memperbaiki

pola tanam juga dapat meningkatkan keragaman komoditas dan pendapatan petani lahan kering.

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan (1) Aplikasi teknologi panen hujan dan aliran permukaan melalui pembuatan *channel reservoir* dapat menurunkan debit puncak sebesar 90% dan memperpanjang waktu respon selama 6 menit. (2) terdapat perubahan pola tanam dari padi gogo - kacang tanah- kacang panjang menjadi padi sawah – padi sawah – kacang tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- De Roo, A.P.J., C.G. Wesseling, N.H.D.T. Cremers, R.J.E. Offermans, K. Van Dostindic. 1999. LISEM: A ew physically based hydrological and soil erosion model in a 615-Environment. Theory and Implementation. IAHS Publication No. 224. Proceeding of the Canberra Conference. 439-448p.
- Irianto, G. 2002a. Orang Jakarta tenggelamkan Jakarta. Harian Kompas tanggal 31 Januari 2002. hal 4.
- Irianto, G.. 2002b. Bawa waduk ke Gunung Kidul. Harian Kompas. 15 Februari 2002.
- Irianto, G. 2002c. Benarkah tahun 2002 akan terjadi el-Nino dengan intensitas lemah?. Harian Kompas tanggal 22 Juni 2002. Hal 10.
- Irianto, G. 2000. Rainfall-Runoff harvesting for improving upland agriculture productivity and controlling floods and droughts. Berita Biologi, 5 (1): 29-39.
- Irianto, G., J. Duchesne., F. Forest., P. Perez., C. Cudennec., T. Prasetyo, S. Karama. 2001. Rainfall and runoff harvesting for controlling erosion and sustaining upland agriculture development. Proceeding of the 10th International Soil Conservation Organization Conference, 23-28 May 1999, West Lafayette, Indiana USA
- Wisler, C.O., E.F. Brater. 1959. Hydrology. John Willey and Sons, Inc. N. Y. 408p.