

# Optimasi Penggunaan Lahan di Kecamatan Driyorejo Berdasarkan Ketersediaan Sumberdaya Air

Christianingsih dan Putu Gde Ariastita

Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*E-mail:* ariastita@urplan.its.ac.id

**Abstrak**—Kecamatan Driyorejo difungsikan sebagai daerah penampung limbah kegiatan dari Kota Surabaya. Perkembangan ini tidak diikuti oleh dukungan sumberdaya air yang memadai. Muncul gejala krisis air diantaranya banyaknya lahan pertanian yang dibiarkan tidak produktif, *dropping* sumberdaya air ke Desa Bambe serta penerapan sistem bergilir distribusi PDAM ke Kota Baru Driyorejo. Untuk itu dilakukan penelitian optimasi penggunaan lahan yang didasarkan atas ketersediaan sumberdaya air di Kecamatan Driyorejo. Penelitian ini menggunakan pendekatan positivistic dengan jenis penelitian deskriptif. Tahapan analisis dibagi menjadi tiga yakni menentukan kondisi neraca keseimbangan sumberdaya air dengan menggunakan perhitungan matematis, merumuskan kriteria melalui tinjauan literatur dan *dicrosscek* dengan analisis Delphi serta proses optimasi penggunaan lahan dengan menggunakan software *Quantum Windows 2*. Hasil optimasi penggunaan lahan terbagi atas dua alternatif. Alternatif pertama merupakan alternatif yang sesuai untuk dikembangkan yakni dengan nilai IPA 0,64 (tidak kritis) dan alokasi luasan lahan masing-masing sebagai perumahan 3.300,02 ha, pertanian 82,24 ha, industri 436,28 ha, perdagangan dan jasa 1.250,71 ha serta fasilitas umum dan sosial 59,73 ha.

**Kata Kunci**—penggunaan lahan, neraca keseimbangan air, optimasi.

## I. PENDAHULUAN

**P**EMBANGUNAN dipandang sebagai bagian dari tuntutan kehidupan dan merupakan manifestasi spasial akibat penambahan penduduk yang mendorong terjadinya peningkatan kegiatan serta pemanfaatan ruang [1]. Di dalam pelaksanaan pembangunan, penggunaan sumberdaya alam hendaknya dilakukan secara terencana, rasional, optimal, bertanggung jawab dan sesuai dengan kemampuan daya dukungnya dengan tetap mengutamakan asas kemakmuran rakyat [2].

Air dipandang sebagai salah satu parameter fisik didalam upaya pengembangan wilayah. Keberadaan sumberdaya air yang terbatas turut berimplikasi terhadap kegiatan pengembangan wilayah karena setiap upaya kegiatan pengembangan akan terkendala oleh pemenuhan kebutuhan sumberdaya air [2]. Peningkatan kegiatan sebagai konsekuensi adanya pengembangan wilayah mempengaruhi tingkat permintaan (*demand*) konsumsi terhadap sumberdaya air, padahal *supply* sumberdaya air memiliki keterbatasan.

Kabupaten Gresik merupakan salah satu wilayah yang difungsikan sebagai wilayah penyangga (*buffer zone*) dari Kota Surabaya. Fenomena ini sejalan dengan adanya konteks Surabaya Metropolitan Area yang memfungsikan Kabupaten Gresik, khususnya wilayah-wilayah yang berbatasan langsung dengan Kota Surabaya untuk mengakomodasi limbah kegiatan yang tidak tertampung di Kota Surabaya.

Salah satu Kecamatan yang teridentifikasi mengalami perkembangan yang cukup pesat adalah Kecamatan Driyorejo. Kecamatan ini telah mengalami proses urbanisasi sebagai *hinterland* dari Kota Surabaya. Hal ini juga didukung oleh adanya posisi strategis serta dukungan transportasi yang memadai dengan adanya rencana pembangunan jalan lingkar barat dari Sub Pusat Kota kedua Kota Surabaya yang tembus ke Kecamatan Driyorejo serta rencana pembangunan jalan tol Surabaya-Mojokerto (Sumo) yang melintasi Kecamatan Driyorejo.

