



ALOKASI OPTIMUM KEBUTUHAN AIR UNTUK PERTANIAN DENGAN INOVASI TEKNOLOGI IRIGASI BERSELANG (*INTERMITTENT IRRIGATION*): STUDI KASUS DAS CITARUM, JAWA BARAT

Popi Rejekiningrum

Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor

popirejeki@yahoo.com

Tulisan ini menggambarkan pendekatan dalam upaya mencapai pembagian air secara optimal (*optimal water sharing*) berdasarkan prioritas untuk mencapai swasembada beras dan alokasi optimum kebutuhan air pertanian di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Jawa Barat. DAS tersebut sampai saat ini memiliki masalah kelangkaan air karena adanya perubahan penggunaan lahan yang sangat cepat dan penurunan ketersediaan air akibat berkurangnya curah hujan tahunan dari waktu ke waktu. Analisis *optimal water sharing* bertujuan untuk menentukan alokasi optimum guna memenuhi kebutuhan air untuk domestik, industri, dan pertanian. *Optimal water sharing* diprediksi dengan pendekatan optimasi kebutuhan air dan ketersediaan air dengan mengembangkan model *OptiWaSh*. Analisis *optimal water sharing* dapat memberikan kepastian dan jaminan untuk semua pengguna air bahwa air akan tersedia dalam jangka waktu lama. Hasil analisis menunjukkan bahwa apabila dilakukan sekali tanam padi maka sumber daya air di wilayah tersebut masih tersedia sampai dengan 2030 tapi setelahnya mulai terjadi persaingan ketat antar pengguna air, sehingga diperlukan tindakan preventif dalam waktu yang tepat. Salah satu upaya penting yang dilakukan adalah dengan menerapkan efisiensi penggunaan air sehingga dengan sumber daya air yang terbatas memberikan hasil panen yang lebih banyak. Upaya efisiensi sumber daya air di lahan sawah dilakukan dengan menerapkan irigasi berselang (*intermittent irrigation*). Solusi dalam mengamankan pasokan air untuk jangka waktu lebih lama perlu dilakukan dengan menerapkan dua metode irigasi yang berbeda (penggenangan terus-menerus dan irigasi berselang) dalam proporsi yang optimal. Melalui penerapan metode irigasi ini, pasokan air dapat memenuhi permintaan hingga tahun 2030, dimana sawah dengan penggenangan terus menerus menggunakan air 38,49%, sedangkan sawah dengan irigasi berselang hanya menggunakan 11,55%.

Kata Kunci: sumber daya air, kebutuhan air untuk pertanian, irigasi berselang, *optimal water sharing*

PENDAHULUAN

Dukungan irigasi terhadap usaha tani di Indonesia telah berlangsung sejak lama, bahkan sejak jaman kerajaan. Penduduk di Pulau Jawa telah mengembangkan sistem, irigasi sejak jaman kerajaan Hindu, jauh sebelum datangnya penjajah Belanda. Dengan mengembangkan pertanian beririgasi untuk tanaman padi, Kerajaan Majapahit dan Demak dikenal sebagai pengeksport beras. Selain di Pulau Jawa, di Pulau Bali juga terdapat bangunan irigasi yang diduga kuat dibangun jauh sebelum kedatangan para penjajah dan hingga kini bangunan tersebut masih banyak yang tetap berfungsi dengan baik walaupun telah mengalami beberapa kali perbaikan.

Selama masa program tanam paksa pada masa penjajahan Belanda telah dibangun jaringan-jaringan irigasi kecil dan sederhana dengan jumlah yang sangat besar yang dibangun sendiri oleh masyarakat di samping jaringan-jaringan irigasi yang berukuran lebih luas yang pembangunannya dibantu atau dilaksanakan oleh pemerintah. Sebagai gambaran, luas daerah irigasi teknis pada tahun 1885 tahun menjelang berakhirnya program tanam paksa mencapai sekitar 210.000 hektar.

Pembangunan irigasi pada periode ini dianggap merupakan awal dari perkembangan teknik dan pembangunan pengairan, khususnya irigasi di Indonesia.

Saat ini, pengelolaan air yang efektif di bidang pertanian sangat krusial, tidak hanya untuk suplai air dalam volume dan waktu yang tepat tetapi untuk memastikan bahwa sumber daya air tersebut tersedia untuk kebutuhan sehari-hari lainnya bagi para pemangku kepentingan. Di lokasi penelitian, sumber daya air yang tersedia terutama digunakan untuk: 1) lingkungan, 2) rumah tangga, 3) pertanian, dan 4) industri yang menggunakan air sebagai bahan baku, termasuk industri air minum. Dengan perkembangan penduduk dan ekonomi serta dengan keterbatasan sumber daya air maka usaha pertanian harus meminimalkan penggunaan air tetapi pada saat yang sama harus meningkatkan hasil sebagai upaya untuk meningkatkan produktivitas air tersebut. Dengan demikian, usaha pertanian harus menemukan cara yang efektif untuk mengurangi penggunaan air tanpa menurunkan produktivitasnya. Akhir-akhir ini, irigasi berselang merupakan pilihan yang menjanjikan untuk mengurangi penggunaan air untuk pertanian dan telah menjadi perhatian dunia (Dong, 1999; Massey, 2009; Setiawan, dkk, 2011). Ketika irigasi berselang diaplikasikan pada lahan sawah melalui *System of Rice Intensification* (SRI), maka efisiensi air meningkat secara signifikan (Uphoff dan Kassam, 2011; Hasan dan Sato, 2007, Lin *et al.*, 2011; Setiawan, dkk, 2011). Penelitian ini menerapkan metode irigasi berselang untuk meminimalkan penggunaan air dalam produksi padi.

