

ANALISIS EVALUASI PEMANFAATAN SUMBER DAYA AIR DI DAS BATANG ARAU KOTA PADANG MENGUNAKAN PROGRAM LINIER

Jeffilianti Tri Putri¹⁾, Bambang Sujatmoko¹⁾, Manyuk Fauzi²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : liantijeffi@gmail.com

ABSTRACT

The Batang Arau basin consists of seven sub districts, namely Padang Selatan Sub district, Padang Barat Sub district, Padang Timur Sub district, North Padang Sub district, Bungus Teluk Kabung Sub district, Lubuk Begalung sub district, and Lubuk Kilangan sub district. The city of Padang currently developing, consequently changes land use, fearing the potential and volume of water discharge in the Batang Arau basin will experiencing a shortage due to lack of water absorption. Due to limit water resources, an evaluation of the utilization of water resources is conducted using the QM for Windows 5 program. Dependable discharge and water requirements of each sector are the constraint that are input into a linear program. The results of the evaluation of this water utilization analysis obtained 121 industries, 1,219 beds in hotels, 2,199 beds in hospitals, and 470,088 denizen and 1,785 ha of irrigation with three alternative cropping patterns. Of the several alternatives, the biggest profit is obtained in alternative I with a profit of Rp.58,669,796,046.00/year. Based on the evaluation of water utilization analysis, it was found that the condition of the Batang Arau basin until 2017 was not a deficit.

Keywords: Water utilization, linear programming, QM For Windows 5

A. PENDAHULUAN

Menurut peraturan menteri PUPR RI No.04/PRT/M/2015 tentang Kriteria dan penetapan wilayah sungai, DAS (Daerah Aliran Sungai) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Semakin berkembangnya Kota Padang perubahan tata guna lahan dari kawasan hutan, budidaya di DAS Batang Arau menjadi kawasan pemukiman, pertanian dan pembangunan kantor-kantor baru akibatnya dari sistem pemanfaatan lahan dapat mempengaruhi perubahan volume air saat musim kemarau pada DAS Batang Arau. Dampak dari pemanfaatan tata guna lahan ini, mengakibatkan terjadi kurangnya resapan air. Hal ini dipengaruhi oleh sistem aliran

permukaan (run off) dan infiltrasi yang jika dibiarkan terus menerus tanpa ada usaha-usaha untuk memperbaiki situasi ini, maka akan dikhawatirkan potensi dan volume debit air di DAS Batang Arau akan mengalami defisit akibat kurangnya resapan air. Defisit merupakan jumlah kebutuhan air melebihi dari ketersediaan air.

DAS Batang Arau meliputi tujuh wilayah kecamatan yaitu Kecamatan Padang Selatan, Kecamatan Padang Barat, Kecamatan Padang Timur, Kecamatan Padang Utara, Kecamatan Bungus Teluk Kabung, Kecamatan Lubuk Begalung, dan Kecamatan Lubuk Kilangan. DAS Batang Arau terletak pada posisi 00 48'' – 00 56'' LS dan 1000 21'' – 1000 33'' BT, dengan ketinggian berada pada 1,853 m di atas permukaan laut (dpl). DAS Batang Arau meliputi tujuh wilayah kecamatan yaitu Kecamatan Padang Selatan, Kecamatan Padang Barat, Kecamatan Padang Timur, Kecamatan Padang Utara, Kecamatan Bungus Teluk Kabung, Kecamatan Lubuk

Begalung, dan Kecamatan Lubuk Kilangan (Bappeda Kota Padang, 2004).

Berdasarkan hasil penelitian Nurmawali, (2010) tentang optimasi pemafaatan air dengan program linear di saluran tarum barat untuk mengoptimalkan dan mendistribusikan pemanfaatan sumber daya air yang terbatas menggunakan metode linear programming. Oleh sebab itu dengan metode linear programming akan dilakukan analisis evaluasi pada DAS Batang Arau agar sumber daya air dapat dimanfaatkan untuk memperoleh keuntungan secara maksimum dan mengetahui kondisi DAS Batang Arau mengalami defisit atau surplus dengan kata lain jumlah air yang tersedia masih melebihi dari kebutuhan air.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan suatu proses kesinambungan, dimana air bergerak dari permukaan bumi ke atmosfer dan kemudian air jatuh ke bumi sebagai hujan, air tersebut akan tertahan sementara di sungai, danau, dan dalam tanah yang tidak akan pernah berhenti.

B.2 Irigasi

Menurut PP No. 20 tahun 2016 tentang irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, irigasi tambak (Priyonugroho, 2014). Irigasi adalah upaya yang dilakukan manusia dalam penggunaan air pada tanah untuk mengairi lahan pertanian dan untuk keperluan penyediaan cairan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanam-tanaman. Upaya yang dilakukan tersebut meliputi: Perencanaan, Pembuatan, Pengolahan, serta pemeliharaan sarana untuk mengambil air dari sumber air dan membagi air tersebut secara teratur dan apabila terjadi kelebihan air dengan membuangnya melalui saluran drainase.

B.3 Kebutuhan Sumber Daya Air

Kebutuhan air meliputi kebutuhan air domestik (air rumah tangga) dan non

domestik (pelayanan kantor dan perniagaan, parawisata, hidran umum, pelabuhan dan sebagainya), industri pemeliharaan sungai, perikanan, peternakan dan irigasi (Triatmodjo, 2016). Pemanfaatan sumber daya air meliputi penyediaan air untuk kebutuhan air bersih, irigasi, pembangkit listrik tenaga air, perikanan, peternakan, pemeliharaan sungai (pengenceran polusi), dan lalu lintas air (Triatmodjo, 2016).

