



Optimasi Pola Tata Tanam di Daerah Irigasi Gembleng Kabupaten Banyuwangi Menggunakan Program Dinamik ¹

Optimization of cropping pattern in Irrigated Area Gembleng Banyuwangi Region Using Dynamic Program

Ahmad Rizza Lufafi^{a,2}, Wiwik Yunarni Widiarti^b, Entin Hidayah^b

^a Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

^b Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

ABSTRAK

Bendung Gembleng terletak di antara Desa Aliyan, Kecamatan Rogojampi dan Desa Parijatah Wetan, Kecamatan Srono, Kabupaten Banyuwangi, merupakan bendung yang dibangun untuk menampung air dari aliran sungai Bomo. Bendung Gembleng digunakan untuk memenuhi kebutuhan irigasi sawah dengan luasan baku sebesar ± 1735 Ha. Ketika musim kemarau daerah irigasi Gembleng sering mengalami kekeringan dan pembagian air tidak merata. Oleh karena itu, upaya optimasi menggunakan program dinamik dilakukan untuk optimalisasi air irigasi sehingga dapat meningkatkan keuntungan hasil panen. Hasil dari penelitian ini berupa kebutuhan air untuk irigasi tiap tahun andalan yaitu, padi musim hujan $7,599 \text{ m}^3/\text{dt}$, padi musim kering I $7,93 \text{ m}^3/\text{dt}$, palawija musim kering II $5,35 \text{ m}^3/\text{dt}$ untuk tahun cukup. Pola tata tanam optimal yang diperoleh adalah padi, padi-palawija, dan palawija. Luas lahan optimum pada musim kering I yang dapat ditami pada tahun cukup untuk padi 849 ha dan palawija 886 ha. Keuntungan maksimal yang dapat diperoleh dari tiap tahun andalan yaitu sebesar Rp. 4.361.274.415,23 dengan peningkatan 23,28 % pada tahun cukup.

Kata kunci: Gembleng, program dinamik, optimasi.

ABSTRACT

Gembleng Dam is located between Aliyan Village, Rogojampi District and Parijatah Wetan Village, Srono District, Banyuwangi Regency. The dam was built to store water from Bomo River. The Gembleng Dam is used for land irrigation with a service area of ± 1735 Ha. During the dry season, The Gembleng irrigation often experiences drought and uneven water distribution. Therefore, optimization efforts using a dynamic program is used to optimize irrigation water so that it can increase yields. The results of this study are the water needed for irrigation every year is rice in rainy season $7,599 \text{ m}^3 / \text{sec}$, rice in dry season I $7.93 \text{ m}^3 / \text{sec}$, secondary corps in dry season II $5.35 \text{ m}^3 / \text{sec}$ for a possible year. The optimal cropping pattern is rice for rainy, rice and secondary corps for the first dry season, and secondary corps for the second dry season. The optimum land area that can be planted in a possible year is 849 ha of the dry season and 886 ha of secondary corps. For the normal year is 800 ha of rice and 935 ha of secondary corps. By using dynamic programming, the profit for enough years is Rp. 4,361,274,415.23 with increased of 23.28%.

Keywords: Gembleng, dynamic programming, optimization.

¹ Info Artikel: Received: 15 Juli 2019, Accepted: 21 April 2020

² Corresponding Author: rizzalufafi@gmail.com (A.R. Lufafi)

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok terpenting makhluk hidup untuk memenuhi kebutuhan secara berkelanjutan. Salah satunya adalah untuk pertumbuhan tanaman, dengan menentukan kebutuhan air untuk tanaman dapat meningkatkan kualitas produksi pangan. Namun pada kenyataannya jumlah ketersediaan air dan kebutuhan air sering berbeda seiring perubahan periodenya. Oleh karena itu sudah sepantasnya sumberdaya air tersebut dikelola secara maksimal sehingga potensi yang terkandung di dalamnya dapat dimanfaatkan secara penuh untuk pertumbuhan tanaman.