Selanjutnya Joubert (2009) menyatakan bahwa potensi irigasi berselang menjadi sebuah nilai lebih bagi pengelolaan irigasi. Penghematan air yang dilakukan melalui irigasi berselang menjadi tindakan adaptasi dari kondisi ketersediaan air saat ini. Selain itu, pengurangan emisi CH_4 (metan) yang dihasilkan dari penerapan irigasi berselang menjadi suatu tindakan mitigasi dari salah satu dampak negatif budidaya padi pada lahan sawah beririgasi. Lebih lanjut dikemukakan bahwa Indonesia sebagai negara agraris memiliki lahan sawah beririgasi seluas 7,49 juta ha. Dengan cara pemberian irigasi secara terus-menerus (*countinuous flow*) akan dibutuhkan jumlah air irigasi hampir 3% dari jumlah ketersediaan air di Indonesia tiap tahunnya. Namun melalui penerapan irigasi berselang dapat memberikan potensi penghematan air di tingkat lahan sawah sampai sebesar 45% dan di tingkat tersier sampai 33% tanpa menurunkan produktivitas. Selain itu kondisi ini terbukti dapat menekan emisi gas rumah kaca khususnya CH_4 dari lahan sawah dengan potensi penurunan sampai dengan 62% dibandingkan dengan cara irigasi terus-menerus.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung optimalisasi pemanfaatan air untuk memenuhi kebutuhan air untuk domestik, pertanian, dan industri, dalam rangka pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dengan menggunakan model

optimasi dengan skenario pemanfaatan air melalui aplikasi irigasi berselang dan penggenangan terus-menerus.

Pengairan berselang (*intermittent irrigation*) adalah pengaturan kondisi lahan dalam kondisi kering dan tergenang secara bergantian. Kondisi seperti itu ditujukan antara lain untuk :

- Menghemat air irigasi sehingga areal yang dapat diairi menjadi lebih luas
- Memberi kesempatan pada akar tanaman untuk mendapatkan udara sehingga dapat berkembang lebih dalam
- Mengurangi timbulnya keracunan besi
- Mengurangi penimbunan asam organik dan gas H₂S yang menghambat perkembangan akar
- Mengaktifkan jasad renik mikroba yang menghambat
- Mengurangi kerebahan
- Mengurangi jumlah anakan yang tidak produktif (tidak menghasilkan malai dan gabah)
- Menyeragamkan pemasakan gabah dan mempercepat waktu panen
- Memudahkan pembedaan pupuk ke dalam tanah (lapisan olah)
- Memudahkan pengendalian hama keong mas, mengurangi penyebaran hama wereng coklat dan penggerek batang, dan mengurangi kerusakan tanaman padi karena hama tikus

METODOLOGI

Pengumpulan Data

Penelitian ini mengambil lokasi di DAS Citarum, Jawa Barat dan menggunakan dua jenis data, data primer dan data sekunder. Peneliti mengumpulkan data primer melalui pengamatan langsung di lapangan dan data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan dari dinas terkait dengan penelitian. Data sekunder merupakan data *time series* dari tahun 1990-2010. Data yang dikumpulkan adalah: (1) jumlah penduduk, (2) luas lahan sawah, (3) volume air untuk industri, (4) iklim harian, (5) debit sungai, (6) debit mata air, (7) peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), (8) peta geologi dan hidrogeologi.

Pada penelitian ini peneliti telah mengembangkan perangkat lunak optimasi yang dinamakan *OptiWaSh*. Dengan menggunakan perangkat lunak optimasi ini, peneliti mengolah semua data primer dan sekunder untuk mendapatkan ketersediaan air dan kebutuhan air (domestik, industri, dan pertanian). Dalam studi ini, pembagian air didefinisikan sebagai skema pemanfaatan sumber daya air oleh pengguna air di DAS.

Penghitungan Ketersediaan Sumber Daya Air

Berdasarkan persamaan neraca air di DAS, maka ketersediaan sumber daya air dihitung menurut persamaan berikut

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \alpha_R R - \alpha_{ET} ET_a - Q \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- S = simpanan air di profil tanah,
- R = curah hujan,
- ET_a = evapotranspirasi aktual,
- Q = limpasan permukaan atau debit sungai,
- α = faktor koreksi
- t = waktu

Dalam upaya untuk menghemat air di permukaan tanah maka gradien penyimpanan air perlu diminimalkan sedemikian rupa sehingga persamaan menjadi:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = 0 \rightarrow Q = \alpha_R R - \alpha_{ET} ET_a \quad \dots\dots\dots (2)$$

Persamaan berikut menyatakan ketersediaan air:

$$Q_{AW} = \begin{cases} Q - Q_{mn} & Q > Q_{mn} \\ 0 & Q \leq Q_{mn} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Dimana,

- Q_{AW} = ketersediaan sumber daya air
- Q_{mn} = debit sungai minimal tercatat dalam periode yang ditentukan

Dalam studi ini, pengguna air terdiri dari empat kategori, yang didasarkan pada prioritas yaitu: (1) domestik, (2) pertanian, (3) industri umum, dan (4) industri air. Industri umum menggunakan air sebagai bahan penunjang sedangkan industri air menggunakan air sebagai bahan baku.

