

OPTIMASI PEMANFAATAN AIR DI DAERAH IRIGASI VAN DER WIJCK DENGAN PROGRAM FUZZY LINIER UNTUK USAHA TANI

OPTIMIZING UTILIZATION OF WATER IN VAN DER WIJCK IRRIGATION SYSTEM BY FUZZY LINEAR PROGRAMMING FOR FARMING SYSTEM

Sukarjo

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Tengah
Jln. Lasoso 62 Biromaru, Palu, Sulawesi Tengah 94364
e-mail: sukarjo@gmail.com

ABSTRACT

Van Der Wijck irrigation system was applied in Sleman and Bantul district of the Yogyakarta Special Province that has a 3,426.57 ha area. Van Der Wijck is a multipurpose irrigation system because water is used not only for growing crops, but also for sugarcane plantation and fish pond. Because the priority service is not clearly defined, conflicts among water users are easily occur. The aims of the study were (i) to compute and to predict the water availability both from rainfall and river flow, and (ii) to determine the use of the water in order to obtain optimum area of fish pond, sugarcane plantation, and other crops passed on discharge availability, seasonal water requirement, and farm profit. The results showed that the optimum areas for fish pond 17.2 ha and rice field 3,309.57, 2,409.57, and 1,909.57 ha for planting season I, II, and III, respectively. The optimum areas for sugarcane are 35 ha, which is exchangeable with rice area. The optimum area of upland crops for planting season I, II, and III are 100, 1,000, and 200 ha, respectively.

Keywords: *Irrigation systems, Fuzzy linier programming, Farming systems*

ABSTRAK

Daerah irigasi (DI) Van Der Wijck yang terletak di Kabupaten Sleman dan Bantul memiliki luas layanan 3,426.57 ha. DI Van Der Wijck merupakan DI multiguna karena irigasi tidak saja diperuntukkan bagi padi dan palawija, tetapi juga untuk kolam ikan dan tanaman tebu. Karena prioritas layanan tidak jelas, konflik antara pengguna air dapat dengan mudah terjadi. Tujuan penelitian ini adalah (i) menghitung dan meramalkan ketersediaan air dari curah hujan dan debit air sungai, dan (ii) menentukan penggunaan air yang tepat agar didapatkan luas areal yang optimum untuk kolam ikan, tanaman tebu, dan tanaman pertanian lainnya (padi dan palawija) atas dasar debit tersedia, kebutuhan air per musim, dan keuntungan usaha tani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas optimum untuk masing-masing komoditas, yaitu kolam ikan 17,2 ha sepanjang musim, padi 3.309,57 ha pada MT I, 2.409,57 ha pada MT II, dan 1.909,57 ha pada MT III, Tebu 35 ha di mana tebu dan padi bisa saling menggantikan luasannya serta palawija berturut-turut pada MT I, MT II, dan MT III yaitu 100 ha, 1.000 ha, dan 200 ha.

Kata Kunci: *Sistem irigasi, Program fuzzy linier, Usaha tani*

PENDAHULUAN

Berdasarkan pada Peraturan Pemerintah (PP) 20/2006,¹ irigasi berfungsi untuk mendukung produktivitas usaha tani guna meningkatkan

produksi pertanian dalam rangka ketahanan pangan nasional dan kesejahteraan masyarakat, khususnya petani, yang diwujudkan melalui keberlanjutan irigasi. Mengacu pada PP 20/2006¹

maka petani mempunyai keleluasaan untuk melakukan usaha tani yang mempunyai keuntungan finansial yang paling tinggi termasuk di dalamnya usaha tani kolam ikan.