Daerah irigasi Bendung Gembleng yang terletak di perbatasan antara Desa Aliyan, Kecamatan Rogojampi dengan Desa Parijatah Wetan, Kecamatan Srono, Kabupaten Banyuwangi yang memiliki luasan baku sawah ± 1735 Ha. Ketika musim kemarau daerah irigasi Gembleng sering mengalami kekeringan dan pembagian air tidak merata. Sehingga dibutuhkan cara pengolahan air yang tepat untuk dapat memperhitungkan. Oleh karena itu, upaya optimasi menggunakan program dinamik dilakukan untuk optimalisasi air irigasi sehingga dapat meningkatkan keuntungan hasil panen.

Program dinamik merupakan teknik matematis yang digunakan untuk membuat suatu keputusan dari serangkaian keputusan yang terkait. Hal ini sesuai dengan permasalahan pola tata tanam yang membutuhkan penyelesaian secara bertahap. Penerapan program dinamik dilakukan untuk memperoleh kebutuhan air masing masing tanaman setiap musim tanam, pola tata tanam maksimal, luas lahan optimal, dan keuntungan (RP) yang dihasilkan dari pola tata tanam tersebut.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Penelitian ini berlokasi di daerah irigasi Bendung Gembleng yang terletak pada 8.362916° LS dan 114.253060° BT, di antara Desa Aliyan, Kecamatan Rogojampi dan Desa Parijatah Wetan, Kecamatan Srono, Kabupaten Banyuwangi yang memiliki luasan baku sawah ± 1735 Ha.



Gambar 2 Peta lokasi penelitian di Kabupaten Banyuwangi

Pengumpulan data

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung, data tersebut sudah diolah terlebih dahulu oleh lembaga atau instansi yang berwenang. Data Sekunder dapat berupa arsip, dokumentasi penelitian terdahulu, literatur, dan sebagainya. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Berikut data sekunder yang di perlukan:

1. Data Curah Hujan
Data curah hujan diperlukan untuk mengetahui curah hujan andalan dan curah hujan efektif yang digunakan untuk menentukan kebutuhan air tanaman di daerah irigasi. Data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan tahun 2008-2017
2. Data Debit
Data debit diperlukan untuk mengetahui data debit yang ada pada intake di daerah irigasi tersebut. Data debit yang digunakan data tahun 2008-2017. Data di dapat dari Dinas Perairan Kabupaten Banyuwangi.
3. Data Klimatologi
Data klimatologi yang dibutuhkan berupa data evapotranspirasi, suhu/temperatur, kelembapan udara, kecepatan angin, dan radiasi matahari. Data klimatologi yang digunakan tahun 2008-2017.
4. Data Analisa Hasil Usaha Tani
Data analisa usaha tani digunakan sebagai variabel untuk mencari nilai keuntungan maksimum dalam perhitungan optimasi . data yang digunakan tahun 2017.
5. Data Rencana Tata Tanam Global (RTTG)
Data RTTG yang di butuhkan meliputi gambaran luasan area studi, pola tata tanam yang digunakan, dan jadwal tanam setiap tahun.
6. Skema Jaringan
Data skema jaringan untuk mengetahui kondisi dan tataletak bangunan bagi, sadap, ataupun bagi sadap, mengetahui debit yang dialirkan dan mengetahui luas petak sawah yang dialiri.

Langkah-langkah pengolahan data

Tahapan dalam pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengolah data curah hujan,
 - a. Menentukan curah hujan wilayah data didapat dari instansi terkait,
 - b. Menghitung curah hujan andalan dengan metode tahun penentu (*basic year*), dan
 - c. Menghitung curah hujan efektif dengan masukan data curah hujan andalan.
2. Mengolah data debit andalan,
 - a. Mengolah data klimatologi di gunakan untuk sehubungan penyiapan lahan menggunakan metode Van De Goor dan Ziljstra,
 - b. Data klimatologi dibutuhkan untuk mencari nilai evapotranspirasi menggunakan metode Penman,
3. Mengolah data klimatologi,
4. Menghitung besarnya kebutuhan air tanaman,
5. Menghitung kebutuhan air di sawah,
6. Menghitung kebutuhan air di intake,
7. Menghitung neraca air untuk menentukan apakah debit yang tersedia dapat memenuhi kebutuhan,
8. Optimasi pola tata tanam,

Optimasi alokasi air pada petak tersier menggunakan Program dinamik di gunakan untuk optimasi alokasi air pada petak tersier, dengan tujuan memaksimalkan hasil produksi dengan mempertimbangkan debit air yang tersedia, kebutuhan air irigasi dan luas lahan pertanian.

