

# jTEP

## JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 7, No. 3, Desember 2019



Publikasi Resmi  
**Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia**  
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)  
bekerjasama dengan  
**Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA**  
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

## Penanggungjawab:

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB  
Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

## Dewan Redaksi:

Ketua : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)  
Anggota : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)  
(*editorial board*) Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)  
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)  
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)  
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)  
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)  
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)  
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)  
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)  
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)  
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)  
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)  
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)  
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)  
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)  
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)  
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)  
Nanik Purwanti (Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc Food Research Center Irlandia)  
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)  
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)  
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)  
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)  
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)  
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)  
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)  
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)  
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

---

**Redaksi Pelaksana:**

Ketua : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, IPB University)  
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, IPB University)  
Bendahara : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)  
Anggota : Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, IPB University)  
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)  
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)  
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)  
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, IPB University)  
Agus Ghautsun Niam (Scopus ID: 57205687481, IPB University)  
Administrasi : Diana Nursolehat (IPB University)

**Penerbit:** Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

**Alamat:** Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: [jtep@ipb.ac.id](mailto:jtep@ipb.ac.id) atau [jurnaltep@yahoo.com](mailto:jurnaltep@yahoo.com)  
Website: [web.ipb.ac.id/~jtep](http://web.ipb.ac.id/~jtep) atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

**Rekening:** BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

**Percetakan:** PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

---

## Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 7 No. 3 Desember 2019. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Nugroho Tri Waskito, MP (Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang), Dr. Ardiansyah, S.TP, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman), Dr. Ridwan Rahmat (Balai Penelitian Pasca Panen Cimanggu), Prof.Dr.Ir. Budi Indra Setiawan, M.Agr. (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Sutrisno M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Wawan Hermawan, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Dyah Wulandani, MSi (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Slamet Widodo, S.TP, M.Sc (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Liyantono, S.TP, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor)

---

*Technical Paper*

**Optimisasi Alokasi Sumberdaya Air di DAS Cicatih, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat**

*Optimization on Water Resource Allocations in Cicatih Watershed, Sukabumi Regency, West Java*

Roh Santoso Budi Waspodo, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Email: rohsbw@yahoo.com

Siti Komariah, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Email: houseofmentari.ve@gmail.com

Vita Ayu Kusuma Dewi, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Email: dr.vita15@gmail.com

**Abstract**

*The used of water in Indonesia for various using disposed exceed water supply. One of the efforts to optimize limited water resources is optimisation watershed management with linear programming. Identification of surface water potential in Cicatih watershed, especially in sub-watershed of upper Cicatih, Cibojong river, estimate using GR4J model. This research using discharge data from PLTA Ubrug. Springwater identified based on data from DISTAMBEN. The observation discharge average in Cibojong river was 246 l/s/day and based on GR4J model was 2752 l/s/day. Available discharge was 56241 l/s/day. Grow of the population estimated by exponent method, industry and irrigation area with regression linear. Software Lingo 8.0 was used to help optimize of wáter resources in Cicatih watershed. Based on the result, in 2025, 12 industries and 15784 ha area get the wáter allocation from surface water. About 1083817 people and 75402 ha area get from springwáter. The cost to access surface wáter is higher than in other sectors. It causes the industry to gets an allocation from surface wáter.*

**Keywords:** *Cibojong river, Citatih watershed, spring water, surface water*

**Abstrak**

Penggunaan air di Indonesia untuk berbagai keperluan pembuangan telah melebihi pasokan air yang ada. Salah satu upaya untuk mengoptimalkan sumberdaya air yang terbatas yaitu optimasi pengelolaan daerah aliran sungai dengan pemrograman linier. Identifikasi potensi air permukaan di DAS Cicatih terutama di sub DAS Cicatih Hulu, Sungai Cibojong diperkirakan dengan model GR4J. Penelitian ini menggunakan data debit dari PLTA Ubrug. Mata air diidentifikasi berdasarkan data dari DISTAMBEN (Dinas Pertambangan dan Energi). Rata-rata debit Sungai Cibojong dalam satu hari yaitu 246 l/detik/hari berdasarkan model GR4J dan 2752 l/detik/hari. Debit mata air yang tersedia yaitu 56241 l/detik. Pertumbuhan populasi diperkirakan dengan metode eksponen, industri, dan daerah irigasi dengan regresi linier. Software Lingo 8.0 digunakan untuk membantu mengoptimalkan sumber daya air di DAS Cicatih. Hasil penelitian menunjukkan pada tahun 2025, sebanyak 12 industri dan luas 150784 ha mendapatkan alokasi air dari sumber air permukaan. Sekitar 1083817 orang dan wilayah seluas 75402 ha mendapatkan dari mata air. Biaya untuk memperoleh air permukaan lebih tinggi dari sector lain. Sehingga industri mendapatkan pelayanan air permukaan.