Tabel 1. Kriteria penentuan Kebutuhan air Domestik

Jumlah Penduduk	Domestik (l/kapita/hr)	Non Domestik (l/kapita/hr)	Kehilangan Air (l/kapita/hr)
> 1.000.000	150	60	50
500.000 – 1.000.000	135	40	45
100.000 – 500.000	120	30	40
20.000 – 100.000	105	20	30
< 20.000	82.5	10	24

Sumber: Triatmodjo, 2016

Bedasarkan kriteria besar kebutuhan air industri menurut Purwanto, (1995) dalam Nurmawali, (2010) kebutuhan air per hari adalah sebagai berikut:

- Kebutuhan untuk industri kecil sebesar 5-50 m³/hari.
- Kebutuhan untuk industri sedang sebesar 51-150 m³/hari.
- Kebutuhan untuk industri besar sebesar 151-350 m³/hari.

Tabel 2. Kebutuhan Air Non-Domestik

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Perkantoran	25	Liter/peagawai/hari
Rumah Sakit	250	Liter/tempat tidur/hari
Tempat Ibadah	50	Liter/hari/m ²
Pendidikan	25	Liter/siswa/hari
Hotel	200	Liter/tempat tidur/hari
Industri	10% dari konsumsi air domestik	Liter/dtk/hari

Sumber: Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjend Cipta Karya DPU

B.3.1 Netto filed reqierement (NFR)

Netto filed reqierement (NFR) adalah kebutuhan air yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan yang optimal pada suatu jaringan irigasi tanpa kekurangan air (Mochammad, 2013). Kebutuhan air untuk tanaman padi dapat ditentukan dengan (Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986) berikut ini:

- Untuk masa Penyiapan Lahan

$$NFR = IR - Re \quad (1)$$
- Untuk masa pertumbuhan

$$NFR = ETc + WLR + P - Re \quad (2)$$

Kebutuhan air di sawah untuk tanaman palawija ditentukan dengan (Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986):

$$NFR = ET_c + WLR + P - Re \quad [3]$$

Dengan:

NFR : kebutuhan air tanaman padi/palawija (mm/hari)

IR : kebutuhan air untuk penyiapan lahan tanaman padi (mm/hari)

Re : curah hujan efektif padi (mm/hari)

WLR : kebutuhan air untuk mengganti lapisan air (mm/hari)

Etc : kebutuhan air konsumtif (mm/hr)

P : perkolasi (mm/hari)

B.3.2 Evapotranspirasi Tanaman Acuan (ET_o)

Nilai ET_o dihitung dengan menggunakan metode *Penmann-Mounteith* yang diperoleh dari analisis software *Cropwat 8.0*

B.3.3 Kebutuhan Air konsumtif (Etc)

Kebutuhan air konsumtif air tanaman dengan dimasukkan faktor koefisien tanaman (kc) mengikuti cara FAO dengan (Standar Perencanaan Irigasi, 1986):

$$Etc = Kc \times Eto \quad [4]$$

Dengan : Etc adalah kebutuhan air konsumtif (mm/hr), Kc adalah koefisien tanaman, dan Eto evapotranspirasi acuan (mm/hr).

B.3.4 Kebutuhan air untuk penyiapan lahan (IR)

Untuk perhitungan kebutuhan maksimum air irigasi selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh *van de Goor dan Zijlstra*, dalam Triatmodjo, (2016) dengan persamaan:

$$IR = M \left(\frac{e^k}{e^k - 1} \right) \quad (5)$$

Dengan:

IR : kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

M : kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah (mm/hari)

K : jangka waktu penyiapan lahan (hari)

e : bilangan eksponen = 2,7182

T : jangka waktu penyiapan lahan (hari)

S : untuk penyiapan lahan padi pertama dan ditambah dengan lapisan air 50 mm, yakni 200 + 50 = 250 mm

B.3.5 Kebutuhan air untuk mengganti lapis air (WLR)

Penggatian lapisan air sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (3,3 mm/hari selama ½ bulan selama sebulan dan 2 bulan setelah transpilasi (pemindahan bibit ke sawah) (KP – 01, 1986).

B.3.6 Curah hujan efektif (R_{eff})

Adapun menurut KP – 01, besaran curah hujan efektif untuk tanaman padi harian dihitung dengan pendekatan rumus (KP – 01, 1986) sebagai berikut:

$$R_e \text{ Padi} = 70\% \times R_{80} \quad (6)$$

$$R_e \text{ Palawija} = 50\% \times R_{80} \quad (7)$$

$$R_e = 0,7 \times \frac{1}{15} R_e \quad (8)$$

Dengan : Re adalah curah Hujan Mangkus (mm/hari) dan R₅ adalah curan hujan setengan bulanan kala ulang 5 tahun.

Harza Engineering Comp.Int. menghitung besarnya curah hujan efektif berdasarkan R₈₀, yang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut (KP-01, 1986):

$$R_{80} = \left(\frac{n}{5} + 1 \right) \quad (9)$$

Dengan : R₈₀ adalah curah hujan efektif 80% (mm/hari), n adalah Jumlah data, dan $\left(\frac{n}{5} + 1 \right)$ Rangking curah hujan efektif dihitung dari hujan terkecil.