Di dalam menunjang kebutuhan pengembangan dengan berbagai fungsi penggunaan lahan di Kecamatan Driyorejo telah mengalami kendala yakni pada ketersediaan air. Beberapa gejala defisiensi sumberdaya air diantaranya adanya *dropping* air oleh pihak BPPB (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Kabupaten Gresik ke wilayah Bambe akibat krisis air bersih, banyaknya lahan pertanian dibiarkan tidak produktif karena kurangnya sumber air sebagai irigasi serta penerapan sistem bergilir di dalam pendistribusian air ke wilayah Perumahan Kota Baru Driyorejo akibat debit yang terlalu rendah.

Mengacu pada persoalan-persoalan tersebut, maka dilakukan penelitian optimasi penggunaan lahan berdasarkan aspek ketersediaan air sebagai parameter kendalanya. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan masukan dan arahan kepada pihak Pemerintah Kabupaten Gresik serta pihak Kecamatan Driyorejo di dalam upaya perencanaan pengembangan wilayah.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Mengidentifikasi Kondisi Keseimbangan Sumberdaya Air di Kecamatan Driyorejo.

Kondisi keseimbangan sumberdaya air atau neraca air di wilayah Kecamatan Driyorejo diidentifikasi melalui indikator

nilai indeks penggunaan air. Persamaan matematis nilai IPA adalah sebagai berikut :

$$IPA = \frac{\text{Kebutuhan Air}}{\text{Potensi Air}}$$

Keterangan :

IPA : 0 – 0,75 kondisi sumberdaya air tidak kritis

IPA : 0,75 – 1 kondisi sumberdaya air kritis

IPA : > 1 kondisi sumberdaya air sangat kritis.

(Sumber : SK. Menhut No.52/KPTS-II/2001 tentang Pedoman Penyelenggaraan Pengelolaan DAS, dalam Ramadanti, 2010).

Untuk mengetahui kondisi nilai indeks penggunaan air maka dilakukan tahapan analisis berikut ini :

a. Menghitung Potensi Sumberdaya Air

Potensi sumberdaya air dibedakan atas sumberdaya air permukaan dan air tanah. Potensi air permukaan dihitung menggunakan persamaan menurut Freeze dan Cherry (dalam Supangat, 2008).

$$\text{Air Permukaan} = SF + BF + RO$$

Dimana :

SF = Air Sungai (m<sup>3</sup>)

BF = Mata Air (m<sup>3</sup>)

RO = Air Permukaan (m<sup>3</sup>)

Nilai air sungai dan mata air dipergunakan data-data sekunder dari Dinas PU Pengairan Kab. Gresik. Sedangkan air permukaan dari limpasan dihitung secara matematis menggunakan persamaan Ffolliot [3].

$$Ro = (P - EP).Ai.Cro$$

Dimana :

Ro = volume air limpasan (m<sup>3</sup>)

P = besarnya curah hujan rata-rata tahunan (mm)

ET = evapotranspirasi (mm/tahun)

Ai = Luas Guna Lahan (m<sup>2</sup>)

Cro = Koef limpasan permukaan

Perhitungan potensi air tanah dilakukan menurut persamaan Freeze and Cherry [3].

$$\text{Air Tanah} = RCH + TRS$$

Dimana :

RCH = Penambahan Air Tanah (m<sup>3</sup>)

TRS = Aliran Air Tanah (m<sup>3</sup>)

Sedangkan untuk penambahan air tanah digunakan pendekatan matematis dari Ffolliot [3].

$$RCH = (P - EP).Ai.(1 - Cro)$$

Dimana, (RCH) adalah besarnya volume air yang meresap ke dalam tanah dalam satuan m<sup>3</sup>.

b. Analisis Kebutuhan Sumberdaya Air

Penghitungan kebutuhan sumberdaya air dibedakan untuk masing-masing penggunaan lahan yakni perumahan, pertanian, industri, perdagangan dan jasa serta fasilitas umum dan fasilitas sosial. Kebutuhan sumberdaya air dihitung dengan mengalikan luasan tiap penggunaan lahan dengan standarnya masing-

masing. Adapun standar yang dipergunakan yakni :

Tabel 1.  
Standar Kebutuhan Air Untuk Berbagai Penggunaan Lahan

Jenis Pemakaian	Standar	Konversi Satuan (m <sup>3</sup> /tahun/ha)	Sumber
Perumahan	100 liter/jiwa/hari	324	Sarwoko (1985), DPU Ciptakarya (1990)
Pertanian	0,1 liter/detik/ha	1.552	Soekirno (1980), Prawiro (2006) dengan musim tanam 2x90 hari
Industri	0,7 liter/detik/ha	21.773	Suparmoko (1997), DPU Pengairan Prov. Jatim.
Perdagangan dan Jasa	3 m <sup>3</sup> /hari/unit	800	Suparmoko (1997), Isepcuarsa (2007).
Fasum dan Fasos	0,5 m <sup>3</sup> /hari/unit	172	DPU Ciptakarya (1990).