**Kata Kunci:** Air permukaan, DAS Citatih, mata air, sungai Cibojong

*Diterima: 14 Agustus 2019; Disetujui: 6 November 2019*

## Latar Belakang

Indonesia akan mengalami krisis air pada tahun 2025 disebabkan kelemahan dalam pengelolaan sumberdaya air (WWF II). Salah satu indikasinya adalah pemakaian air yang kurang efisien (Pawitan 2003). Sosiawan dan Subagyono (2007) menyatakan bahwa sektor pemukiman atau rumah tangga, industri dan pertanian berperan penting dalam menentukan alokasi sumberdaya air. Keberhasilan alokasi sumberdaya air yang optimum sangat tergantung pada pengelolaan daerah aliran air (DAS) secara terpadu.

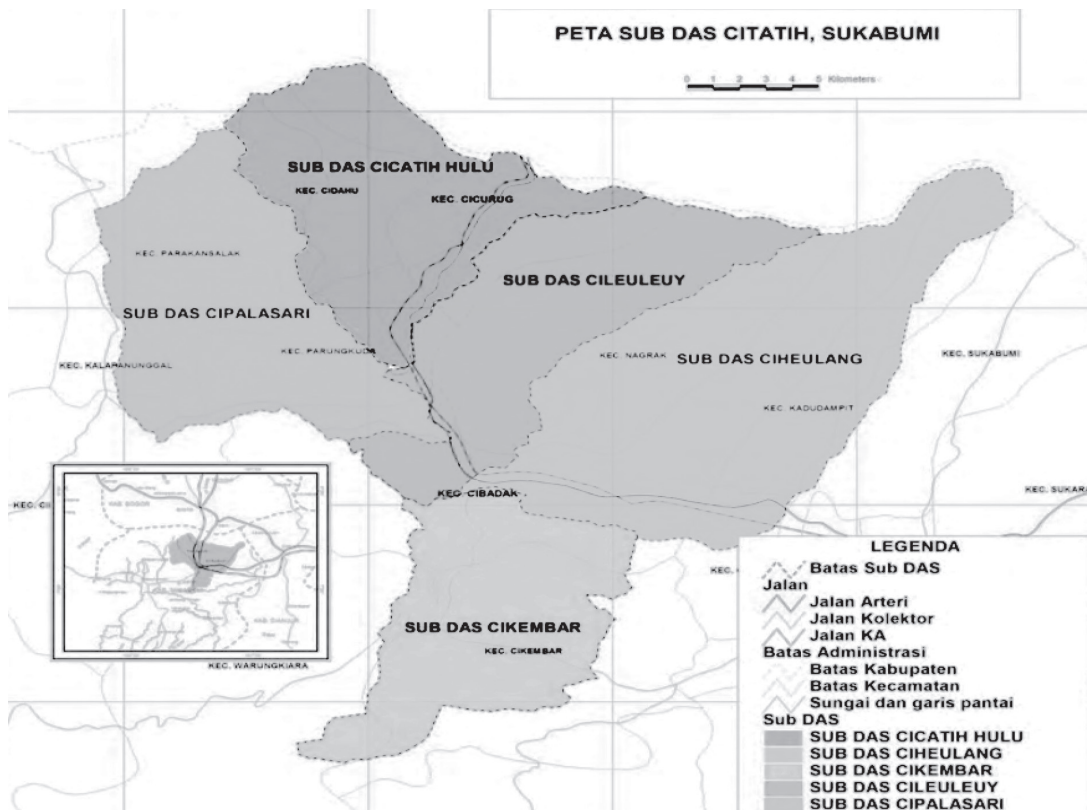
DAS Cicatih yang terletak di Kabupaten Sukabumi dikenal sebagai penyuplai air baku bagi banyak industri air minum dalam kemasan (AMDK). Khususnya, Sub DAS Cicatih Hulu, yang secara administratif berada di Kecamatan Cidahu, melayani 18 industri AMDK dengan sebagian besar arealnya merupakan perkebunan dan pertanian. Sementara ini, terjadi pula konversi lahan seiring perkembangan sektor lainnya yang konsumsi airnya pun semakin meningkat sehingga menimbulkan persaingan dalam pemanfaatan sumberdaya air.