Tahapan perhitungan program dinamik

Tahapan penyelesaian permasalahan optimasi alokasi air pada Daerah Irigasi Gembleng sebagai berikut:

1. Menghitung besarnya volume air yang dibutuhkan untuk masing masing bangunan bagi, sadap, dan bagi sadap,
2. Menghitung volume yang tersedia dari debit andalan yang dialirkan terus menerus,
3. Volume yang tersedia dan volume yang dibutuhkan, dihitung luas lahan yang teraliri oleh debit yang ada pada tiap periode tanam pada masing masing bangunan irigasi,
4. Menentukan keuntungan sebagai fungsi debit yang merupakan keuntungan dari debit yang dialirkan pada tiap bangunan,
5. Membuat tabel yang berisi:
 - a. Debit awal (tersedia) untuk dialokasikan,
 - b. Debit akhir,
 - c. Besar debit yang dialkasikan untuk setiap tahap tersebut,
 - d. Keuntungan debit yang dihasilkan dari debit yang dialokasikan untuk masing-masing tahap,
 - e. Didapatkan keuntungan dari masing masing tahap,
 - f. Didapatkan variabel keputusan yaitu debit guna maksimum yang dialirkan pada tiap bangunan bagi, sadp, dan bagi sadap,
6. Hasil dari tahap pertama di tranformasikan ketahap selanjutnya, demikian sampai akhir,
7. Keuntungan maksimum yang didapat pada tahap terakhir merupakan kebijakan total secara keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketersediaan air untuk pola tata tanam

Ketersediaan air untuk keperluan irigasi secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu ketersediaan air di lahan dan ketersediaan air di bangunan pengambilan (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986).

Analisa curah hujan

Data curah hujan yang didapat sebelum digunakan lebih dulu dilakukan pengujian konsistensinya untuk mengetahui adanya perubahan data atau tidak dalam data tersebut. Metode yang digunakan dalam pengujian menggunakan metode kurva masa ganda (*double mass curve*). Data hujan yang digunakan merupakan data hujan tahunan dari tahun 2008 sampai tahun 2017.

Tabel 1 Nilai Koefisien Determinasi (R^2) tiap stasiun hujan

No	Nama Stasiun Hujan	Nilai Koefisien Determinasi (R^2)
1	Temuguruh	0,9964
2	Blambangan	0,9985
3	Sukonatar	0,998
	Rerata	0,990

Curah hujan andalan dan curah hujan efektif

Curah hujan andalan dihitung dengan tingkat keandalan yang telah ditentukan dan disesuaikan dengan keandalan debit (Sosrodarsono, 1976: 204):

1. Debit air musim kering: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 355 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $355/365 = 97,26\% = 97\%$
2. Debit air rendah: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 275 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $275/365 = 75,34\% = 75\%$
3. Debit air normal: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 185 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $185/365 = 50,68\% = 51\%$
4. Debit air cukup (*affluent*): debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 95 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $95/365 = 26,03\% = 26\%$

Tabel 2 Perhitungan Curah Hujan Andalan (mm)

(R 97, R 75, R 51, R 26)

No	Data Hujan (mm)		Rangking Data		Keterangan
	Tahun	R	Tahun	R	
1	2008	1631,17	2014	1338,33	R 97 (kering)
2	2009	2057,00	2012	1357,33	
3	2010	2944,67	2015	1385,33	
4	2011	1561,00	2011	1561,00	R 75 (rendah)
5	2012	1357,33	2008	1631,17	
6	2013	2698,67	2009	2057,00	R 51 (normal)
7	2014	1338,33	2016	2169,67	
8	2015	1385,33	2017	2608,33	R 26 (cukup)
9	2016	2169,67	2013	2698,67	
10	2017	2608,33	2010	2944,67	

Curah hujan efektif tanaman padi adalah 70% dari curah hujan andalan. Curah hujan efektif untuk palawija ditentukan berdasarkan evapotranspirasi potensial yang terjadi, curah hujan rata-rata, dan ketersediaan air tanah yang siap dipakai (pendekatan kedalaman perakaran).