Budi daya perikanan air tawar di Kabupaten Sleman terutama di daerah irigasi Van Der Wijck berkembang pesat sejak tahun 90-an. Hal ini tampak dari peningkatan luas lahan, produksi ikan, dan jumlah petani ikan. Dari data yang ada, luas area pemeliharaan ikan darat terutama kolam ikan di daerah irigasi Van Der Wijck mencapai 17.168 ha. Jumlah produksi ikan dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2004 produksi ikan konsumsi di Sleman mencapai 4.355,20 ton. Jumlah tersebut pada tahun 2005 meningkat menjadi 5.275,80 ton. Pada tahun 2006 produksi ikan konsumsi Sleman bertambah menjadi 6.458,39 ton. Mengingat sedemikian besarnya peluang dan potensi perikanan di wilayah Sleman maka tidak mengherankan apabila di Kabupaten Sleman pada saat ini terdapat 305 kelompok pembudi daya ikan dengan jumlah anggota sebanyak 8.409 orang.²

Keberhasilan Kabupaten Sleman dalam mengembangkan usaha pertanian disambut pemerintah Provinsi DIY dengan menunjuk Kecamatan Minggir merupakan bagian yang diairi dari daerah irigasi Van Der Wijck sebagai sentra pengembangan udang galah. Produksi udang galah di Sleman pada tahun 2006 mencapai 245.650 kg, sebanyak 79,88% dihasilkan oleh petani ikan di Minggir.²

Konsekuensi dari kebebasan petani dalam menentukan jenis usaha tani memberikan dampak terjadinya konflik kepentingan dalam pemanfaatan sumber air yang ada. Secara alamiah, tanpa pengaturan yang baik dari instansi pengelola irigasi maka petani pemanfaat sumber air yang berada di hulu ataupun yang mempunyai kekuatan finansial yang tinggi akan “menguasai” sumber air tersebut.

Fenomena konflik kepentingan pemanfaatan sumber air tersebut terjadi di daerah irigasi Van Der Wijck. Perkembangan pemanfaatan sumber daya air oleh petani lokal untuk perikanan keramba dan tambak disadari telah meningkatkan pemenuhan kebutuhan ekonomi petani. Akibatnya, terjadi peningkatan permintaan dan pemanfaatan air untuk keperluan keramba dan

tambak sehingga menyebabkan persaingan antara pengguna air. Persaingan dalam pemanfaatan sumber air tersebut mendatangkan krisis, baik dari segi kuantitas maupun kualitas terhadap air irigasi, dan kemudian mengancam kelangsungan pertanian beririgasi itu sendiri.

Mengacu pada permasalahan pemanfaatan air irigasi di daerah irigasi Van Der Wijck tersebut maka tujuan penelitian ini untuk

- 1) menghitung dan memprediksi ketersediaan sumber air dari curah hujan dan debit air sungai dan
- 2) menentukan penggunaan sumber air yang tepat agar didapatkan luas areal yang optimum khususnya penggunaan air untuk kolam ikan, tanaman tebu, dan tanaman pertanian lainnya (padi dan palawija) atas dasar debit tersedia, kebutuhan air per musim, dan keuntungan usaha tani.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian meliputi wilayah daerah irigasi Van Der Wijck yang masuk dalam kewenangan administratif Kabupaten Sleman dan Bantul. Penelitian dilaksanakan dari bulan Februari–Juli 2007. Data yang diambil meliputi data pola tanam, data produksi sawah dan kolam ikan, data curah hujan tahun 1997–2006, data debit aliran tahun 1997–2006, dan data analisis ekonomi pola tanam.

Optimasi pemanfaatan air digunakan program *fuzzy* linier,⁸ sehingga perlu dianalisis terlebih dahulu:

1. Konsistensi dan homogenitas data

- 1) Uji konsistensi data dilakukan dengan metode *Rescaled Adjusted Partial Sum (RAPS)*³ untuk mengetahui tingkat konsistensi data. Data disebut konsisten apabila $Q_{hitung} < Q_{tabel}$ dan $R_{hitung} < R_{tabel}$. Uji homogenitas data dilakukan dengan metode Kolmogorov-Smirnov (KS) untuk mengetahui tingkat keselarasan data.
- 2) Pembangkitan data curah hujan dan data debit ½ bulanan dengan model Thomas–Fiering.⁴ Nilai variat acak distribusi normal untuk membangkitkan data curah hujan dan data debit ½ bulanan diperoleh dari tabel yang tersedia.⁵