Peningkatan jumlah penduduk serta dengan semakin beragamnya aktivitas masyarakat selalu menuntut alokasi sumberdaya air yang semakin meningkat pula. Peningkatan kebutuhan air di setiap sektor berpotensi menekan pasokan air yang tersedia menimbulkan konflik antar sektor (Pawitan et al. 2008). Sektor pemukiman/rumah tangga, industri dan pertanian berperan dalam pengalokasian sumberdaya air. Di antaranya, pertanian (sawah) diketahui sebagai pengguna terbesar air.

Sebagai ilustrasi, untuk mengairi sawah seluas 1 ha dalam dua musim tanam setiap tahun dibutuhkan air sekitar 40 ribu m<sup>3</sup>. Sedangkan kebutuhan air manusia, menurut pedoman pembekalan air (Tejoyuwono 2006), untuk rumah tangga di Indonesia, sekitar 86 liter per hari atau 31.5 m<sup>3</sup> pertahun. Dengan demikian, kebutuhan air setiap 1 ha sawah setara dengan kebutuhan air bersih 1300 orang. Persaingan ini akan bertambah ketat mengingat meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan taraf hidup masyarakat (Sanim 2003).

Pemrograman Linier (*Linear Programming, LP*) merupakan salah satu metode analisis dalam riset operasional (*operational research, OP*) yang sering digunakan untuk optimisasi variabel atau parameter dalam suatu sistem. LP digunakan mengkuantifikasi hubungan antar variabel ke dalam bentuk sistem persamaan matematik linier guna mengalokasikan sumberdaya yang terbatas untuk mencapai tujuan tertentu, misalnya memaksimalkan keuntungan dan/ atau meminimalkan biaya (Miadah 2006).

Salah satu upaya untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumberdaya air yang terbatas dan kebutuhan yang semakin meningkat adalah dengan pengalokasian sumberdaya air dalam satuan wilayah DAS menggunakan LP untuk mencukupi kebutuhan domestik, industri dan pertanian secara proporsional dalam jangka panjang. Tujuan penelitian ini adalah: 1) mengetahui ketersediaan air dari berbagai sumber di DAS Cicatih; 2) mengetahui kebutuhan air berbagai sektor yang bersumber dari DAS Cicatih; dan 3) menentukan alokasi air dari DAS Cicatih bagi berbagai sektor secara optimal dalam jangka panjang.



Gambar 1. Peta DAS Cicatih.

## Metodologi

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di DAS Cicatih yang merupakan sub-DAS dari DAS Cimandiri terletak antara 106°39'8"-106°57'30" BT dan 6°42'54"-7°00'43" LS dengan luas 52979 ha atau 529.79 km<sup>2</sup>. DAS ini secara administratif berada dalam Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. DAS ini terdiri dari lima Sub-DAS, yaitu Sub-DAS Ciheulang, Sub-DAS Cileuleuy, Sub-DAS Cicatih Hulu, Sub-DAS Cipalasari dan Sub-DAS Cikembar. Peta DAS Cicatih disajikan pada Gambar 1.

### Tahapan Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi lima tahap sebagai berikut. Pada tahap pertama dilakukan pengumpulan data sekunder, yaitu peta rupa bumi, data jumlah penduduk dan luas tanah sawah, data iklim (curah hujan, evapotranspirasi, kecepatan angin, kelembaban udara, suhu udara rata-rata dan radiasi matahari), data tinggi muka air sungai, data industri, harga dasar air untuk industri dan domestik, dan data mata air di daerah penelitian (Kartiwa dan Rejekiuningrum 2007). Pada tahap kedua dilakukan perhitungan ketersediaan air berdasarkan pada data mata air dan tinggi muka air. Pada tahap ketiga dilakukan penghitungan kebutuhan air domestik (penduduk), industri dan pertanian (sawah). Pada tahap keempat dilakukan proyeksi kebutuhan air penduduk berdasarkan pada pertumbuhan jumlah penduduk, dan industri serta pertanian. Tahap kelima dibuat model persamaan matematika linier dan optimisasi variabel dengan fungsi tujuan untuk mengalokasikan air kepada para pengguna air secara proporsional sesuai dengan kebutuhan pada tahun 2020 dan 2025.