Sumber : Arivani, 2008

A. Mengidentifikasi Faktor Penentuan Penggunaan Lahan di Kecamatan Driyorejo

Identifikasi terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan penggunaan lahan di Kecamatan Driyorejo dilakukan dengan melakukan *summary* terhadap literature dan sumber-sumber yang relevan. Kemudian dilakukan *crosscek* melalui teknik analisis Delphi. Adapun yang menjadi narasumber untuk analisis Delphi adalah pihak Bappeda Kabupaten Gresik utamanya kepala bidang perencanaan tata ruang dan kepala bidang pengembangan wilayah.

B. Optimasi Penggunaan Lahan di Kecamatan Driyorejo

Penyelesaian permasalahan optimasi penggunaan lahan di Kecamatan Driyorejo digunakan pendekatan dengan program linear dengan dibantu software *Quantum Windows 2*. Di dalam program linier dikenal tiga macam unsur yakni variabel putusan, fungsi tujuan (*objective function*) dan fungsi-fungsi yang menjadi batasan (*constraint function*) [4]. Fungsi tujuan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah meminimumkan *demand* penggunaan lahan sebagai upaya menekan kebutuhan sumberdaya air, sedangkan fungsi *constraint* dibentuk melalui kriteria pada aspek sosial demografi, ekonomi, lingkungan terkait dengan sumberdaya air serta aspek kelembagaan.

Adapun perumusan matematis fungsi tujuan adalah :

$$\text{Min } D = aX1 + bX2 + cX3 + dX4 + eX5 \dots \dots \dots (1)$$

Dimana X1, X2, X3, X4, dan X5 merupakan jenis penggunaan lahan sebagai perumahan, pertanian, industri, perdagangan dan jasa serta fasilitas umum dan fasilitas sosial. Sedangkan a, b, c, d, dan e adalah koefisien variabel yang dibentuk dari standar kebutuhan sumberdaya air pada tiap penggunaan lahan.

$$\text{Min } D = 324X1 + 1.552X2 + 21.772X3 + 800X4 + 172X5$$

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Batas Administrasi Kecamatan Driyorejo

Kecamatan Driyorejo merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Gresik. Secara geografis wilayah. Adapun batas administrasi Kecamatan Driyorejo adalah sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Kec. Lakarsantri, Kota Surabaya
- Sebelah Timur : Kec. Karangpilang, Kota Surabaya
- Sebelah Selatan : Kec. Taman, Kabupaten Sidoarjo
- Sebelah Barat : Kec. Wringinanom, Kab. Gresik

B. Neraca Keseimbangan Sumberdaya Air

Untuk mengetahui kondisi neraca keseimbangan sumberdaya air di Kecamatan Driyorejo, maka perlu diketahui potensi ketersediaan sumberdaya air eksistingnya serta jumlah kebutuhan untuk tiap penggunaan lahan. Hasil penghitungan potensi sumberdaya air dipaparkan dalam tabel 2.

Diketahui bahwa potensi sumberdaya air di Kecamatan Driyorejo mencapai 25.398.137 m<sup>3</sup>/tahun, dengan masing-masing volume air yang berasal dari air permukaan sebesar 15.457.367 m<sup>3</sup>/tahun dan untuk potensi air tanah sebesar 9.940.770 m<sup>3</sup>/tahun. Potensi air permukaan mencapai 61% dari total keseluruhan sumberdaya air, namun ketersediaan air permukaan bersifat *kontemporer* sehingga cenderung mengalami fluktuasi dalam ketersediaannya. Air tanah di Kecamatan Driyorejo yang dihitung merupakan air tanah bebas, untuk air tanah tertekan diasumsikan tidak terdapat aliran karena kondisi tanah di Kecamatan Driyorejo termasuk ke dalam formasi batuan gamping.