- 3) Uji validitas model bangkitan data.
- 4) Uji validitas model dilakukan dengan menguji data hasil pengamatan dan hasil bangkitan model dengan menggunakan uji t. Model dinyatakan valid apabila nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$.
- 5) Simulasi Optimasi Pemanfaatan Air dan Pola Tanam

Debit penyediaan di tingkat petak ditentukan oleh ketersediaan air irigasi, kebutuhan air tanaman, luas tanam, dan pola tanam yang ada. Kebutuhan air tanaman dipengaruhi oleh jenis tanaman, fase pertumbuhan, dan faktor lingkungan.^{6,7} Apabila diasumsikan bahwa kebutuhan air suatu jenis tanaman ($i = 1, 2, \dots, m$) ditanam pada tanggal tanam (t) akan mempunyai fase pertumbuhan tertentu ($j = 1, 2, \dots, n$). Kebutuhan air (Q) untuk suatu jenis tanaman (i) yang ditanam pada tanggal tanam (t) dan mencapai fase pertumbuhan atau umur tanaman (j) memerlukan pasok air sejumlah Q_{ijt} (l/dt/ha).

Tanaman (i) yang ditanam pada waktu (t) dengan luas areal tanam (X) memerlukan pasok air sebanyak:

$$Q_{ijt} \cdot X_t \dots\dots\dots 1$$

Dengan adanya asumsi yang dipergunakan pada Persamaan 1, hubungan antara pasok air dan ketersediaan air dinyatakan sebagai:

$$Q_{ijt} \cdot X_t < ATRS \text{ (air tersedia)} \dots\dots\dots 2$$

Total air tersedia dan dapat dipakai untuk mengairi areal yang seluas-luasnya terjadi apabila X_{it} mencapai kondisi maksimum. Adapun luas areal pertanaman maksimum dalam suatu daerah irigasi (L) ialah:

$$X_{it} < L \dots\dots\dots 3$$

Analisis keuntungan produksi diasumsikan sebagai berikut:

- a) Jika C_{it} , (Rp/ha) adalah keuntungan yang diperoleh untuk setiap jenis tanaman per musim;
- b) X_{it} (ha) adalah luas areal setiap komoditi per musim tanam pada tanggal tanam tertentu; untuk mencapai total keuntungan maksimum usaha tani per musim tanam adalah dengan memaksimalkan nilai C_{it} dan X_{it} . Dari hasil analisis data pendukung biaya usaha tani, penentuan luas tanam optimum dapat diselesaikan dengan pro-

gram linier. Fungsi-fungsi yang dimaksimumkan adalah sebagai berikut,

$$Z = \sum_{i=1}^m C_i \cdot X_i \dots\dots\dots 4$$

dengan,

$$t = 1, 2, 3, \dots, p$$

Z = keuntungan yang diperoleh dari pola tanam yang dilakukan dalam suatu musim tanam, Rp

C_{it} = keuntungan per hektare dari setiap jenis tanaman i yang ditanam pada waktu t dalam satu musim tanam, Rp/ha.

X_{it} = luas optimal dari setiap jenis tanaman i yang ditanam pada waktu t dalam satu musim tanam, ha.

Keputusan program linier yang dibuat pada lingkungan *fuzzy*, perlu memerhatikan bahwa (i) bentuk imperatif pada fungsi objektif tidak lagi benar-benar tegas maksimumkan atau minimumkan, karena adanya beberapa hal yang perlu mendapat pertimbangan dalam suatu sistem, dan (ii) tanda \leq pada kasus maksimasi dan tanda \geq pada kasus minimasi tidak lagi bermakna *crisp* secara matematis, namun sedikit mengalami pelanggaran makna. Hal ini juga disebabkan karena adanya beberapa yang perlu ditimbang dalam sebuah sistem yang mengakibatkan batasan tidak dapat didekati secara tegas.⁸

Program optimasi dengan *fuzzy* linier akan mencari suatu nilai z yang merupakan fungsi objektif yang akan dioptimalkan sedemikian sehingga tunduk pada batasan-batasan yang dimodelkan dengan menggunakan himpunan *fuzzy*. Pada kasus optimasi pemanfaatan air di daerah irigasi Van Der Wijck maka bentuk *fuzzy* dari persamaan dapat disusun kembali menjadi:

Maksimumkan λ

Dengan batasan:

$$- p_0 \lambda + C_{pi} X_{pi} + C_{te} X_{te} + C_{pa} X_{pa} + C_{ko} X_{ko} \geq Z \dots\dots\dots 5$$

$$(X_{pi} + X_{te} + X_{pa} + X_{ko})_t \leq L_t - p_L \dots\dots\dots 6$$

$$Q_{jt-pi} \cdot X_{t-pi} + Q_{jt-te} \cdot X_{t-te} + Q_{jt-pa} \cdot X_{t-pa} + Q_{t-ko} \cdot X_{t-ko} \leq ATRS - p_q \dots\dots\dots 7$$

$$\lambda, X, Q_j, L_i, ATRS > 0 \quad \dots\dots\dots 8$$

dimana

p_0 = selisih keuntungan jika aturan linier pemrograman dilanggar penuh dan ditaati penuh

p_L = toleransi luas lahan

p_Q = toleransi debit

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data dengan menggunakan metode *Rescale Adjusted Partial Sum* (RAPS) dilakukan terlebih dahulu, sebelum dilakukan pembangkitan data hujan dan data debit ½ bulanan. Data yang diuji merupakan jumlah hujan dan rerata debit tiap-tiap tahun selama 10 tahun (1997-2006). Perbandingan antara nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} hasil perhitungan dengan nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} dari tabel disajikan pada Tabel 1.

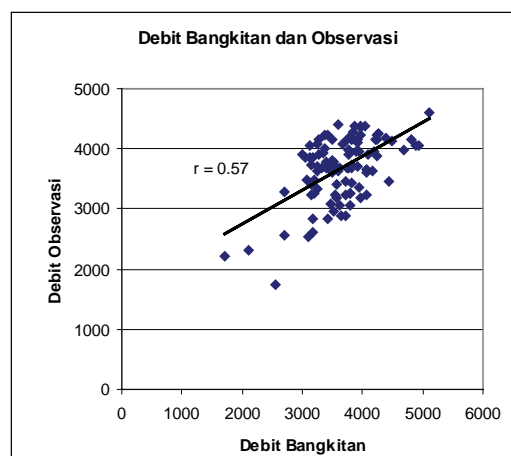
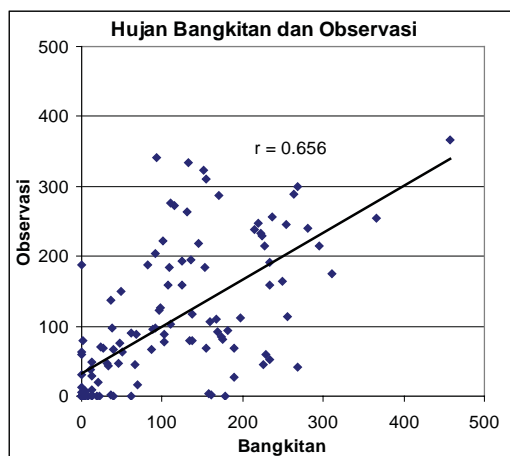
Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil perhitungan Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} baik data debit maupun data hujan lebih kecil dari nilai pada tabel se-

hingga data debit dan hujan dinyatakan konsisten. Uji homogenitas data menunjukkan bahwa nilai KS perhitungan 0,578 untuk data hujan dan 0,730 untuk data debit lebih kecil dari KS tabel yaitu 2,23. Dengan demikian, data hujan dan data debit di daerah irigasi Van Der Wijck selama tahun 1997 sampai 2006 adalah homogen.