### Perhitungan Ketersediaan Air

Ketersediaan air permukaan berupa aliran sungai dihitung berdasarkan data tinggi muka air yang diperoleh dari data AWLR dan kecepatan airnya yang diukur langsung menggunakan *current meter* pada suatu titik yang posisi geografisnya diukur menggunakan GPS (*Global Positioning System*). Profil melintang sungai dan kecepatan arus pada beberapa tinggi muka air diukur pada titik ujung Sub-DAS Cicatih hulu di Sungai Cibojong. Hubungan debit dan tinggi air (*rating curve*) kemudian diestimasi menggunakan persamaan regresi.

Model GR4J digunakan untuk menggambarkan fluktuasi aliran (Perrin 2000) yang memberikan informasi ketersediaan air di Sub-DAS Cicatih Hulu. Selain itu, digunakan juga data debit rata-rata yang diperoleh dari PLTA Ubrug di ujung DAS Cicatih. Perhitungan potensi mata air dilakukan dengan menjumlahkan data debit mata air dari BPSDA Cisadea-Cimandiri dan DISTAMBEN Kabupaten Bogor.

### Proyeksi Kebutuhan Air

Proyeksi kebutuhan air menunjukkan perkiraan jumlah kebutuhan air di masa mendatang berdasarkan

dari data saat ini (Adam *et al.* 2018). Kebutuhan air dihitung dengan mengalikan jumlah pengguna, yaitu penduduk, industri dan luas lahan beririgasi dengan kebutuhan airnya masing-masing. Mengingat hampir seluruh wilayah penelitian ini merupakan areal pedesaan, tidak diperhitungkan kebutuhan air untuk perkotaan. Kebutuhan air domestik diambil nilai rata-rata kebutuhan air 60 liter/kapita/hari (Winrock 1992). Kebutuhan air untuk industri berdasarkan kebutuhan industri kecil dimana sebagai penopang ekonomi rakyat dengan rata-rata pemakaian air 50 m<sup>3</sup>/hari. Kebutuhan air sawah beririgasi selama satu musim tanam sebesar 1.7 liter/detik/ha (Ananda 2003). Proyeksi jumlah penduduk menggunakan metode persamaan eksponensial yang direkomendasikan di dalam buku Pedoman Perencanaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai (Dirjen Sumber Daya Air 2001) dengan persamaan sebagai berikut.

$$P_t = P_0 e^{rt} \quad (1)$$

Dimana,  $P_t$  adalah populasi pada tahun ke- $t$  (orang),  $P_0$  adalah populasi pada tahun awal (orang),  $r$  adalah koefisien laju pertumbuhan (1/tahun), dan  $t$  adalah waktu (tahun). Proyeksi jumlah industri dan luas sawah beririgasi disestimasi menggunakan persamaan regresi dengan bantuan *software* Mini Tab.

### Optimisasi Alokasi Sumberdaya Air

Optimisasi ditujukan untuk memaksimalkan keuntungan dari pengalokasian air permukaan dan air mata air kepada ketiga pengguna utama, yaitu domestik, industri kecil dan sawah beririgasi sesuai dengan kebutuhannya masing-masing. Noerhayati *et al.* (2017) menyatakan pemrograman Linier dapat digunakan untuk mengoptimasi keuntungan. Metode simpleks yang terdapat dalam *software* Lingo 8 digunakan untuk memperoleh solusi yang optimum (Hariyanto 1987) berdasarkan pada persamaan linier sebagai berikut:

#### Fungsi tujuan :

$$Z = \sum \sum P_{ij} \cdot X_{ij} \quad (2)$$

Keterangan :

$P$  = Harga air (Rp/liter).

$X$  = Jumlah pengguna air.

$i$  = indeks sumber air (air permukaan dan air mata air).

$j$  = indeks pengguna air (domestik, industri, dan pertanian).