Evapotranspirasi potensial

Data yang digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi merupakan data klimatologi Stasiun Klimatologi Banyuwangi selama 10 tahun dari tahun 2008 sampai 2017. Perhitungan evapotranspirasi potensial menggunakan metode Penman Modifikasi, langkah di bawah merupakan contoh perhitungan nilai evapotranspirasi dengan Penman Modifikasi.

Kebutuhan air tanaman

Jumlah air yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan yang optimal tanpa kekurangan air disebut Kebutuhan air tanaman, jumlah air tersebut dinyatakan dalam netto kebutuhan air (*netto from requitment, NFR*).

Koefisien tanaman

Nilai koefisien tanaman (*k*) setipa tanaman berbeda-beda, besarnya berubah sesuai dengan pertumbuhan tanaman itu sendiri. Berikut adalah nilai koefisien tanaman yang digunakan, tertuang dalam tabel

Tabel 3 Koefisien Tanaman

Padi (Varietas Unggul)		Palawija (Jagung)	
Umur (hari)	K	Umur (hari)	K
10	1.1	10	0.5
20	1.1	20	0.65
30	1.1	30	0.75
40	1.05	40	1.00
50	1.05	50	1.00
60	1.05	60	1.00
70	0.95	70	0.82
80	0.95	80	0.72
90	0	90	0.45

Perkolasi

Daerah Irigasi Gembleng memiliki jenis tanah lempung dengan ciri warna hitam dan mempunyai tampilan bongkah-bongkah yang pecah dengan nilai perkolasi sebesar 1,8 mm/hr.

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan dapat dihitung dengan menggunakan metode Van de Goor dan Zijlstra (1986).

Pergantian lapisan air

Proses pergantian lapisan air hanya dilakukan untuk tanaman padi, sedangkan palawija tidak diperlukan. Perhitungan pergantian lapisan air adalah sebagai berikut:

$$WLR = \frac{50mm}{30hari} = 1,667mm/hr$$

Efisiensi irigasi

Besarnya efisiensi irigasi yang digunakan dalam perhitungan sebesar 65 %.

Kebutuhan air irigasi

Kebutuhan air irigasi merupakan kebutuhan bersih air irigasi di lahan sawah seluas petak tersier yang dibagi dengan besarnya nilai efisiensi saluran irigasi.

Debit yang tersedia di bendung Gembleng

Data debit intake bendung Gembleng yang digunakan adalah data selama 10 tahun terakhir yaitu dari tahun 2008 sampai 2017. Perhitungan data debit menggunakan metode *basic year* dengan keandalan 97% (tahun kering), 75% (tahun Rendah), 51% (tahun normal), dan 26% (tahun cukup) dengan menggunakan rumus weibull.

Tabel 4 Perhitungan Probabilitas Debit dengan Rumus Weibull

No	Data Debit		Rangking Data		Keterangan
	Tahun	Q(m ³ /dt)	Tahun	Q(m ³ /dt)	
1	2008	50,505	2011	83,530	
2	2009	39,058	2010	78,856	
3	2010	78,856	2013	77,523	Q cukup
4	2011	83,530	2012	53,518	
5	2012	53,518	2008	50,505	
6	2013	77,523	2009	39,058	Q normal
7	2014	31,381	2016	36,632	
8	2015	36,475	2015	36,475	Q rendah
9	2016	36,632	2017	35,378	
10	2017	35,378	2014	31,381	Q kering

Neraca air

Berdasarkan hasil Analisa neraca air antara debit kebutuhan dari hasil perhitungan kebutuhan air irigasi dibandingkan dengan debit ketersediaan air pada bendung Gembleng di peroleh pada periode MK 1 pada awal tahun normal, rendah, kering, dan cukup mengalami kekurangan air.