Uji Validitas Model

Besarnya hujan bangkitan dan hujan observasi tahun 2002–2006 serta debit bangkitan dan debit observasi tahun 2002–2006 kemudian digambarkan dalam *scatter plot* untuk mengetahui keeratn hubungan antara data hasil bangkitan dengan data hasil observasi. Gambaran data hujan bangkitan dan data observasi hujan tahun 2002–2006 serta data debit bangkitan dan data debit observasi hujan tahun 2002–2006 disajikan pada Gambar 1 yang menunjukkan bahwa pola sebarannya berada di sekitar garis linier sehingga hubungan antara data observasi dan data prediksi cukup kuat.

Langkah selanjutnya yaitu pengujian validitas model untuk mengetahui apakah model Thomas-Fiering handal untuk membangkitkan



Gambar 1. (a) Grafik hujan bangkitan dan observasi tahun 2002 – 2006, (b) Grafik debit bangkitan dan observasi tahun 2002 – 2006

Tabel 1. Hasil Uji Konsistensi Data Hujan dan Debit

	Hasil perhitungan	Nilai pada tabel	Keterangan
Data Debit			
Q/\sqrt{n}	0,59	1,05	Konsisten
R/\sqrt{n}	1,04	1,21	Konsisten
Data Hujan			
Q/\sqrt{n}	0,71	1,05	Konsisten
R/\sqrt{n}	1,17	1,21	Konsisten

data tahun 2007–2011. Metode yang digunakan untuk menguji keandalan model yaitu uji t untuk data berpasangan pada tingkat kefidensi 95%. Model Thomas-Fiering dinyatakan handal untuk membangkitkan data apabila besarnya nilai t_{hitung} berada dalam daerah penerimaan hipotesis, yaitu $-t_{tabel(n-1; \alpha/2)} < t_{hitung} < t_{tabel(n-1, \alpha/2)}$. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa uji t untuk data tahun 2002 - 2006 dapat dilihat bahwa nilai t_{hitung} berada dalam daerah penerimaan hipotesis H_0 sehingga hipotesis diterima yaitu rata-rata hujan dan debit ½ bulanan bangkitan dan observasi secara statistik tidak berbeda nyata, dan model Thomas-Fiering dinyatakan handal untuk membangkitkan data hujan dan data debit pada tahun 2007–2011.

Berdasarkan uji koefisien korelasi (r) dari tahun 2002–2006 yang ditunjukkan pada Tabel 2, terlihat bahwa r_{hitung} lebih besar daripada r_{tabel} sehingga pada tingkat kepercayaan 95% kedua kelompok data memiliki korelasi yang kuat.

Uji koefisien korelasi (r) digunakan untuk melihat keeratan hubungan antara data observasi dan bangkitan. Pada tingkat kefidensi 95%, kedua data dinyatakan memiliki korelasi yang kuat apabila nilai r_{hitung} lebih besar daripada nilai r_{tabel} . Menurut Djarwanto dan Subagyo,⁹ apabila koefisien korelasi mendekati +1 atau -1 berarti terdapat hubungan yang kuat, sebaliknya apabila mendekati 0 berarti terdapat hubungan yang lemah atau tidak ada hubungan.

Optimasi Pemanfaatan Air

Saat musim tanam (MT) 1 yaitu pada periode Oktober 1–Februari 1, di mana ketersediaan air berlebihan optimasi penggunaan air lebih mengarah pada pemanfaatan air untuk budi daya

pertanian yang memberikan nilai ekonomi tinggi. Hal ini dikarenakan tingkat persaingan penggunaan air pada masing-masing *stakeholders* tidak ada karena jumlah air yang cukup melimpah.