B.3.7 Pola tanam

Menentukan pola tanam diperoleh berdasarkan analisis iklim, jenis tanah, topografi, hidrologi, kebutuhan air irigasi dan ketersediaan air di suatu lokasi persawahan yang akan di aliri air.

Tabel 3. Tabel Pola Tanam

Ketersediaan air untuk Jaringan irigasi	Pola tanam dalam Satu Tahun
1. Tersedia air cukup banyak	Padi – Padi - Palawija
2. Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi – Padi – Bera Pad – Palawija - Palawija
3. Daerah yang cenderung kekurangan air	Padi – Palawija - Bera Palawija – Padi - Bera

Sumber : S.K Sidharta, Irigasi dan Bagunan Air, 1997

B.4 Linier Programming

B.4.1 Defenisi linier programming (LP)

Linier Programming (LP) yang merupakan salah satu teknik *operational research* dengan memakai model matematis dalam program linier. Programming digunakan untuk merubah suatu masalah ke dalam model matematik untuk memanfaatkan dalam mengalokasikan sumber daya air yang terbatas secara optimal untuk mencapai suatu tujuan seperti memaksimalkan keuntungan dan meminimumkan biaya (Nurmawali, 2010).

Bentuk umum model LP seperti pada persamaan (Nurmawali, 2010):

Masimumkan atau minimumkan:

a. Fungsi tujuan

$$Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \quad (10)$$

b. Fungsi Tujuan

$$c_{11} x_{11} + c_{12} x_{12} + \dots + c_{1m} x_{2m} \leq b_2 (= ; >) \quad (11)$$

$$a_{21} x_{21} + a_{22} x_{22} + \dots + a_{2m} x_{2m} \leq b_2 (= ; >)$$

$$\dots + \dots + \dots \leq \dots$$

$$a_{n1} x_{n1} + a_{n2} x_{n2} + \dots + a_{nm} x_{nm} \leq b_n (= ; >)$$

c. Asumsi

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Dengan:

X_n : banyaknya kegiatan di mana $n = 1, 2, \dots, m$. Berarti disini terdapat m variabel keputusan.

Z : fungsi tujuan (keuntungan maksimal) (R_p)

c_n : harga jual air untuk kebu tuhan (pertanian, industri, dan domestik) (R_p/ha)

b_n : volume ketersediaan sumber daya air ke-I ($I = 1, 2, 3, \dots, m$).

a_{nm} : volume kebutuhan air suatu unit barang ke-m

n : Jumlah variabel keputusan

m : Jumlah kendala

C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Data Penelitian

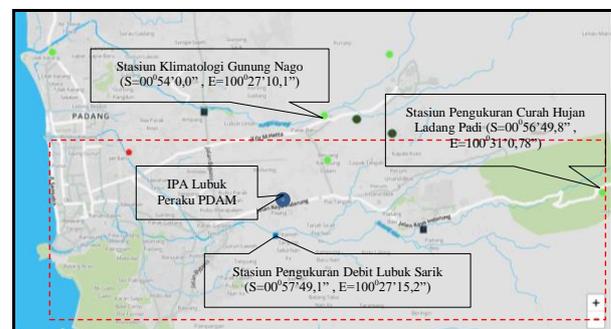
1. Data curah hujan kala ulang 10 tahun yang di peroleh melalui Dinas Pengolahan Sumber Daya Air (PSDA) Kota Padang, pada stasiun Ladang Padi yang terletak di Indarung.
2. Data klimatologi dalam rentang waktu 10 tahun (2008-2017) yang di peroleh

dari Dinas Pengolahan Sumber Daya Air (PSDA) Kota Padang, pada stasiun Gunung Sago.

3. Data pengamatan debit didapat melalui instansi Dinas Pengolahan Sumber Daya Air (PSDA) Kota Padang dan Pos duga pengukuran debit andalan (Q_{80}) di Lubuk Sarik dalam rentang waktu 11 tahun (2007-2017).
4. Data Jumlah Penduduk, Industri, Rumah Sakit dan Hotel harga jual air, Data diperoleh dari Biro Pusat Statistik (BPS) Kota Padang tahun (2016-2017)
5. Data harga jual dan jumlah kebutuhan air masing-masing sektor diperoleh dari PDAM Kota Padang dan kriteria kebutuhan air menurut Purwanto, (1995).

C.2 Lokasi Penelitian Daerah Aliran Sungai DAS Batang Arau

Pelaksanaa tugas akhir ini bertempat di Padang, Sumatera Barat pada DAS Batang Arau. Sumber air utama di DAS ini berasal dari Lubuk Paraku, berikut gambar lokasi penelitian:



Gambar 1. Lokasi DAS dan Stasiun Pengukuran
Sumber : PU-net PUPR

C.3 Motode Analisa Data

C.3.1 Identfikasi Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Domestik

Jumlah penduduk di kawasan DAS Batang arau sebesar 470.088 jiwa (BPS Kota Padang dalam angka 2016). Kebutuhan air untuk rumah tangga berdasarkan standar konsumsi air PDAM untuk rumah tangga di asumsikan sebesar $5 \text{ m}^3/\text{orang}/\text{bulan}$. Tarif dasar air PDAM Kota Padang di tetapkan untuk kategori 2A sebesar $\text{Rp. } 1.500,-/\text{m}^3$.

2 Kebutuhan air non domestik

Pada kawasan DAS batang arau terdapat 121 Industri (PDAM Kota Padang, 2017). Berdasarkan kriteria besar kebutuhan air industri menurut Purwanto, (1995) dalam Nurmawali, (2010), kebutuhan untuk industri besar sebesar 350 m³/hari atau 10.500 m³/bulan. Tarif dasar air PDAM Kota Padang di tetapkan untuk kategori 4B Rp. 11.600,-/m³.