Penghitungan Pasokan Air

Karena air untuk domestik merupakan prasyarat maka pasokan air tersedia didistribusikan kepada pengguna air lainnya menjadi:

$$Q_T^S \geq Q_{AW} - Q_P^D \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dimana,

- S = pasokan
- D = permintaan
- T = total
- P = populasi

Pasokan air total yang tersedia dikirimkan ke tiga kegiatan harus memenuhi persamaan berikut:

$$Q_T^S \geq Q_T^D = Q_{AG}^E + Q_{GI}^D + Q_{WI}^D \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dimana,

- AG = pertanian
- GI = industri umum
- WI = industri air

Penghitungan Kebutuhan Air untuk Domestik (Rumah Tangga)

Kebutuhan air sehari-hari untuk domestik bervariasi menurut tempat, usia penduduk dan aktivitas pada kisaran 80-185 liter/kapita (BAPPENAS, 2006). Redjekiningrum (2011) menggunakan nilai rata-rata 144 liter/kapita untuk menghitung kebutuhan air sehari-hari penduduk di lokasi studi. Selanjutnya, Redjekiningrum (2011) memperkirakan jumlah penduduk dengan menggunakan model Verhulst berikut:

$$P = P_0 \left[1 + \left(\frac{P_\infty}{P_0} - 1 \right) e^{-\gamma t} \right]^{-1} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Dimana,

- P = penduduk
- 0 = awal
- ∞ = angka tak terbatas
- γ = parameter yang ditentukan
- t = waktu.

Berdasarkan persamaan di atas, maka kebutuhan air domestik dihitung menggunakan persamaan:

$$Q_P^D = 144P \quad \dots\dots\dots (7)$$

Penghitungan Kebutuhan Air untuk Pertanian

Kebutuhan air untuk pertanian atau dalam hal ini adalah sawah yang direpresentasikan oleh fungsi hasil berikut (Allen, *et.al.*, 1990):

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m} \right) = \beta \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right) \quad \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

- Y = hasil
- ET = evapotranspirasi
- β = koefisien sensitifitas air-hasil
- ET_a = evapotranspirasi aktual
- ET_m = evapotranspirasi maksimum

Koefisien sensitivitas air-hasil menunjukkan nilai yang berbeda untuk pengelolaan air yang berbeda.

Setiawanet *al.* (2011) melaporkan nilai riil yang bervariasi dengan pengelolaan air, tetapi pada skala kecil dengan nilai rata-rata adalah sekitar 1,285. Persamaan berikut mewakili kebutuhan air pertanian.

$$Q_{AG}^D = (1 + \delta) \sum_{i=1}^{ni} ET_a \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

- δ = kehilangan air (%),
- i = indeks musim tanam dalam setahun
- ni = jumlah musim tanam dalam setahun

Kehilangan air irigasi dari saluran tersier ke sawah bervariasi tergantung pada tipe iklim, kanal, pengelolaan air. Di daerah penelitian, kehilangan air adalah pada nilai tengah sekitar 35% yang terutama disebabkan oleh penguapan, rembesan dan perkolasi dalam.

Penghitungan Kebutuhan Air untuk Industri

Industri umum terdiri dari industri kecil, menengah dan besar masing-masing memiliki kebutuhan air yang berbeda. Kebutuhan air untuk setiap industri dapat diperoleh dari data sekunder dan tren di masa depan yang dapat diperkirakan menggunakan model ekstrapolasi. Persamaan berikut menghitung kebutuhan air untuk industri umum di lokasi:

$$Q_{GI}^D = \sum_j^{nj} Q_{GI,j}^D \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

- j = indeks industri
- nj = jumlah industri, dimana $nj=3$

Penghitungan Kebutuhan Air untuk Lingkungan

Kebutuhan air untuk lingkungan termasuk kebutuhan air yang wajib adanya (*committed flow*). Penggunaan air ini untuk keperluan transportasi, penggelontoran kota, pengisian danau, pemeliharaan sungai, dan sebagainya. Beberapa penelitian menghitung kebutuhan air untuk lingkungan berdasarkan aliran minimum di sungai yang memberikan suatu tingkat perlindungan untuk lingkungan akuatik.

Kebutuhan untuk lingkungan dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_{GL(t)}^D = Q_{\min(t)} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Q_{GL}^D &= \text{kebutuhan air untuk lingkungan} \\ Q_{\min} &= \text{aliran minimum} \\ t &= \text{waktu} \end{aligned}$$

Optimal Water Sharing

Prioritas utama pembagian air secara optimal adalah untuk memenuhi kebutuhan domestik. Prioritas kedua adalah pengalokasian air yang wajar untuk menghasilkan makanan yang cukup atau beras untuk penduduk dengan menerapkan pengelolaan air yang lebih efisien. Prioritas ketiga adalah pengalokasian air untuk industri umum, dan prioritas terakhir adalah pengalokasian air sebagai bahan baku untuk industri air. Persamaan berikut menyatakan suatu sistem persamaan linear yang digunakan untuk menentukan alokasi air optimal

Fungsi Obyektif

$$0 \leq \epsilon = |Q_T^S - Q_T^D| \leq TOL \quad \dots\dots\dots (12)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \epsilon &= \text{kesalahan mutlak} \\ TOL &= \text{kesalahan yang dapat ditoleransikan} \end{aligned}$$

Fungsi Kendala:

$$Q_{AG}^D \geq Q_{AG, \min}^D \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$Q_{AG}^D = Q_{CF}^D + Q_{IT}^D \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$A_{AG}^D = A_{CF}^D + A_{IT}^D \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$A_{CF}^D = \alpha_{CF} A_{AG}^D; A_{IT}^D = \alpha_{IT} A_{AG}^D \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$\alpha_{CF} + \alpha_{IT} = 1 \quad \dots\dots\dots (17)$$

$$Q_{GL, \min}^D \leq Q_{GI}^D < (Q_T^S - Q_{AG}^D) \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$Q_{WI, \min}^D \leq Q_{WI}^D < (Q_T^S - Q_{AG}^D - Q_{GI}^D) \quad \dots\dots\dots (19)$$