Tabel 2. Potensi Ketersediaan Sumberdaya Air di Kecamatan Driyorejo

No	Potensi Sumberdaya Air	Volume (m <sup>3</sup> /tahun)
I	Air Sungai	4.372.428
	Air Limpasan	10.748.439
	Waduk/Danau	336.500
	Total	15.457.367
II	Air Tanah Meresap	9.940.770
	Total	9.940.770
	Potensi Keseluruhan	25.398.137

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Kebutuhan sumberdaya air dihitung berdasarkan tiap-tiap jenis peruntukkan lahan yang dikalikan dengan standart kebutuhan airnya masing-masing. Selengkapnga dipaparkan pada tabel 3.

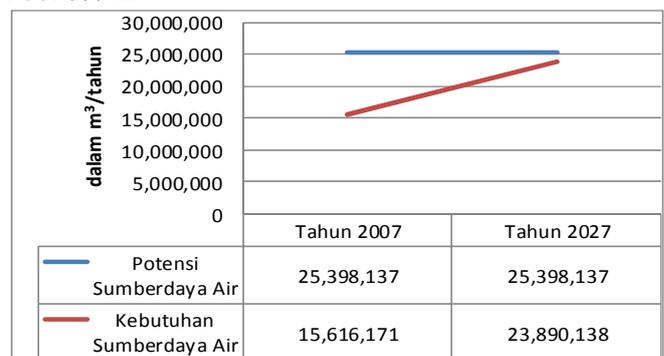
Tabel 3. Keseluruhan Kebutuhan Sumberdaya Air di Kecamatan Driyorejo

No	Jenis Penggunaan Lahan	Tahun 2007 m <sup>3</sup> /tahun	Tahun 2027 m <sup>3</sup> /tahun	Keterangan m <sup>3</sup> /tahun
1	Perumahan	261.128	1.112.399	851.271
2	Pertanian	5.822.437	83.327	-5.739.110
3	Industri	9.499.037	22.253.543	12.754.506
4	Perdagangan dan Jasa	24.336	430.592	406.256
5	Fasum dan Fasos	9.233	10.277	1.044
	Total	15.516.171	23.890.138	8.273.968

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Kebutuhan sumberdaya air terbesar yakni pada penggunaan lahan sebagai industri, kebutuhannya mencapai 9.499.037 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 2007 dan 22.253.543 m<sup>3</sup>/tahun untuk tahun 2027. Kemudian diikuti dengan perumahan yang mengalami peningkatan kebutuhan air sebesar 851.271 m<sup>3</sup>/tahun, hal ini juga berkaitan dengan pertumbuhan populasi yang terus meningkat dalam setiap tahunnya.

Kondisi neraca keseimbangan sumberdaya air dapat dilihat dari nilai indeks IPA, diketahui bahwa indeks IPA di Kecamatan Driyorejo untuk tahun 2007 adalah sebesar 0,61 hal ini mengindikasikan bahwa kondisi keseimbangan sumberdaya air di Kecamatan Driyorejo masih tergolong dalam kategori tidak kritis, dan masih terdapat surplus sumberdaya air sebesar 9.781.966 m<sup>3</sup>. Tetapi kondisi indeks IPA untuk tahun proyeksi 2027 semakin meningkat nilainya yakni menjadi sebesar 0,94 yang berarti bahwa kondisi keseimbangan sumberdaya air di Kecamatan Driyorejo tergolong sudah kritis dan mendekati sangat kritis , namun masih terdapat surplus ketersediaan sumberdaya air sebesar 1.507.999 m<sup>3</sup>.



Gambar 1. Kondisi Keseimbangan Sumberdaya Air Kecamatan Driyorejo. Sumber : Hasil Analisis, 2012.

C. Faktor-faktor Penentu Penggunaan Lahan

Hasil perumusan kriteria yang mempengaruhi penggunaan lahan di Kecamatan Driyorejo adalah sebagai berikut :

1. Faktor Sosio Demografi

Faktor sosio demografi terdiri atas jumlah penduduk dan tenaga kerja. Jumlah penduduk yang semakin meningkat di Kecamatan Driyorejo dan diproyeksikan akan mencapai sebesar 263.080 jiwa pada tahun 2027 menuntut adanya penyediaan lahan sebagai perumahan, disamping itu Kecamatan Driyorejo juga difungsikan dalam menampung limbah kegiatan proyek perumahan Citraland dari Surabaya Barat. Penentuan penggunaan lahan di Kecamatan Driyorejo juga diharapkan mampu menjamin terserapnya keseluruhan penduduk produktif dalam mengakses lapangan pekerjaan.