Bagian wilayah DAS Batang Arau terdapat 68 Hotel dengan 1219 tempat tidur. Kebutuhan air untuk hotel berdasarkan standar konsumsi air PDAM di asumsikan sebesar 6 m³/tempat tidur/bulan. Tarif dasar air PDAM Kota Padang di tetapkan untuk kategori 4B Rp. 7.300/m³.

DAS ini terdapat 21 Rumah Sakit dengan 2.199 (BPS Kota Padang, 2016). Kebutuhan air untuk rumah sakit berdasarkan standar konsumsi air PDAM di asumsikan sebesar 8 m³/tempat tidur/bulan. Tarif dasar air PDAM Kota Padang di tetapkan untuk kategori 3A Rp. 1.800,-/m³.

3. Kebutuhan air Pertanian

Kebutuhan air pertanian diperoleh dari perhitungan kebutuhan air konsumtif (Etc) dengan memasukkan faktor koefisien tanaman (Kc), nilai evapotranspirasi tanaman acuan (ET_o) , kebutuhan air untuk penyiapan lahan (IR), kebutuhan air untuk mengganti lapis air (WLR), nilai perkolasi sebesar 3 mm/hari, nilai curah hujan efektif (Reff) dan nilai R₈₀.

C.3.2 Debit Andalan

Perhitungan debit andalan 80%, didasarkan pada jumlah debit bulanan rata-rata dari tahun 2007-2017. Data nilai debit bulanan rata-rata diurutkan dari nilai yang tertinggi ke nilai yang terendah, kemudian menentukan urutan debit andalan 80% .

C.3.3 Evaluasi Pemanfaatan air menggunakan program linier

Evaluasi yang akan dilakukan berupa tiga alternatif dengan bentuk pola tanam yaitu padi – padi – palawija, padi – padi – bera, padi – palawija – palawija, untuk kebutuhan non-domestik dan domestik diasumsikan adalah konstan. Program *QM for windows 5*

merupakan program yang membantu dalam menyelesaikan permasalahan dalam bentuk persamaan linier. Program ini menggunakan tabel simpleks yang membantu dalam mengoptimalkan ketersediaan air yang terbatas.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Pongalahan Nilai Air

D.1.1 Nilai Air Domestik

Kebutuhan air untuk rumah tangga berdasarkan standar konsumsi air PDAM untuk rumah tangga di asumsikan sebesar 5 m³/jiwa/bulan untuk satu orang pengguna air. Tarif dasar air PDAM Kota Padang di tetapkan untuk kategori 2A sebesar Rp. 1.500,-/m³.

D.1.2 Nilai Air Pertanian

Pendapatan bersih pertanian diperoleh dari banyaknya hasil produksi pertanian di kurangi dengan semua biaya pengeluaran pertanian dari mulai awal penanaman sampai dengan biaya untuk pengolahan hasil panen.

Harga jual untuk pertanian berdasarkan harga pasar padi sebesar Rp.4.000.000,-/gabah/ton, tanaman kedelai harga jual sebesar Rp.7.700.000,-/ton, dan tanaman jagung sebesar Rp.3.000.000,-/ton.

Keuntungan bersih pada setiap jenis tanaman diperoleh untuk tanaman padi memperoleh keuntungan bersih sebesar Rp.10.939.900,-/musim tanam/Ha, untuk tanam kedelai memperoleh keuntungan sebesar Rp.8.735.320,-/musim tanam/Ha, dan untuk tanaman jagung memperoleh keuntungan sebesar Rp.7.694.324,-/musim tanam/Ha.

D.1.3 Nilai air Industri

Kota Padang. Berdasarkan kriteria besar kebutuhan air industri menurut Purwanto, (1995) dalam Nurmawali, (2010), kebutuhan untuk industri besar sebesar 350 m³/hari atau 10.500 m³/bulan . Tarif dasar air PDAM Kota Padang di tetapkan untuk kategori 4B Rp. 11.600,-/m³.

D.1.4 Nilai Air Hotel

Kebutuhan air untuk hotel berdasarkan

standar konsumsi air PDAM di asumsikan sebesar 6 m³/tt/bulan. Nilai ekonomi air perhotelan dihitung berdasarkan konsumsi air perhotelan dikali tarif dasar air perusahaan Air Minum (PDAM) Kota Padang. Tarif dasar air PDAM Kota Padang di tetapkan untuk kategori 4B Rp. 7.300/m³.

D.1.5 Nilai air Rumah Sakit

Kebutuhan air untuk rumah sakit berdasarkan standar konsumsi air PDAM di asumsikan sebesar 8 m³/tt/bulan. Nilai ekonomi air rumah sakit dihitung berdasarkan pemakaian air dikali tarif dasar air perusahaan Air Minum (PDAM) Kota Padang. Tarif dasar air PDAM Kota Padang di tetapkan untuk kategori 3A Rp. 1.800,-/m³.

D.2 Analisis Evapotranspirasi (ET₀)

Berdasarkan analisis perhitungan nilai evapotranspirasi potensial dengan memasukkan data rata-rata temperatur minimum, temperatur maksimum, nilai kelembaban relatif, kecepatan angin dan lama penyinaran matahari maka, dengan bantuan software *cropwat 8.0* di peroleh nilai

evapotranspirasi potensial (ET₀) dari tahun 2008 sampai tahun 2017.