Dimana:

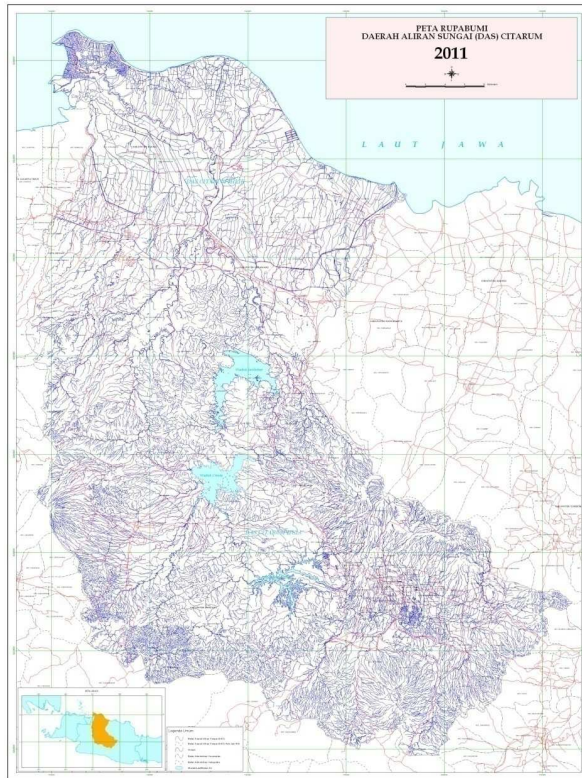
$$\begin{aligned} A &= \text{luas lahan sawah} \\ Mn &= \text{kebutuhan air minimum} \\ CF &= \text{lahansawah konvensional dengan penggenangan terus-menerus} \\ IT &= \text{lahansawah dengan } \textit{intermittent irrigation} \text{ (irigasi berselang)} \end{aligned}$$

α = koefisien proporsional atau mengubah parameter yang perlu untuk menentukan proses optimasi.

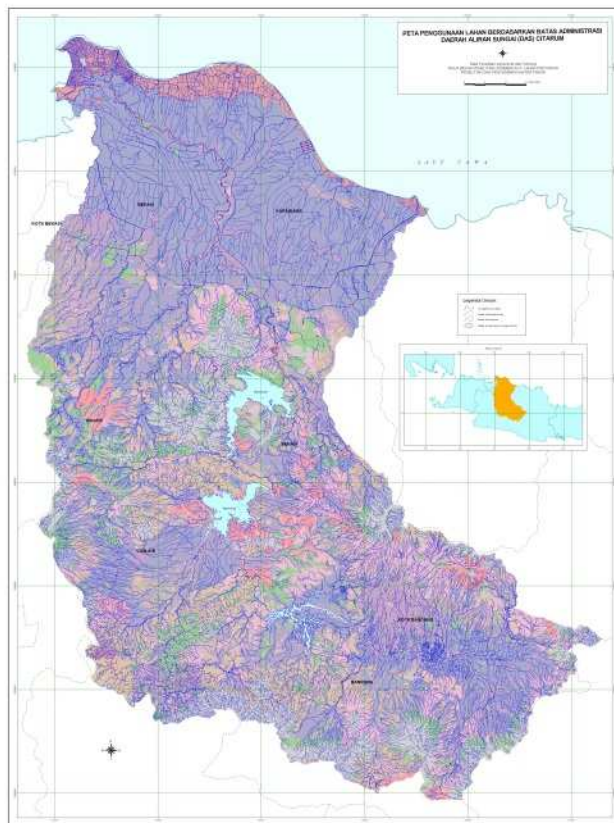
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Wilayah

Sungai Citarum merupakan salah satu dari tiga sungai besar di Indonesia dengan total luas daerah aliran sungai mencapai 4550 km², dan berkontribusi besar dalam pemasokan air yang ditampung oleh tiga buah waduk besar yaitu waduk Cirata, Saguling dan Jatiluhur dengan kapasitas tampung masing-masing sebesar 800, 600 dan 2100 juta meter kubik (MCM) (Gambar 1). Variasi luas sub-sub DAS Citarum berkisar antara 27.81 km² hingga 1739,97 km². Penggunaan lahan di DAS Citarum didominasi oleh lahan beririgasi seluas 16,3066 ha (23.14%), diikuti oleh tegalan palawija seluas 155,067 (22.01%), dan hutan seluas 94,568 ha (13,42%)(Gambar 2). Debit air maksimum Sungai Citarum pada stasiun pengamatan hidrologi Nanjung mencapai 329.9 m³/dt pada periode ulang 2 tahun dan 644.9 m³/dt pada periode ulang 100 tahun. Sedangkan debit air minimum mencapai 8.3 m³/dt pada periode ulang 2 tahun dan 0.95 m³/dt pada periode ulang 100 tahun. DAS Citarum memainkan peran penting dalam memenuhi kebutuhan air untuk pertanian, aktivitas industri, pembangkit listrik serta kebutuhan domestik di beberapa daerah di Jawa Barat. Secara geografis, DAS Citarum mencakup wilayah yang sangat luas, terbentang pada koordinat 106° 55' – 108° 00' Bujur Timur dan 5° 54' – 7° 15' Lintang Selatan. DAS Citarum hulu merupakan wilayah DAS Citarum yang secara alami memasok sumberdaya air, kawasan ini mencakup wilayah Kabupaten Bandung, Cianjur dan Purwakarta yang mempunyai titik keluaran akhir di bendung Curug dari waduk Jati Luhur. DAS Citarum Hilir mencakup wilayah Kabupaten Purwakarta, Karawang, Bekasi, Subang, dan Indramayu.