Empat komoditas pertanian yang dibudidayakan di daerah irigasi Van Der Wijck, yaitu padi, tebu, palawija, dan kolam ikan. Kolam ikan memberikan keuntungan yang paling besar (sampai 10 kali lipat dari budi daya padi) sehingga hasil optimasi yang keluar akan selalu budi daya ikan saja. Pada MT 2 periode Februari 1–Juni 1 dan MT 3 periode Juni 1–Oktober 1 mulai terjadi persaingan dalam penggunaan air karena ketersediaan air yang lebih kecil dibandingkan dengan kebutuhannya. Saat optimasi, jika masing-masing *input* tidak dibatasi nilainya maka *input* yang memiliki konstanta fungsi tujuan paling besar akan mendominasi hasil optimasinya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dilakukan pembatasan luasan maksimal yang diperbolehkan untuk kolam ikan. Batas luasan kolam ikan yang dipergunakan merupakan luasan kolam pada saat ini sebesar 17,2 ha. Hasil analisis optimasi penggunaan air pada MT 1, MT 2, dan MT 3 pada saat kondisi ketersediaan air berada pada batas tertinggi toleransi dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil optimasi penggunaan air pada MT 1, MT 2, dan MT 3 pada kondisi ketersediaan air berada di batas terendah toleransi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3 dan Tabel 4 terlihat terjadi perbedaan kecukupan pemanfaatan air pada batas toleransi tertinggi dan terendah ketersediaan air. Karena pemanfaatan air yang paling memberikan keuntungan adalah penggunaan untuk budi daya kolam ikan maka terjadinya pergeseran penggunaan

Tabel 2. Hasil uji t dan uji r antara data curah hujan dan debit bangkitan dan observasi tahun 2002–2006

	Hujan	Debit	Keterangan
Uji t			
• Derajat kebebasan (n-1)	120	120	Model hujan dan debit handal untuk membangkitkan data
• Tingkat signifikansi (α)	0.05	0.05	
• t_{hitung}	0.195	-0.466	
• $t_{tabel(n-1; \alpha/2)}$	1.980	1.980	
Uji koefisien korelasi (r)			
• Derajat kebebasan (n-2)	120	111	Korelasi kuat
• Tingkat signifikansi (α)	0.05	0.05	
• r_{hitung}	0.665	0.57	
• $r_{tabel(n-1; \alpha/2)}$	0.174	0.174	

Tabel 3. Optimasi Penggunaan Air pada Kondisi Air Maksimal

Komoditas	MT 1 (ha)	MT 2 (ha)	MT 3 (ha)
Padi	3.309,57 ^{*)}	2.409,57 ^{*)}	1.909,57 ^{*)}
Tebu	35 ^{*)}	35 ^{*)}	35 ^{*)}
Palawija	100	1000	200
Kolam Ikan	17,2	17,2	17,2

^{*)} penggunaan lahan untuk tebu dan padi dapat saling menggantikan

Tabel 4. Optimasi Penggunaan Air pada Kondisi Air Minimal

Komoditas	MT 1 (ha)	MT 2 (ha)	MT 3 (ha)
Padi	2.209,57 ^{*)}	1.409,57 ^{*)}	1.909,57 ^{*)}
Tebu	35 ^{*)}	35 ^{*)}	35 ^{*)}
Palawija	1.200	1.900	1.500
Kolam Ikan	17,2	17,2	17,2

^{*)} penggunaan lahan untuk tebu dan padi dapat saling menggantikan

Tabel 5. Optimasi Penggunaan Air pada Kondisi Air Maksimal

Komoditas	MT 1 (ha)	MT 2 (ha)	MT 3 (ha)
Padi	3.046,57 ^{*)}	1.699,57 ^{*)}	1.909,57 ^{*)}
Tebu	35 ^{*)}	35 ^{*)}	35 ^{*)}
Palawija	350	1.700	1.500
Kolam Ikan	30	30	30

Keterangan ^{*)} penggunaan lahan untuk tebu dan padi dapat saling menggantikan

Tabel 6. Optimasi Penggunaan Air pada Kondisi Air Minimal

Komoditas	MT 1 (ha)	MT 2 (ha)	MT 3 (ha)
Padi	1.596,57 ^{*)}	1.409,57 ^{*)}	1.909,57 ^{*)}
Tebu	35 ^{*)}	35 ^{*)}	35 ^{*)}
Palawija	1.800	2.000	1.700
Kolam Ikan	30	30	30

Keterangan ^{*)} penggunaan lahan untuk tebu dan padi dapat saling menggantikan

air menuju ke kolam ikan akan menyebabkan terjadinya pergeseran keseimbangan agar proses budi daya dapat berjalan lancar. Dengan menggeser luasan kolam menjadi 30 ha maka optimasi penggunaan air berubah seperti ditunjukkan pada Tabel 5 untuk batas atas toleransi ketersediaan air dan Tabel 6 untuk batas bawah toleransi ketersediaan air.