Tabel 3. Nilai Evapotranspirasi Potensial (ET₀)

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2008	66,11	60,94	65,07	67,51	65,89	56,86	101,54	116,51	113,96	115,28	105,36	103,64
2009	108,79	96,12	123,78	106,76	119,35	99,98	110,60	112,58	63,85	66,48	90,54	65,39
2010	64,61	60,22	108,23	111,80	60,88	99,98	99,64	116,80	112,14	98,00	93,10	108,19
2011	104,95	115,62	110,25	118,37	107,52	120,52	120,50	111,78	104,27	87,87	83,81	90,21
2012	127,50	109,34	126,08	117,43	112,38	111,54	118,74	118,87	114,69	107,69	92,48	101,48
2013	117,83	99,61	108,13	111,97	121,15	113,73	59,48	116,21	110,27	102,83	103,22	103,02
2014	123,51	123,35	112,48	114,21	61,12	107,26	121,75	114,79	111,83	111,91	95,29	103,82
2015	120,56	124,77	130,33	110,19	120,95	111,04	121,54	122,75	105,11	75,10	98,87	97,80
2016	70,44	129,23	135,46	114,80	112,05	104,07	125,78	117,50	114,12	103,22	105,70	93,43
2017	105,22	98,77	123,89	116,18	112,19	111,70	111,93	112,04	102,46	120,33	88,92	105,07
Rerata ET ₀ (mm/bulan)	100,95	101,80	114,37	108,92	99,35	103,67	109,15	115,98	105,27	98,87	95,73	97,21
Rerata ET ₀ (mm/15 hari)	50,48	50,90	57,19	54,46	49,67	51,83	54,58	57,99	52,64	49,44	47,86	48,60
Rerata ET ₀ (mm/hari)	3,26	3,64	3,69	3,63	1,60	3,46	3,52	3,74	3,51	3,19	3,19	3,14

D.3 Analisis Curah Hujan Efektif

Nilai curah hujan rata-rata diperoleh dari jumlah curah hujan setengah bulanan pada tahun (2008-2017).

Untuk mencari curah hujan R₈₀ data jumlah curah hujan setengah bulanan di urutkan dari nilai yang terbesar hingga ke yang terkecil. Kemudian menetapkan nilai curah hujan R₈₀ di hitung menggunakan rumus (9). Menentukan nilai curah hujan efektif tanam padi dan palawija dihitung berdasarkan persamaan (8).

Tabel 4. Curah Hujan efektif 80% dan 50% Ke I

Bulan											
Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
173	122	133	123	139	152	207	191	120	198	139	180
44	85	64	115	64	103	106	153	57	113	66	43

Tabel 4. Curah Hujan efektif 80% dan 50% Ke I (Lanjutan)

Bulan											
Jul		Agu		Sep		Okt		Nov		Des	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
136	136	203	175	133	177	208	260	330	176	258	154
118	11	83	119	65	68	31	102	254	154	142	61

*Ket: : Curah hujan keandalan 80% setengah bulanan
 : Curah hujan keandalan 50% setengah bulanan

Setelah diperoleh nilai R₈₀ di peroleh untuk tanaman padi sebesar bulan januari periode 1 sebesar 2,05 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 3,97 mm/hari. Bulan february periode 1 sebesar 2,99 mm/hari, dan periode ke 2

sebesar 5,37 mm/hari. Bulan maret periode 1 sebesar 2,99 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 4,81 mm/hari. Bulan April periode 1 sebesar 4,95 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 7,14 mm/hari. Bulan Mei periode 1

sebesar 2,66 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 5,27 mm/hari. Bulan Juni periode 1 sebesar 3,08 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 2,01 mm/hari. Juli periode 1 sebesar 5,51 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 0,51 mm/hari. Bulan Agustus periode 1 sebesar 3,87 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 5,55 mm/hari. Bulan September periode 1 sebesar 3,03 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 3,17 mm/hari. Bulan Oktober periode 1 sebesar 1,45 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 4,76 mm/hari. Bulan November periode 1 sebesar 11,85 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 7,19 mm/hari. Bulan Desember periode 1 sebesar 6,63 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 2,85 mm/hari.

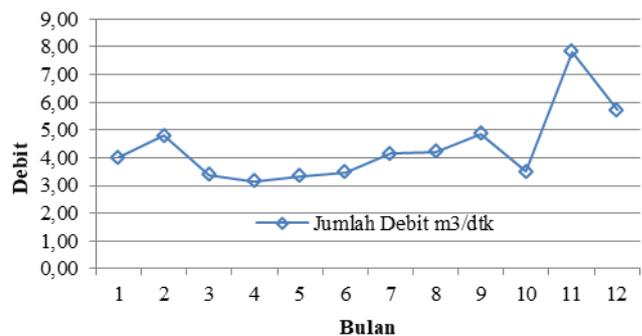
Nilai R_{50} di peroleh untuk tanaman padi sebesar bulan januari periode 1 sebesar 5,77 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 4,07 mm/hari. Bulan februari periode 1 sebesar 4,43 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 4,10 mm/hari. Bulan maret periode 1 sebesar 4,63 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 5,07 mm/hari. Bulan April periode 1 sebesar 6,90 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 6,37 mm/hari. Bulan Mei periode 1 sebesar 4,00 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 6,60 mm/hari. Bulan Juni periode 1 sebesar 4,63 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 6,00 mm/hari. Juli periode 1 sebesar 4,53 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 4,53 mm/hari. Bulan Agustus periode 1 sebesar 6,77 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 5,83 mm/hari. Bulan September periode 1 sebesar 4,43 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 5,90 mm/hari. Bulan Oktober periode 1 sebesar 6,93 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 8,67 mm/hari. Bulan November periode 1 sebesar 11,00 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 5,87 mm/hari. Bulan Desember periode 1 sebesar 8,60 mm/hari, dan periode ke 2 sebesar 5,13 mm/hari.