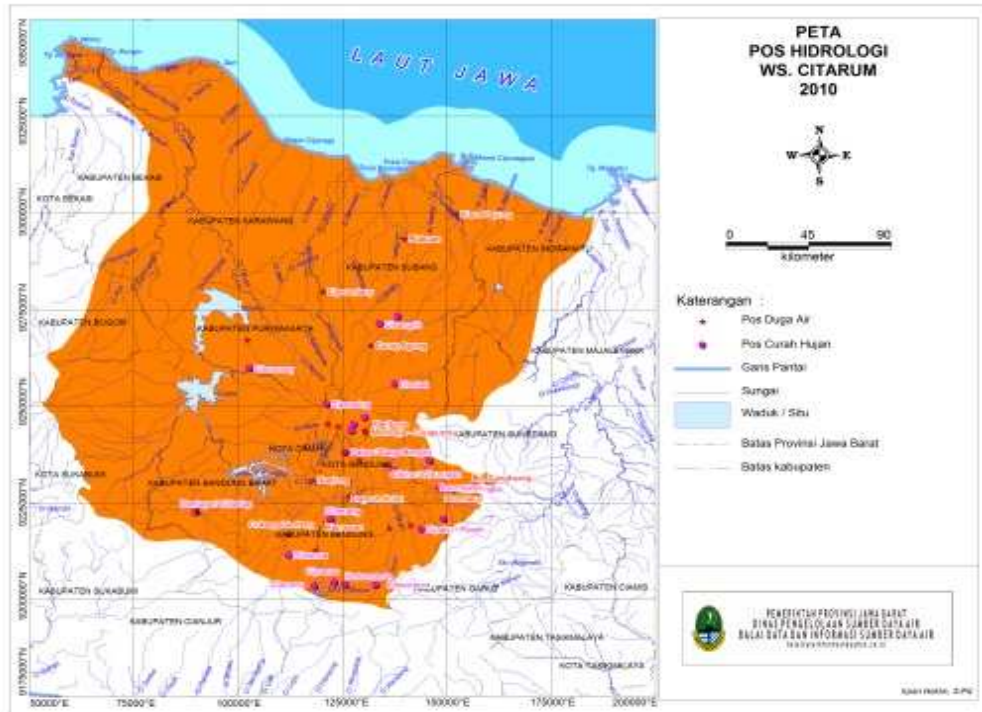
Gambar 1. Peta topografi DAS Citarum



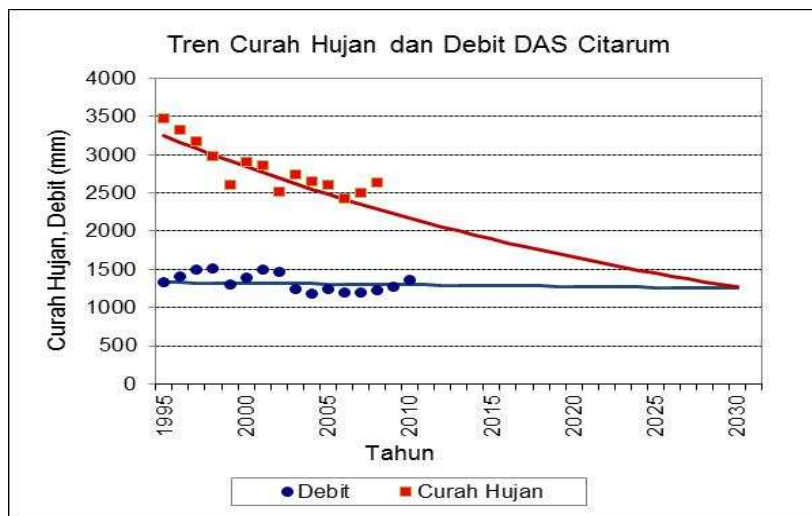
Gambar 2. Peta penggunaan lahan DAS Citarum tahun 2010

Kondisi Iklim dan Hidrologi

Berdasarkan metode Mann-Kendal, curah hujan dan evapotranspirasi telah menunjukkan penurunan yang signifikan selama periode 1990 – 2010, yang berpengaruh terhadap penurunan debit air dan penyimpanan air di lapisan tanah (Gambar 4). Selama periode ini, neraca air menunjukkan gradien negatif.



Gambar 3. Peta stasiun pengamatan curah hujan dan debit



Gambar 4. Curah hujan dan debit sungai

Gambar 4 menunjukkan tren curah hujan dan debit sungai seperti diperkirakan oleh Persamaan 6. Curah hujan dan debit sungai mengalami penurunan yang signifikan.

Ketersediaan dan Kebutuhan Air

Tabel 1 menyajikan hasil perhitungan ketersediaan air dan kebutuhan air untuk lingkungan, domestik, pertanian (irigasi konvensional), dan industri. Pada Tabel 2 merupakan hasil perhitungan ketersediaan air dan kebutuhan air untuk lingkungan, domestik, pertanian (irigasi *intermittent*), dan industri

Gambar 5 menunjukkan kebutuhan air untuk pertanian, lingkungan, domestik, industri umum dan industri air. Air dialokasikan untuk lingkungan adalah untuk menjaga mata air, air tanah dan debit sungai minimum. Redjekiningrum (2011) telah melaporkan ketersediaan air permukaan, mata air dan air tanah dengan cara inventarisasi data dan simulasi menggunakan model Tangki (Setiawan *et al.*, 2003); Setiawan *et al.*, 2007). Kebutuhan air untuk pertanian dan lingkungan sangat tinggi dibandingkan dengan untuk domestik, industri umum dan industri air. Tampaknya kebutuhan air di masa mendatang dari tiga komponen tersebut tidak menghambat kebutuhan air pertanian. Sedangkan penggunaan air yang berlebihan untuk pertanian dapat mengancam penggunaan lainnya. Untuk itu, pengelolaan air yang tepat di sektor pertanian menjadi sangat penting.