2. Faktor Ekonomi

Sektor-sektor yang memiliki kontribusi yang cukup besar terhadap PDRB kecamatan didorong pertumbuhannya. Selain itu wilayah Driyorejo

difokuskan sebagai daerah ramah investasi baik untuk kegiatan industri, perumahan serta kegiatan komersil.

3. Faktor Biologis/Lingkungan

Faktor ini menyangkut terhadap potensi ketersediaan sumberdaya air sebagai salah satu aspek dalam daya dukung lingkungannya.

4. Faktor Kelembagaan.

Dasar-dasar penentuan penggunaan lahan di Kecamatan Driyorejo juga mengacu pada kebijakan-kebijakan terkait serta yang paling dominan yakni masalah perijinan. Masalah perijinan sangat berperan dominan di dalam upaya pengalokasian jenis penggunaan lahan yang boleh atau tidak untuk dikembangkan di Kecamatan Driyorejo.

D. Optimasi Penggunaan Lahan

Optimasi penggunaan lahan di Kecamatan Driyorejo diskenariokan menjadi 2 yakni pada skenario yang pertama *supply* sumberdaya airnya tetap sesuai dengan kondisi eksisting, sedangkan untuk skenario yang kedua *supply* sumberdaya airnya diasumsikan mendapatkan *supply* dari luar wilayah penelitian yakni sebesar 75% dari total potensi air permukaan. Penambahan *supply* ini agar dimungkinkan terjadinya penambahan luasan lahan terhadap industri serta mampu memenuhi proporsi penggunaan lahan untuk tahun proyeksi 2027 tanpa harus mengalami kondisi kekritisian sumberdaya air.

Sintesa matematis formulasi linier programming :

Fungsi tujuan :

$$\text{Min } D = 324X_1 + 1.552X_2 + 21.772X_3 + 800X_4 + 172X_5$$

Fungsi-fungsi *constraints* :

- a.  $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 5.129,98$  .....(1)
- b.  $X_1 = 1.973,1$  .....(2)
- c.  $1.552X_2 = 1.545,737$  .....(3)
- d.  $X_2 = 83,237$  .....(4)
- e.  $X_3 = 436,28$  .....(5)
- f.  $X_3 = 1.875,98$  .....(6)
- g.  $X_4 = 30,42$  .....(7)
- h.  $X_5 = 59,73$  .....(8)
- i.  $140X_2 + 156X_3 + 74X_4 + 36X_5 = 171.798$  .....(9)
- j.  $324X_1 + 21.772X_3 + 800X_4 + 172X_5 = 23.852.400$ .....(10)
- k.  $324X_1 + 21.772X_3 + 800X_4 + 172X_5 = 35.445.425$ .....(11)

(digunakan pada optimasi skenario kedua)

l.  $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 0$

Berikut ini dipaparkan mengenai hasil optimasi baik pada skenario pertama maupun skenario kedua :

Tabel 4.

Komparasi Hasil Penyelesaian Optimasi Pada Tiap Skenario

Tujuan/Batasan	Alternatif I	Alternatif II
<b>Luas Lahan (Ha)</b>		
Perumahan	3.300,023	3.300,023
Pertanian	83,237	83,237
Industri	436,280	436,280
Perdagangan dan Jasa	1.250,710	1.250,710

Tujuan/Batasan	Alternatif I	Alternatif II
Fasum dan Fasos	59,730	59,730
<b>Kondisi Sumberdaya Air</b>		
Supply Air (m3/tahun)	11.708.270	11.708.270
Demand Air (m3/tahun)	25.398.137	36.991.162
IPA	0,46 (tidak kritis)	0,32 (tidak kritis)
<b>Kondisi Sosial Demografi (tenaga kerja)</b>		
	171.798	171.798