D.4 Kebutuhan Air Irigasi Alt.I, II dan III

Perhitungan kebutuhan air irigasi untuk alternatif I pola tanam Padi – Padi – Palawija (Kedelai), pola tanam alternatif II Padi Padi – Padi – Bera, dan pola tanam alternatif III Padi – Palawija (jagung) – Palawija (jagung).

D.5 Perhitungan Debit Andalan

Data debit dalam Tugas Akhir ini, perhitungan debit andalan berdasarkan pada data bulanan rata-rata yang tersedia dari hasil pengukuran debit dilapangan pada tahun 2007 sampai dengan tahun 2017. Perhitungan debit andalan 80%, ditentukan dengan mengurutkan data debit dari yang terbesar hingga ke yang terkecil sehingga diperoleh debit andalan bulan Januari sebesar 4,00 m³/detik, bulan Februari sebesar 4,80 m³/detik, bulan Maret sebesar 3,38 m³/detik, bulan April sebesar 3,35 m³/detik, bulan Mei sebesar 3,34 m³/detik, bulan Juni sebesar 3,48 m³/detik, bulan Juli sebesar 4,34 m³/detik, bulan Agustus sebesar 4,22 m³/detik, bulan September sebesar 4,86 m³/detik, bulan Oktober sebesar 3,50 m³/detik, bulan November sebesar 7,82 m³/detik, dan bulan Desember sebesar 5,73 m³/detik.



Gambar 2. Grafik Nilai Debit Rata-rata bulanan

Kebutuhan air masing-masing sektor untuk industri 121 buah sebesar 1.270.500 m³/bulan, hotel 1.219 tempat tidur sebesar 7.314 m³/bulan, rumah sakit 2.199 tempat tidur sebesar 17.592 m³/bulan, domestik 470.888 jiwa sebesar 2.350.440 m³/bulan dan luas irigasi 1.786 ha sebesar 1.744.922 m³/bulan/ha

Tabel 5. Volume Andalan Rata-Rata Bulanan

Bulan	Debit Andalan (m ³ /dtk)	Volume Debit (m ³ /bln)
Januari	4,00	10.368.000
Februari	4,80	12.441.600
Maret	3,38	8.760.960
April	3,15	8.164.800
Mei	3,34	8.657.280
Juni	3,48	9.020.160

Tabel 5. Volume Andalan Rata-Rata Bulanan (Lanjutan)

Bulan	Debit Andalan (m3/dtk)	Volume Debit (m3/bln)
Agustus	4,22	10.938.240
Juli	4,14	10.730.880
September	4,86	12.597.120
Oktober	3,50	9.072.000
November	7,82	20.269.440
Desember	5,73	14.852.160

Tabel 6. Jumlah kebutuhan air bulanan pertanian

Bulan	Jumlah kebutuhan air (m ³ /bulan/ha)		
	Pola Tanam I	Pola tanam II	Pola Tanam III
November	977,16	977,16	977,16
Desember	2858,25	2858,25	2858,25
Januari	3019,32	3019,32	3019,32
Februari	1061,12	1061,12	1061,12
Maret	1505,94	1505,94	4
April	2234,79	2234,79	0
Mei	1773,54	1773,54	174
Juni	2987,08	2987,08	674,72
Juli	746	746	41,73
Agustus	0	-	47,93
September	738,729	-	780,84
Oktober	0	-	0

D.6 Perhitungan evaluasi sumber daya air

Adapun model persamaan matematik fungsi tujuan dan fungsi kendala yang terdapat pada persamaan Tugas Akhir ini sebagai berikut:

Fungsi Tujuan (maksimal):

$$Z = a x_1 + b x_2 + c x_3 + d x_4 + e x_5$$

Alternatif I

$$Z = 11.600X_1 + 7.300X_2 + 1.800X_3 + 1.500X_4 + 2.431.089X_5$$

$$Z = 11.600X_1 + 7.300X_2 + 1.800X_3 + 1.500X_4 + 2.911.773X_5$$

Alternatif II

$$Z = 11.600X_1 + 7.300X_2 + 1.800X_3 + 1.500X_4 + 2.431.089X_5$$

Alternatif III

$$Z = 11.600X_1 + 7.300X_2 + 1.800X_3 + 1.500X_4 + 2.431.089X_5$$

$$Z = 11.600X_1 + 7.300X_2 + 1.800X_3 + 1.500X_4 + 1.709.850X_5$$

$$Z = 11.600X_1 + 7.300X_2 + 1.800X_3 + 1.500X_4 + 2.564.775X_5$$

Fungsi Kendala:

$$C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + C_4 X_4 + C_5 X_5 \leq Q_{total i}$$

Contoh perhitungan alt.1 bulan November sebagai berikut:

$$0.500 X_1 + 6 X_2 + 8 X_3 + 5 X_4 + 977 X_5 \leq 20.269.440$$

C1 X1	≐	Q1
10.500 X1	≐	1.270.500
C2 X2	≐	Q2
6 X2	≐	7.314
C3 X3	≐	Q3
8 X3	≐	17.592
C4 X4	≐	Q4
5 X4	≐	2.350.440
C5 X5	≐	Q5
977 X5	≐	1.744.922