#### Fungsi kendala :

$$\sum \sum K_i \cdot C_{ij} \cdot X_{ij} \leq Q1 \quad (3)$$

Keterangan :

$C$  = Kebutuhan air masing-masing sektor.

$K$  = Persentase penggunaan air setiap sektor pengguna.

$X$  = Jumlah pengguna setiap sektor.

$Q$  = Ketersediaan (debit) air permukaan, dan air mata air.

Atau jika dijabarkan akan menjadi :

$$\begin{aligned} K11.C11.X11 + K12.C12.X12 + K13.C13.X13 &\leq Q1; \\ K21.C21.X21 + K22.C22.X22 + K23.C23.X23 &\leq Q2 \end{aligned} \quad (4)$$

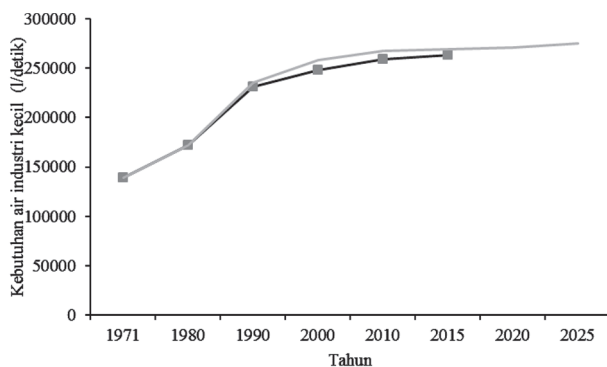
Keterangan :

- C11 = C21 = Kebutuhan air penduduk (0.000694 l/dtk)
- C12 = C22 = Kebutuhan air industri kecil (0.58 l/dtk)
- C13 = C23 = Kebutuhan air irigasi (0.09 l/dtk)
- X11 = X21 = Jumlah pengguna untuk domestik.
- X12 = X22 = Jumlah pengguna untuk industri.
- X13 = X23 = Jumlah pengguna untuk pertanian.
- K11 = K21 = Persentase pemakaian air untuk domestik (8%).
- K12 = K22 = Persentase pemakaian air untuk domestik (10%).
- K13 = K23 = Persentase pemakaian air untuk domestik (82%).
- Q1 = Debit air permukaan rata-rata bulanan selama setahun.
- Q2 = Debit air mata air

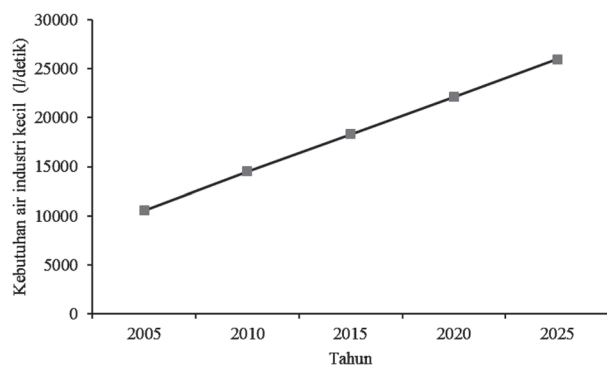
### Hasil dan Pembahasan

#### Proyeksi Kebutuhan Air Penduduk

Nilai perkembangan penduduk tiap tahun (r) di DAS Cicatih adalah 1.49%. Adapun kebutuhan air domestik dan hasil proyeksinya disajikan pada Gambar 2. Seiring dengan meningkatnya populasi maka akan berdampak pada peningkatan kebutuhan sumberdaya



Gambar 3. Proyeksi kebutuhan air domestik di DAS Cicatih.



Gambar 4. Proyeksi kebutuhan air industri di DAS Cicatih.

air seperti pada Gambar 2. Diperkirakan kebutuhan air untuk 2020 dan 2025 mencapai 270.898 dan 274.717 m<sup>3</sup>/detik.

#### Proyeksi Kebutuhan Air Industri

Pada penelitian ini diasumsikan penggunaan air untuk industri kecil adalah sama yaitu 50 m<sup>3</sup>/hari. Pada Gambar 3 disajikan grafik perkembangan industri dan proyeksinya dengan menggunakan persamaan regresi linier di DAS Cicatih dengan nilai (R<sup>2</sup>) sebesar 0.804. Kebutuhan air untuk industri di DAS Cicatih hasil proyeksi kebutuhan air untuk industri kecil untuk tahun 2020 dan 2025 masing-masing adalah 221.37 dan 259.39 m<sup>3</sup>/detik.