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Hasil optimasi penggunaan lahan antara skenario yang pertama dengan skenario kedua tidak terdapat perbedaan. Hal tersebut berarti penambahan *supply* sumberdaya air tidak memberikan pengaruh. Proporsi penggunaan lahan yang dihasilkan yaitu untuk luasan perumahan adalah sebesar 3.300,023 ha, pertanian 83,237 ha, industri 436,280 ha, perdagangan dan jasa 1.250, 710 ha serta fasilitas umum dan sosial adalah sebesar 59,730 ha. Sedangkan nilai indeks IPA yang dihasilkan untuk hasil pada skenario pertama adalah sebesar 0,46 yang berarti kondisinya tidak kritis dan untuk hasil pada skenario yang kedua adalah sebesar 0,32 yang berarti tidak kritis. Jumlah serapan tenaga kerja relatif sama yakni sebesar 171.798 jiwa.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil proses optimasi pada skenario yang pertama masih lebih baik, karena tanpa harus dilakukan *supply* sumberdaya air dari luar wilayah, namun keseluruhan fungsi-fungsi *constraint* yang dirumuskan masih terpenuhi. Hasil optimasi pada skenario pertama kemudian diperbandingkan dengan kondisi penggunaan lahan eksisting untuk tahun 2007 serta kondisi penggunaan lahan tahun proyeksi 2027. Berikut merupakan hasil komparasinya.

Tabel 5.

Komparasi Hasil Optimasi Penggunaan Lahan dengan Kondisi Eksisting dan Rencana Penggunaan Lahan.

Jenis Penggunaan Lahan	Eksisting (tahun 2007)	Proyeksi (tahun 2027)	Hasil Optimasi Skenario I
Perumahan	805,950	3.433,330	3.300,023
Pertanian	3.751,570	53,690	83,237
Industri	436,280	1.022,080	436,280
Perdagangan dan Jasa	30,420	538,240	1.250,710
Fasilitas Umum dan Sosial	53,680	59,750	59,730
Indeks IPA	0,61 (tidak kritis)	0,94 (tidak kritis)	0,46 (tidak kritis)

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Luasan lahan sebagai industri pada hasil optimasi masih tidak dapat memenuhi luasan yang direncanakan, hal ini karena penggunaan lahan sebagai industri memiliki standar kebutuhan air yang cukup besar sehingga luasannya masih tetap seperti pada kondisi eksisting.. Penggunaan lahan sebagai fasum dan fasos pada hasil optimasi sesuai dengan luasan lahan yang direncanakan. Bahkan pada penggunaan lahan sebagai permukiman mengalami perubahan yakni meningkat sebesar 2.494.073 ha dari kondisi eksistingnya dan hampir memenuhi luasan yang sudah direncanakan untuk tahun 2027,

dan untuk penggunaan lahan sebagai perdagangan dan jasa juga mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Namun penggunaan lahan sebagai pertanian cenderung menurun dari kondisi eksisting, tetapi luasannya masih lebih besar dari luasan yang telah direncanakan pada tahun proyeksi 2027.

Jadi dapat disimpulkan bahwa, alokasi penggunaan lahan hasil optimasi cukup sesuai untuk dikembangkan di Kecamatan Driyorejo, karena rata-rata luasan alokasi lahan untuk tahun proyeksi sudah terpenuhi tanpa mengalami krisis sumberdaya air.

#### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa hasil optimasi pada skenario pertama merupakan yang paling relevan untuk diimplementasikan. Adapun alokasi luasan penggunaan lahan pada hasil optimasi skenario pertama adalah perumahan sebesar 3.300,023 ha, pertanian 82,237 ha, industri 436,28 ha, perdagangan dan jasa 1.250,71 ha serta fasilitas umum dan sosial adalah 59,73 ha. Pada hasil skenario pertama ini diperoleh nilai indeks penggunaan air adalah sebesar 0,46 (tidak kritis) dengan surplus sumberdaya air sebesar 13.689.867 m<sup>3</sup>.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis C. mengucapkan terima kasih kepada Putu Gde Ariastita ST. MT. yang bersedia memberikan bimbingan dan banyak membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Terima kasih pula kepada pihak-pihak serta instansi terkait yang memberikan bantuan kemudahan dalam memperoleh data-data dalam penelitian, serta kepada kedua orang tua yang selalu memotivasi peneliti dalam menyelesaikan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yunus, HS, *Manajemen Kota*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar, (2005).
- [2] Fajar, Rachmat Lubis, *Air Sebagai Pengendali dalam tata Ruang*. Jurnal Inovasi Online PPI Edisi Vol. 7/XVIII/Juni 2006. Jakarta : Persatuan Pelajar Indonesia Jepang, (2006).
- [3] Supangat, Agung B, *Keseimbangan Tata Air Sebagai Basis Perencanaan Wilayah : Studi Kasus Di Sub DAS Cirasea*. Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat Kuok, (2008).
- [4] Murthy, P. Rama. *Operations Research*. New Delhi : New Age International Limited Publisher, (2007).