Analisa optimasi

Berdasarkan analisis sebelumnya, pada studi ini terjadi kekurangan air irigasi pada saat MK I tahun normal, tahun sedang dan tahun kering. Jadi yang akan dioptimasi dalam perhitungan selanjutnya adalah :

- a. Padi MK I pada saat tahun cukup.
- b. Padi MK I pada saat tahun normal.
- c. Padi MK I pada saat tahun rendah.
- d. Padi MK I pada saat tahun kering.

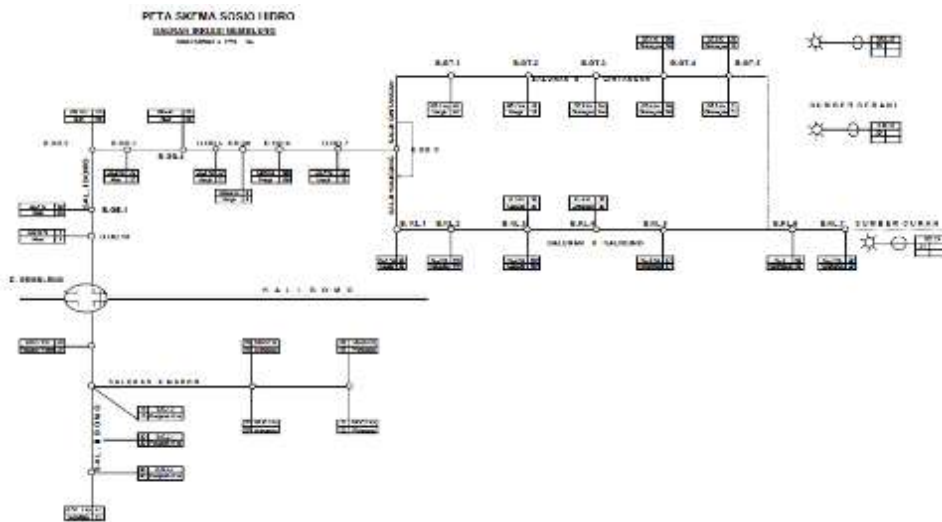
Analisa manfaat

Manfaat penggunaan penyediaan air untuk irigasi pada masing-masing bangunan bagi, sadap, dan bagi sadap pada Daerah Irigasi Gembleng dapat dihitung berdasarkan keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk yang dihasilkan dikurangi dengan biaya yang dikeluarkan dalam proses produksi.

Tabel 5 Manfaat bersih tanaman perhektar

Tanaman	Produksi Ton/ha [1]	Harga Rp/ton [2]	Total Harga Rp/ton [3]	Biaya Produksi Rp/ha [4]	Manfaat Irigasi Rp/ha [5]
Padi (tahun cukup)	6,509	5.000.000	32.545.000	15.460.000,00	17.085.000
Palawija (tahun cukup)	6,700	3.500.000	23.450.000	14.005.000,00	9.445.000

Keuntungan sebagai fungsi debit

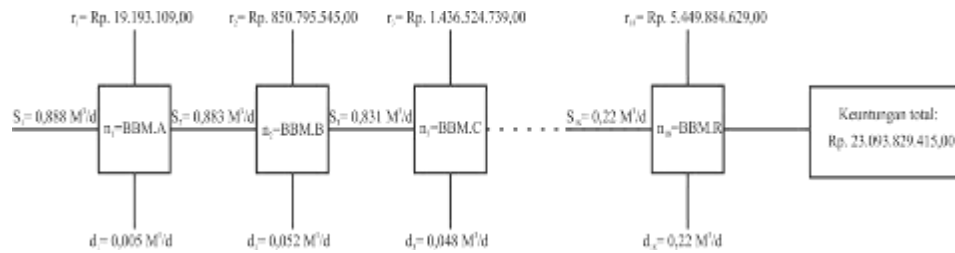


Gambar 2 Skema Jaringan Gembleng Kabupaten Banyuwangi

Dengan diketahui luas lahan yang dapat ditanami dan besarnya biaya produksi per hektar, maka dapat dihitung besarnya keuntungan dari debit yang dialirkan pada tiap bangunan bagi, sadap, dan bagi sadap B.B.M.A, - B.B.M.R pada Daerah Irigasi Gembleng yang selanjutnya dinyatakan sebagai keuntungan sebagai fungsi debit.