Tabel 1. Ketersediaan dan kebutuhan air pada irigasi terus-menerus di DAS Citarum

Th	Ketersediaan (m ³)	Kebutuhan (m ³)				Total Kebutuhan (m ³)
		Lingkungan	Domestik	Pertanian (irigasi konvensional)	Industri	
2010	10,671,680,223	42,797,577	926,806,890	4,108,012,710	395,236,284	5,472,853,461
2011	10,679,365,046	43,163,938	940,120,740	4,105,918,720	398,546,912	5,487,750,311
2012	10,683,623,679	43,399,753	952,222,673	4,104,093,660	400,677,261	5,500,393,347
2013	10,686,003,018	43,550,919	963,222,157	4,102,490,568	402,044,601	5,511,308,245
2014	10,687,344,019	43,647,603	973,219,890	4,101,072,663	402,921,431	5,520,861,587
2015	10,688,106,658	43,709,373	982,308,078	4,099,810,713	403,483,811	5,529,311,975
2016	10,688,544,353	43,748,823	990,570,901	4,098,681,183	403,844,815	5,536,845,723
2017	10,688,797,836	43,774,023	998,085,063	4,097,664,908	404,076,847	5,543,600,841
2018	10,688,945,934	43,790,128	1,004,920,350	4,096,746,129	404,226,212	5,549,682,819
2019	10,689,033,195	43,800,428	1,011,140,187	4,095,911,776	404,322,525	5,555,174,916
2020	10,689,085,022	43,807,020	1,016,802,151	4,095,150,932	404,384,741	5,560,144,845
2021	10,689,116,034	43,811,244	1,021,958,473	4,094,454,419	404,425,005	5,564,649,141
2022	10,689,134,719	43,813,953	1,026,656,488	4,093,814,476	404,451,112	5,568,736,029
2023	10,689,146,048	43,815,692	1,030,939,070	4,093,224,512	404,468,070	5,572,447,344
2024	10,689,152,957	43,816,810	1,034,845,026	4,092,678,898	404,479,106	5,575,819,840
2025	10,689,157,192	43,817,529	1,038,409,464	4,092,172,811	404,486,302	5,578,886,106
2026	10,689,159,801	43,817,993	1,041,664,133	4,091,702,098	404,491,002	5,581,675,225
2027	10,689,161,414	43,818,292	1,044,637,734	4,091,263,171	404,494,078	5,584,213,275
2028	10,689,162,416	43,818,485	1,047,356,209	4,090,852,920	404,496,094	5,586,523,708
2029	10,689,163,040	43,818,609	1,049,843,003	4,090,468,633	404,497,418	5,588,627,663
2030	10,689,163,430	43,818,690	1,052,119,301	4,090,107,942	404,498,289	5,590,544,221

Tabel 1 menunjukkan bahwa potensi ketersediaan air DAS Citarum pada periode 2010-2030 berkisar antara $10.671.710.793\text{m}^3$ – $10.689.163.430\text{m}^3$. Adapun kebutuhan air untuk lingkungan pada periode 2010-2030 pada berkisar antara $42.797.577\text{m}^3$ – $43.818.690\text{m}^3$, kebutuhan air domestik berkisar antara $926.806.890\text{m}^3$ – $1.052.119.301\text{m}^3$, kebutuhan air industry berkisar antara $395.236.284\text{m}^3$ – $404.498.289\text{m}^3$, kebutuhan air pertanian pada irigasi terus-menerus berkisar antara $4.108.012.710\text{m}^3$ – $4.090.107.942\text{m}^3$, dan pada irigasi berselang berkisar antara $1.232.403.813\text{m}^3$ – $1.227.032.383\text{m}^3$.

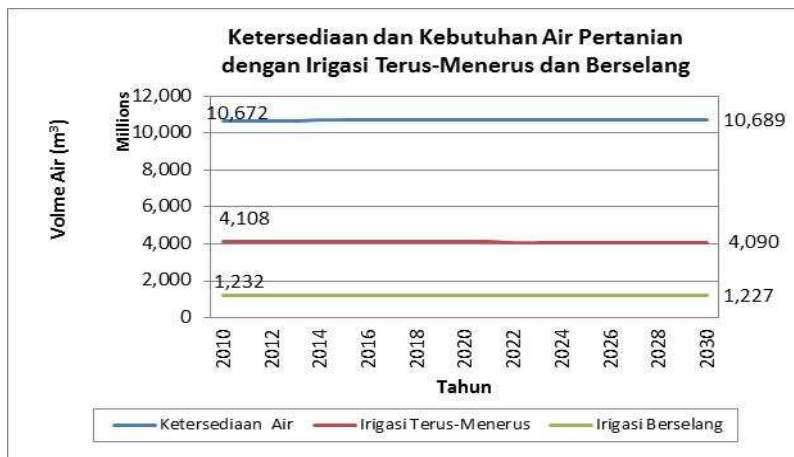
Secara rinci Gambar 6 menunjukkan grafik ketersediaan sumber daya air dan kebutuhan air untuk dua pengelolaan air yang berbeda yaitu sawah konvensional dengan penggenangan terus menerus dan sawah konvensional dengan irigasi berselang. Karena sawah dengan penggenangan terus menerus mengkonsumsi air terbesar maka ketersediaan air yang tersedia menurun tajam. Irigasi berselang adalah teknologi sederhana yaitu memberikan air dalam interval waktu tertentu dengan penggenangan di permukaan tanah sebesar 5-10 cm kemudian berkurang selama 7-10 hari (Dong, 1999; Lin *et al.*, 2011, Massey, 2009).