Dengan:

a = Harga air untuk industri (Rp/m³)

b = Harga air untuk hotel (Rp/m³)

c = Harga air untuk rumah sakit (Rp/m³)

d = Harga air untuk rumah tangga (Rp/m³)

e = Harga keuntungan pertanian (Rp/bulan)

X₁ = Jumlah Industri

X₂ = Jumlah tempat tidur hotel

X₃ = Jumlah tempat tidur rumah

X₄ = Jumlah pemanfaatan air penduduk

X₅ = Luas pertanian (ha)

C₁ = Jumlah Kebutuhan air industri

C₂ = Jumlah Kebutuhan air Hotel

C₃ = Jumlah Kebutuhan air Rumah sakit

C₄ = Jumlah Kebutuhan air Rumah tangga

C₅ = Jumlah Kebutuhan air pada musim tanam (padi/palawija)

Q_i = Besar volume andalan pada musim tanam

Berikut hasil perhitungan optimasi alternatif I pada bulan November dengan menggunakan program *QM for Windows 5* yang terdapat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

	X1	X2	X3	X4	X5	RHS	Equation form
Maximize	11600	7300	1800	1500	2431089		Max 11600X1 + 7300X2 + 1800X3 + 1500X4 + 2431089X5
Industri	10500	0	0	0	0	≤ 1270500	10500X1 ≤ 1270500
Hotel	0	6	0	0	0	≤ 7314	6X2 ≤ 7314
Rumah Sakit	0	0	8	0	0	≤ 17592	8X3 ≤ 17592
Domestik	0	0	0	5	0	≤ 2350440	5X4 ≤ 2350440
Irigasi	0	0	0	0	977	≤ 1745208	977X5 ≤ 1745208

Gambar 3. Data Analisis Alternatif I pada *QM for Windows 5*

	X1	X2	X3	X4	X5		RHS
Maximize	11600	7300	1800	1500	2431089		
Industri	10500	0	0	0	0	<=	1270500
Hotel	0	6	0	0	0	<=	7314
Rumah Sakit	0	0	8	0	0	<=	17592
Domestik	0	0	0	5	0	<=	2350440
Irigasi	0	0	0	0	977	<=	1745207
Solution	121	1219	2199	470088	1786		5062027000

Gambar 4. Hasil Analisis Alternatif I pada *QM for Windows 5*

D.7 Hasil Analisis Evaluasi Program Linier

Berdasarkan hasil analisis evaluasi yang dihitung menggunakan program *QM for Windows 5* di peroleh hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 12 sampai Tabel 14.

Tabel 7. Hasil perhitungan alternatif I dengan Program *QM for Windows 5*

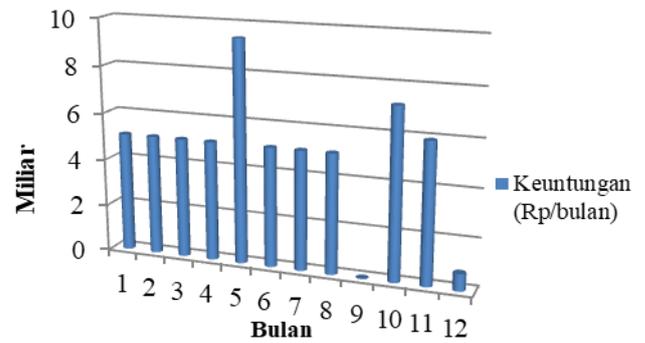
Bulan	X1 (Buah)	X2 (TT)	X3 (TT)	X4 (Jiwa)	X5 (Ha)	Keuntungan (Rp/bulan)
November	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.062.027.000
Desember	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.061.698.000
Januari	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.061.778.000
Februari	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.061.808.000
Maret	121	1.219	2.199	470.088	1.786	9.402.897.000
April	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.060.910.000
Mai	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.060.191.000
Juni	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.061.434.000
Juli	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.093.492.000
Agustus	121	1.219	2.199	470.088	0	719.392.500
September	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.920.823.773
Oktober	121	1.219	2.199	470.088	0	722.304.273
Total Keuntungan (Rp/tahun)						58.669.796.046

Tabel 8. Hasil perhitungan alternatif II dengan Program *QM for Windows 5*

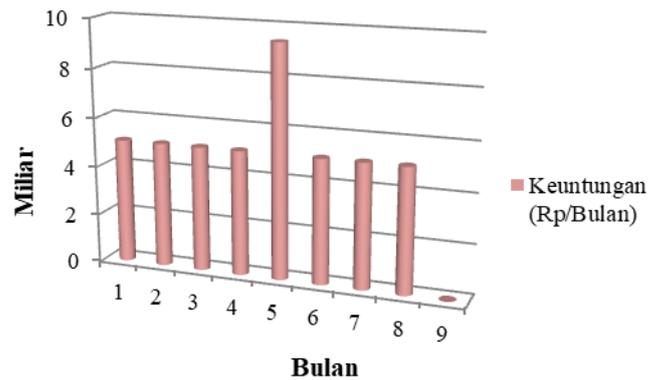
Bulan	X1 (Buah)	X2 (TT)	X3 (TT)	X4 (Jiwa)	X5 (Ha)	Keuntungan (Rp/bulan)
November	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.062.027.000
Desember	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.061.698.000
Januari	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.061.778.000
Februari	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.061.808.000
Maret	121	1.219	2.199	470.088	1.786	9.402.897.000
April	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.060.910.000
Mai	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.060.191.000
Juni	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.061.434.000
Juli	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.093.492.000
Basa	0	0	0	0	0	0
Total Keuntungan (Rp/tahun)						44.832.743.000