#### Proyeksi kebutuhan Air Pertanian

Proyeksi kebutuhan air untuk pertanian di daerah penelitian dengan rencanakan panen dua kali setahun, yaitu pada musim hujan (MH) dan musim kemarau (MK), masing-masing dengan laju 1.6 liter/detik/ha dan 1.8 liter/detik/ha atau rata-ratanya sebesar 1.7 liter/detik/ha per musim tanam selama 140 hari. Gambar 4 menyajikan proyeksi kebutuhan air irigasi di DAS Cicatih tahun 1990-2025.

#### Optimisasi Alokasi Sumberdaya Air

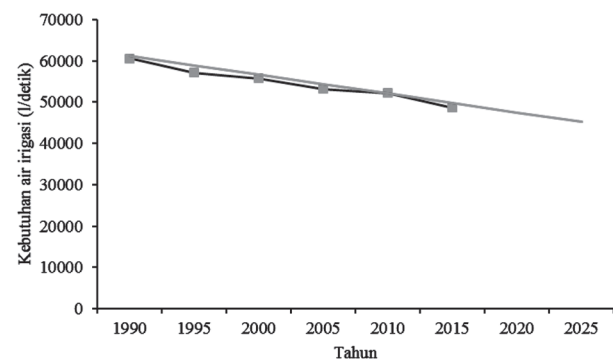
Fungsi tujuan optimisasi adalah memaksimalkan keuntungan finansial dari alokasi sumberdaya air yang jumlahnya terbatas agar kebutuhan air untuk setiap sektor terpehui dengan mempertimbangkan harga air sebagai tolok ukurnya. Harga dasar air permukaan untuk masing-masing keperluan tersebut mengacu pada informasi dari BSDA Cisadea-Cimandiri yang terdapat pada tabel 1. Pada penghitungan harga air tersebut dikonversi kedalam satuan harga air per liter.

#### Maksimalkan

$$Z = \sum P_{ij} \cdot X_{ij}$$

$$Z = 0.125 X11 + 2.5 X12 + 0.1 X13 + 0.125 X21 + 2.257 X22 + 0.1 X23$$

Dimana, P<sub>ij</sub> = Harga air masing-masing sumberdaya air (Rp/liter), X<sub>ij</sub> = Kebutuhan air berdasarkan jumlah



Gambar 4. Kebutuhan Air Irigasi di DAS Cicatih.



penduduk (liter/detik),  $X_{i2}$  = Kebutuhan air berdasarkan jumlah industri (liter/detik), dan  $X_{i3}$  = Kebutuhan air berdasarkan jumlah luas areal irigasi (liter/detik).

Fungsi pembatasnya adalah ketersediaan air yang debitnya berubah-ubah tergantung musim dan persentase kebutuhan air masing-masing sektor tersebut.. Debit mata air diasumsikan konstan setiap bulannya, yaitu 5624 liter/detik. Pada penelitian ini ditetapkan kebutuhan air untuk domestik 60 liter/kapita/hari atau 0.000694 liter/detik, industri kecil 50 m<sup>3</sup>/hari atau 0.58 liter/detik, dan pertanian 0.09 liter/detik (Pawitan et. al. 2008). Berdasarkan data tersebut kemudian dibuat persamaan fungsi kendala sebagai berikut.

### Kendala

$$\sum \sum K_{ij} \cdot C_{ij} \cdot X_{ij} = Q_{ij}$$

Dimana,  $C$  adalah kebutuhan air masing-masing sektor pengguna (liter/detik),  $K$  adalah Persentase penggunaan air setiap sektor pengguna,  $X$  adalah Jumlah Pengguna air setiap sektor,  $Q$  adalah Ketersediaan air permukaan, dan air mata air (liter/detik).

Asumsi lainnya yang digunakan adalah:

1. Kebutuhan air penduduk, industri, dan irigasi dianggap konstan.
2. Besar debit air tersedia konstan.
3. Harga air dianggap konstan.
4. Variabel masukan dan luaran bernilai positif.

Tabel 2 menyajikan komposisi kebutuhan air di setiap sektor guna menghasilkan hasil optimisasi.