Tabel 2. Ketersediaan dan kebutuhan air pada irigasi berselang di DAS Citarum

Th	Ketersediaan (m^3)	Kebutuhan (m^3)				Total Kebutuhan (m^3)
		Lingkungan	Domestik	Pertanian(irigasi <i>intermittent</i>)	Industri	
2010	10,671,680,223	42,797,577	926,806,890	1,232,403,813	395,236,284	2,597,244,564
2011	10,679,365,046	43,163,938	940,120,740	1,231,775,616	398,546,912	2,613,607,206
2012	10,683,623,679	43,399,753	952,222,673	1,231,228,098	400,677,261	2,627,527,785
2013	10,686,003,018	43,550,919	963,222,157	1,230,747,170	402,044,601	2,639,564,847
2014	10,687,344,019	43,647,603	973,219,890	1,230,321,799	402,921,431	2,650,110,723
2015	10,688,106,658	43,709,373	982,308,078	1,229,943,214	403,483,811	2,659,444,476
2016	10,688,544,353	43,748,823	990,570,901	1,229,604,355	403,844,815	2,667,768,895
2017	10,688,797,836	43,774,023	998,085,063	1,229,299,472	404,076,847	2,675,235,405
2018	10,688,945,934	43,790,128	1,004,920,350	1,229,023,839	404,226,212	2,681,960,529
2019	10,689,033,195	43,800,428	1,011,140,187	1,228,773,533	404,322,525	2,688,036,673
2020	10,689,085,022	43,807,020	1,016,802,151	1,228,545,280	404,384,741	2,693,539,193
2021	10,689,116,034	43,811,244	1,021,958,473	1,228,336,326	404,425,005	2,698,531,048
2022	10,689,134,719	43,813,953	1,026,656,488	1,228,144,343	404,451,112	2,703,065,895
2023	10,689,146,048	43,815,692	1,030,939,070	1,227,967,354	404,468,070	2,707,190,185
2024	10,689,152,957	43,816,810	1,034,845,026	1,227,803,669	404,479,106	2,710,944,611
2025	10,689,157,192	43,817,529	1,038,409,464	1,227,651,843	404,486,302	2,714,365,138
2026	10,689,159,801	43,817,993	1,041,664,133	1,227,510,629	404,491,002	2,717,483,757
2027	10,689,161,414	43,818,292	1,044,637,734	1,227,378,951	404,494,078	2,720,329,055
2028	10,689,162,416	43,818,485	1,047,356,209	1,227,255,876	404,496,094	2,722,926,664
2029	10,689,163,040	43,818,609	1,049,843,003	1,227,140,590	404,497,418	2,725,299,620
2030	10,689,163,430	43,818,690	1,052,119,301	1,227,032,383	404,498,289	2,727,468,662



Gambar 5. Kebutuhan air periode 2000-2020



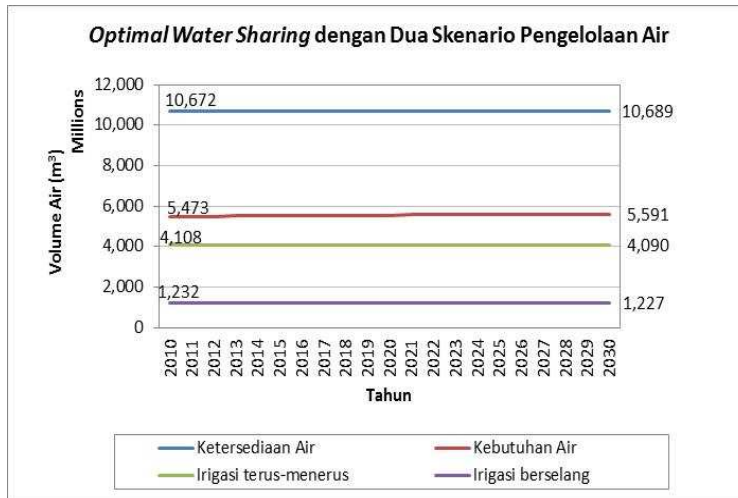
Gambar 6. Ketersediaan dan kebutuhan air periode 2000-2030