Pada Tabel 5 dan 6 untuk mencapai keseimbangan antara ketersediaan dan pemanfaatan air maka penggunaan air yang bergeser menuju

kolam ikan akan diambilkan dari jatah air untuk budi daya padi sehingga luasan yang dapat ditanami padi akan berkurang. Untuk mencapai keseimbangan ini, maka perlu digeser penggunaan padi menuju palawija yang relatif lebih sedikit penggunaannya airnya.

Secara ekonomis pergeseran pemanfaatan air ini akan lebih menguntungkan, tetapi budaya petani yang lebih memilih budi daya padi (karena faktor biaya produksi rendah dan kemudahan budi daya) di samping budi daya tanaman lain

menyebabkan timbulnya konflik akibat perubahan pemanfaatan air tersebut. Arif *et al.*¹⁰ menyatakan bahwa di Daerah Irigasi Siman dengan pola pemanfaatan air yang sama menimbulkan terjadinya konflik antarpengguna air irigasi, dan petani ikan akan mempunyai posisi tawar lebih tinggi untuk memanfaatkan dan menguasai sumber air dibanding petani sawah karena komoditasnya lebih menguntungkan dan menarik investor. Oleh karena itu, perlu pertimbangan tidak hanya ekonomis semata dalam melakukan optimasi pemanfaatan air melainkan juga budaya dan teknologi petani dalam proses budi daya pertanian.

KESIMPULAN

Perhitungan dan prediksi curah hujan dan debit $\frac{1}{2}$ bulanan pada tahun 2007 sampai tahun 2011 di daerah irigasi Van Der Wijck dapat dibangkitkan dengan model stokastik Thomas-Fiering. Optimasi pemanfaatan air di daerah irigasi Van Der Wijck dengan program *fuzzy* linier optimal untuk usaha tani kolam ikan 17.2 ha sepanjang musim, padi 3.309.57 ha, 2409.57 ha, dan 1909.57 ha masing-masing untuk MT 1, MT 2, dan MT 3, tebu 35 ha setiap musim di mana tebu dan padi bisa saling menggantikan luasannya serta palawija berturut-turut pada MT 1, MT 2, dan MT 3, yaitu 100 ha, 1.000 ha, dan 200 ha.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Peraturan Pemerintah (PP) No. 20 Tahun 2006 tentang Irigasi
- ²Badan Pusat Statistik (BPS). 2006. *Kabupaten Sleman Dalam Angka*. Sleman: Badan Pusat Statistik.
- ³Garbrecht, J. and G.P. Fernandez. 1994. Visualization of trends and fluctuations in climatic records. *Water Resources Bulletin*, 30 (2): 297–306.
- ⁴Fiering, M.B. 1967. *Streamflow Synthesis*. Cambridge: Harvard University Press.
- ⁵Soewarno. 1995. *Hidrologi-Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid II*. Bandung: Nova.
- ⁶Dorenboos, J. and W.O. Pruitt. 1977. Crop Water Requirement, Irrigation and Drainage. *Irrigation and Drainage Paper no. 24*. Rome: FAO.
- ⁷Allen, R.G. Pereira, Luis S. Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration, Guidelines for Computing Crop Water Requirements. *Irrigation and Drainage Paper no. 56*. Rome: FAO.
- ⁸Kusumadewi, S. 2002. *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- ⁹Djarwanto dan Pangestu Subagyo. 1983. *Statistik Induktif*. Yogyakarta: BPFE.
- ¹⁰Arif, S.S., A. Prabowo, Puryanto, dan Djito. 2007. Pengembangan Konsep Sistem Operasi Dan Pemeliharaan (O&P) Daerah Irigasi Multiguna Dengan Membangun Komitmen untuk Berbuat Konsensus AntarPelaku: Sebuah Kasus di Jawa Timur. (<http://ejournal.unud.ac.id>., diakses 5 April 2010)