Tabel 9. Hasil perhitungan alternatif III dengan Program *QM for Windows 5*

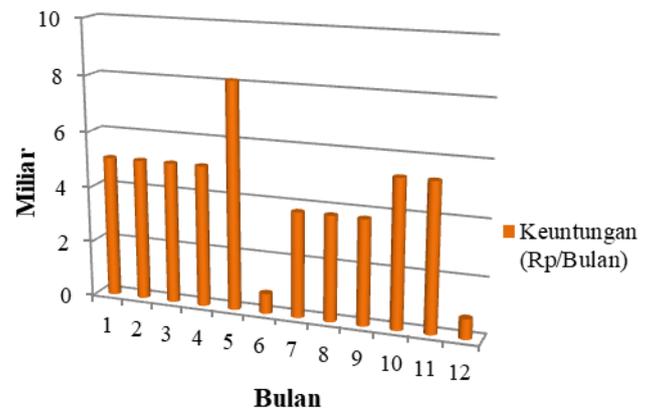
Bulan	X1 (Buah)	X2 (TT)	X3 (TT)	X4 (Jiwa)	X5 (Ha)	Keuntungan (Rp/bulan)
November	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.062.027.000
Desember	121	1.219	2.199	470.088	1.786	506.169.800
Januari	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.061.778.000
Februari	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.061.808.000
Maret	121	1.219	2.199	470.088	1.786	8.115.109.000
April	121	1.219	2.199	470.088	0	721.102.350
Mai	121	1.219	2.199	470.088	1.786	3.773.185.000
Juni	121	1.219	2.199	470.088	1.786	3.771.918.000
Juli	121	1.219	2.199	470.088	1.786	3.772.696.000
Agustus	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.301.256.000
September	121	1.219	2.199	470.088	1.786	5.299.142.000
Oktober	121	1.219	2.199	470.088	0	721.957.275
Total Keuntungan (Rp/tahun)						51.723.676.625



Gambar 5. Grafik Keuntungan Alternatif I



Gambar 6. Grafik Keuntungan Alternatif II



Gambar 7. Grafik Keuntungan Alternatif III

E. KESIMPULAN DAN SASARAN

E.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil seluruh perhitungan yang dilakukan untuk memperoleh hasil yang optimum maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besar kecilnya debit air sungai Lubuk Paraku sangat dipengaruhi oleh faktor tata guna lahan, Debit andalan 80% terbesar 7,82 m³/dtk atau 20.269.440 m³/bulan dan debit andalan 80% terendah sebesar 8.164.800 m³/bulan.

2. Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi kebutuhan air masing-masing sektor yang dapat memanfaatkan sumber daya air yaitu untuk industri sebanyak 121 buah industri, Hotel sebanyak 1.219 tempat tidur, Rumah Sakit sebanyak 2.199 tempat tidur, dan domestik sebanyak 470.088 jiwa dan luas irigasi seluas 1.786 ha.
3. Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi jumlah kebutuhan air tiap bulannya untuk pemenuhan kebutuhan air di DAS Batang Arau sudah tercukupi (*surplus*).
4. Besar nilai evaluasi kebutuhan air di DAS Batang Arau dengan menggunakan program *QM for Windows 5*, diperoleh keuntungan sebesar Rp. 58.669.796.046,00/tahun.

Menggunakan Program Linier. Vol.2, No.1, 2337-353.

Nurmawali, Risma. (2010). *Optimasi Pemanfaatan Air Dengan Program Linier (Linier Programming) Di Saluran Tarum Barat*.

Peraturan Menteri PUPR RI No.04/PRT/M/2015. *Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai*. Jakarta

Priyonugroho, Anton. (2014). *Analisis kebutuhan air irigasi: studi kasus pada daerah irigasi sungai air keban daerah kabupaten empat lawang*. Vol.2.No.3, 2355-374X,459

S.K, Sidharta \$ dkk. (1997). *Irigasi dan Bangunan Air*. Gunadarma, Jakarta.

Triatmodjo, Bambang. (2016). *Hidrologi Terapan*. Beta Offeset, Yogyakarta.

E.2 Saran

1. Pentingnya keasadaran bagi masyarakat untuk memperhatikan tata guna lahan yang sebaiknya agar tidak terjadi bajir maupun kekeringan.
2. Pentingnya mengingatkan masyarakat upaya dalam menghemat dalam penggunaan kebutuhan air dan menggunakan air seperlunya saja.
3. Pentingnya upaya gerakan penghijauan atau reboisasi pada sepanjang aliran sungai.
4. Menegakkan aturan yang tegas dalam mengatur pemanfaatan dan pengelolaan air oleh pemerintah.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standar Nasional, (2004). *Tata acara Perhitungan evapotranspirasi Tanaman acuan dengan metode panman-mountheith*.

Biro Pusat Statistik Kota Padang, (2016). *Padang Dalam Angka. BPS Kota Padang*. Padang

Direktorat Jendral Pengairan, (1986). *Standar Perencanaan Irigas Pekerjaan Umum*, PT. Galang Persada, Bandung

Mochammad, Taufan L & dkk. (2013). *Studi Optimal Pola Tanam Pada Daerah irigasi Konto Surabaya Dengan*