Optimal Water Sharing

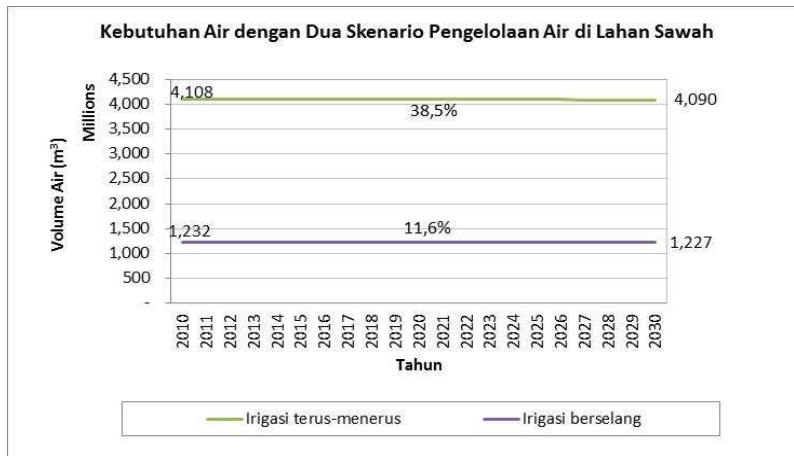
Salah satu upaya untuk mengantisipasi konflik penggunaan air adalah dengan menerapkan *optimal water sharing* (pembagian air secara optimal) seperti sebelumnya disarankan oleh Redjekiningrum (2011). Dalam laporan tersebut, *water sharing* bisa memberikan kepastian ketersediaan air untuk semua pengguna air untuk jangka waktu yang lama meskipun padi dibudidayakan di dua musim secara bertahap dengan menerapkan pengelolaan irigasi berselang.

Salah satu solusi yang mungkin untuk mengamankan pasokan air untuk jangka waktu lebih lama, sampai tahun 2030, dua metode irigasi yang berbeda diaplikasikan dalam proporsi yang optimal. Dalam skenario ini, pasokan air dapat memenuhi permintaan hingga 2030, dimana lahan sawah dengan penggenangan terus menerus membutuhkan air 38,5% dan sawah dengan irigasi berselang membutuhkan 11,6%.

Dengan demikian, untuk mendapatkan pasokan air jangka panjang, sangat penting untuk menerapkan irigasi berselang (Gambar 7 dan 8).



Gambar 7. Optimal water sharing dengan dua skenario pengelolaan air



Gambar 8. Kebutuhan air untuk dua skenario pengelolaan air di lahan sawah

KESIMPULAN

1. Potensi ketersediaan air DAS Citarum pada periode 2010 – 2030 berkisar antara $10.671.710.793\text{m}^3$ – $10.689.163.430\text{m}^3$.
2. Kebutuhan air untuk lingkungan pada periode 2010-2030 berkisar antara $42.797.577\text{m}^3$ – $43.818.690\text{m}^3$, kebutuhan air domestik berkisar antara $926.806.890\text{m}^3$ – $1.052.119.301\text{m}^3$, kebutuhan air industri berkisar antara $395.236.284\text{m}^3$ – $404.498.289\text{m}^3$, kebutuhan air pertanian pada irigasi dengan penggenangan terus-menerus berkisar antara $4.108.012.710\text{m}^3$ – $4.090.107.942\text{m}^3$, dan pada irigasi berselang berkisar antara $1.232.403.813\text{m}^3$ – $1.227.032.383\text{m}^3$.
3. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan aplikasi irigasi berselang, maka penggunaan air untuk padi sawah lebih efisien. Sawah dengan penggenangan terus menerus menggunakan air 38,49%, sedangkan sawah dengan irigasi berselang hanya menggunakan air 11,55%. Dengan irigasi konvensional alokasi air optimal untuk pertanian dengan sekali tanam mencapai 70%-80%, sedangkan dengan irigasi berselang hanya berkisar antara 40% - 50%.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R.G., Jensen, M.E. and Burman, R.D.. 1990. *Evapotranspiration and irrigation water requirement*. ASCE Manual and Report on Engineering Practice, no 70. American Society of Civil Engineers, New York, USA.
- BAPPENAS. 2006. *Prakarsa Strategis Pengelolaan Sumber Daya Air untuk Mengatasi Banjir dan Kekeringan di Pulau Jawa: Strategi Pengelolaan Sumber Daya Air di Pulau Jawa*.
- Dong, B. 1999. *Study on Environmental Implication of Water Saving Irrigation in Zhanghe Irrigation System*. The project report submitted to Regional Office for Asia and the Pacific, FAO.
- Hasan, M. and Sato, S.. 2007. *Water Saving for Paddy Cultivation under the System of Rice Intensification (SRI) in Eastern Indonesia*. Jurnal Tanah dan Lingkungan, Vol. 9 No.2, Oktober 2007:57-62.
- Joubert, M. D. 2009. *Potensi Irigasi Terputus Terhadap Penghematan Air dalam Menjawab Perubahan Iklim Global*. Makalah disampaikan pada Workshop Irigasi Intermittent (Open House Balai Irigasi). Balai Irigasi, Puslitbang SDA Balitbang Dep. PU.
- Lin, X., Zhu, D., and Lin, X. 2011. *Effects of water management and organic fertilization with SRI crop practices on hybrid rice performance and rhizospheredynamics*. Paddy Water Environ (2011) 9:33–39.
- Massey, J.H. 2009. *Water Quality-Quantity Issues in Mid-South Rice Production*. USEPA Region 6. Agricultural Issues Seminar Series. 26 May 2009.
- Uphoff, N., Kassam, A., Harwood, R. 2011. *SRI as a methodology for raising crop and water productivity: productive adaptations in rice agronomy and irrigation water management*. Paddy Water Environ (2011) 9:3–11.
- Rejekiningrum, P. 2011. *Development of Water Allocation Model for Supporting Optimal Water Sharing: A Case of Cicatih-Cimandiri Watershed, District of Sukabumi, West Java*. Dissertation. The Graduate School of Bogor Agricultural University.
- Setiawan, B.I., Saptomo S.K., Sofiyuddin H.A., and Gardjito. 2011. *Wireless Automatic Irrigation to Enhance Water Management in Sri Paddy Field*. Proceeding of Regional Symposium on Engineering & Technology: "Opportunities and Challenges for Regional Cooperations in Green Engineering and Technology". Kuching, Serawak, Malaysia, 21-23 November 2011.