Berdasarkan hasil optimisasi, kebutuhan air domestik setiap tahun dapat dipenuhi dari mata air yang tetap mengalir sepanjang tahun. Selain itu, kualitas airnya lebih bagus dari pada air permukaan sehingga dapat menunjang kesehatan masyarakat di DAS Cicatih.

Pertumbuhan industri kecil semakin meningkat yang berarti pula meningkatnya kebutuhan airnya. Hasil optimisasi memperlihatkan kebutuhan air untuk sektor ini tercukupi dari air permukaan. Industri mampu membayar biaya air permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan harga air bagi kedua sektor lainnya.. Kebutuhan air pertanian dapat dipenuhi baik dari air permukaan maupun mata air. Luasan lahan yang mampu diairi oleh air permukaan maupun mata air terus mengalami penurunan setiap tahunnya karena dikonversi menjadi lahan non-pertanian seperti pemukiman penduduk, pabrik, kantor dan lain sebagainya.

Pada musim kemarau, ketika ketersediaan air semakin terbatas, baik dari segi kualitasnya maupun kuantitasnya dan seiring kebutuhan air manusia makin meningkat, akan terjadi perebutan air yang semakin meningkat. Hasil optimisasi memperlihatkan peningkatan jumlah penduduk dan industri kecil tidak

Tabel 1. Harga dasar air tiap sektor

Sektor	Harga Dasar Air (Rp/m <sup>3</sup> )	
	Air Permukaan	Mata Air
Domestik	125	125
Industri	2500	2257
Pertanian	100	100

Sumber : BPSDA Sukabumi

Tabel 2. Hasil Optimisasi Air dengan Program Lingo 8.0

Sektor	2020		2025	
	AP	MA	AP	MA
Domestik (orang)	0	1068749	0	1068749
Industri (buah)	105	0	105	0
Pertanian (ha)	150798	75402	150798	75402
Profit (Rp)	156476		158402	

Keterangan: AP (Air Permukaan); MA (Mata Air)

berpengaruh besar pada alokasi air untuk lahan beririgasi karena ketersediaan air di DAS Cicatih ini cukup melimpah.

Ketersediaan air di DAS Cicatih pada umumnya dapat memenuhi kebutuhan air hingga 2025 tetapi kewaspadaan terhadap perubahan kondisi daerah resapan air dan iklim setempat yang dapat mempengaruhinya. Perubahan resapan air dan iklim ini akan mengakibatkan potensi banjir dan kekeringan. Perubahan iklim dapat berpengaruh terhadap durasi dan intensitas pola curah hujan, kemudian mempengaruhi debit yang tersedia. Apabila debit berkurang akan berpotensi terhadap sulitnya pemenuhan kebutuhan air untuk masyarakat (Pujiraharjo et al. 2015).

Pengawasan terhadap penggunaan jumlah air oleh industri serta pengendalian terhadap pertumbuhan industri sangat diperlukan guna menjaga keberlanjutan alokasi air yang optimum karena itu penting bagi para pengguna air untuk melakukan konservasi sumberdaya alam di daerah resapan air dan gerakan untuk menggunakan air secara hemat.

### Simpulan dan Saran

1. Kebutuhan air domestik di DAS Cicatih pada tahun 2025 akan mencapai 274.717 m<sup>3</sup>/detik untuk penduduk sejumlah 1083817 jiwa. Kebutuhan air untuk industri kecil sebanyak 123 unit akan mencapai 259.39 m<sup>3</sup>/detik dan kebutuhan air pertanian untuk mengairi lahan seluas 13037 ha akan membutuhkan 452.33 m<sup>3</sup>/detik.
2. Kebutuhan air penduduk dapat dipenuhi dari mata air, untuk industri kecil dari air permukaan dan untuk pertanian dapat dipenuhi baik dari air permukaan maupun mata air.

3. Ketersediaan air di DAS Cicatih akan mampu mencukupi kebutuhan air sampai 2025. Walaupun demikian, perlu diwaspadai perubahan kondisi daerah resapan air dan iklim yang akan berdampak negatif di masa mendatang. Adapun yang perlu diperhitungkan adalah adanya perubahan tata guna lahan, curah hujan serta debit sungai yang akan mempengaruhi ketersediaan air.

#### Daftar Pustaka

- Adam, N., W. Andi, dan I.A. Setianingsih. 2018. Ketersediaan Air Sungai Cikukulu dalam Memenuhi Kebutuhan Air Domestik Penduduk Desa Lulut Kecamatan Klapanunggal Kabupaten Bogor Provinsi Jawa Barat. *Spatial Wahana Komunikasi dan Informasi Geografi*. 18(2)
- Ananda, R.D. 2003. Model Pendugaan Kebutuhan Air Kawasan Pemukiman dan Industri Di Cilegon, Banten. Skripsi. Departemen Teknik Pertanian, IPB, Bogor.
- Biro Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sukabumi. 2007. Kabupaten Sukabumi Dalam Angka 2007. Sukabumi.
- Hariyanto. 1987. Penerapan Program Linier pada Air Irigasi Di daerah Irigasi Logung, Kab. Kudus Propinsi Jawa Tengah. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian, IPB, Bogor.
- Kartiwa, B dan P. Rejekiningrum. 2007. Analisis Hidrometeorologi Dan Pengelolaan Sumberdaya Air Untuk Menunjang Pertanian Berkelanjutan Di DAS Cicatih-Cimandiri. Departemen GFM-IPB dan BALITKLIMAT, Bogor.
- Linsley, R.K., M.A. Kohler and J.L.H. Paulus. 1990. Hidrologi Untuk Insinyur (Terjemahan). Erlangga, Jakarta.
- Manan, S. 1976. Pengaruh Hutan Dan Manajemen Daerah Aliran Sungai. IPB, Bogor.
- Miadah. 2006. Optimasi Pemanfaatan Air Baku Dengan Menggunakan *Linear programming* (LP) di Daerah Aliran Sungai Cidanau, Banten. Skripsi. Departemen Teknik Pertanian, IPB, Bogor.
- Noerhayati E., B. Suprpto, A.A. Syahid. 2017. Peningkatan Keuntungan melalui Optimasi Sistem Pemberian Air Daerah Irigasi Molek dengan Program Linier. *Jurnal Teknik*. 9(1)
- Notohadiprawiro, T. 2006. Rasionalisasi Penggunaan Sumberdaya Air Di Indonesia. Ilmu Tanah Universitas Gajah Mada.
- Pawitan, H. 2003. Mengantisipasi Krisis Air Di Indonesia Memasuki Abad 21 *dalam* Peluang dan Tantangan Pengelolaan Sumberdaya Air di Indonesia (hal 54-72).
- Pawitan, H., B.I. Setiawan, B. Kartiwa, K. Subagyono, dan P. Rejekiningrum. 2008. Model Pengelolaan Air Partisipatif Berbasis Kearifan Lokal Untuk Keberlanjutan Pengembangan Sumberdaya Air DAS. Laporan Hasil Kegiatan. LPPM-IPB dan Balitbang Pertanian, Bogor.
- Perrin, C. 2000. Towards an improvement of a lumped rainfall-runoff model through a comparative approach (in french). Ph.D thesis, Université Joseph Fourier, Grenoble.
- Perrin, C., C. Michel, and V. Andréassian. 2001. Does a large number of parameters enhance model performance? Comparative assessment of common catchment model structures on 429 catchments. *Journal of Hydrology*, 242, 275-301.
- Pujiraharjo, A., A. Rachmansyah, I. Wijatmiko, M.R. Anwar. 2015. Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Ketersediaan Air Baku Di Malang Raya. *Jurnal Rekayasa Sipil*. 9(1)
- Sanim, B. 2003. Ekonomi Sumberdaya Air dan Manajemen Pengembangan Sektor Air Bersih Bagi Kesejahteraan Publik. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Bidang Ilmu Sumberdaya & Lingkungan Fakultas Pertanian Bogor, pada 27 September 2003.
- Sari, N.Y. 2004. Optimasi Pola Tanam Berdasarkan Ketersediaan Debit Air Irigasi Di daerah Irigasi Sitibala Kab. Bogor-Jabar. Skripsi. Departemen teknik Pertanian.
- Shiklomanov, I.A. 1990. The world water resources. UNESCO Publication, Paris.
- Sosiawan, H. dan K. Subagyono. 2007. Pembagian Air Secara Proporsional Untuk Keberlanjutan Pemanfaatan Air. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. Vol.1 No.4. p. 15-24.