Optimasi alokasi air

Sistem tahapan program dinamik dalam studi ini menggunakan metode *forward recursive*, yaitu dimulai dari tahap awal bergerak menuju tahap akhir. Tahapan tersebut dimulai dari BBM.A, - BBM.R. Lebih jelasnya dapat dilihat pada bagan sistem tahapan program dinamik sebagai berikut:



Gambar 3 Bagan sistem tahapan program dinamik pada Daerah Irigasi Gembleng

Hasil optimasi

Keseluruhan hasil optimasi menggunakan program dinamik pada Daerah Irigasi Gembleng, didapatkan jalur optimal berupa pengalokasian debit yang menghasilkan keuntungan produksi maksimal. Jalur optimal yang didapat pada bangunan bagi, sadap, dan bagi sadap 1 sampai 18 setiap periode tanam.

Tabel 6 Debit yang digunakan tiap bangunan pada tahun cukup

BBM A	BBM B	BBM C	BBM D	BBM E
0,005	0,052	0,048	0,008	0,022
BBM F	BBM G	BBM H	BBM I	BBM J
0,010	0,004	0,046	0,008	0,160
BBM K	BBM L	BBM M	BBM N	BBM O
0,058	0,050	0,082	0,036	0,030
BBM P	BBM Q	BBM R		
0,030	0,020	0,220		

Keuntungan terbesar didapatkan pada saat nilai debit tertinggi seperti pada tahun cukup debit tertinggi adalah 0,22 m³/det yang menghasilkan keuntungan sebesar Rp 5.449.884.616,64 tahun normal debit tertinggi adalah 0,17 m³/det yang menghasilkan keuntungan sebesar Rp 4.750.680.495,61 untuk tahun rendah debit tertingginya sebesar 0,28 m³/det yang menghasilkan keuntungan sebesar Rp. 5.519.178.592.00 serta untuk tahun kering debit tertingginya sebesar 0,28 m³/det dengan keuntungan Rp. 6.137.192.430,07

Dari hasil perhitungan dapat dibandingkan keuntungan produksi sebelum dan sesudah optimasi. Untuk :

1. Keuntungan total sebelum optimasi untuk tahun cukup Rp. 18.732.555.000,00 dan keuntungan setelah optimasi sebesar Rp. 23.093.829.415,23 dengan selisih sebesar Rp. 4.361.274.415,23
2. Keuntungan total sebelum optimasi untuk tahun normal Rp. 20.268.195.000,00 dan keuntungan setelah optimasi sebesar Rp.22.683.798.349,00 dengan selisih sebesar Rp. 2.415.603.349,00

3. Keuntungan total sebelum optimasi untuk tahun rendah Rp. 20.543.235.000,00 dan keuntungan setelah optimasi sebesar Rp. 23.407.509.024,50 dengan selisih sebesar Rp. 2.864.355.024,00
4. Keuntungan total sebelum optimasi untuk tahun rendah Rp. 21.284.315.000,00 dan keuntungan setelah optimasi sebesar Rp. 24.234.778.487,00 dengan selisih sebesar Rp. 2.950.463.487,00

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pembahasan maka dapat disimpulkan hasil penelitian sebagai berikut :

- a. Kebutuhan air irigasi untuk tanaman padi, padi dan palawija, dan palawija pada masing-masing musim tanam adalah :
 - 1) tahun cukup adalah padi mh = 7,599 m³/dt, padi mk I = 7,93 m³/dt, palawija mk II = 5,35 M³/dt
 - 2) tahun normal adalah padi mh = 14,604 m³/dt, padi mk I = 8,997 m³/dt, palawija mk II = 5,154 M³/dt
 - 3) tahun rendah adalah padi mh = 17,368 m³/dt, padi mk I = 7,642 m³/dt, palawija mk II = 7,801 M³/dt m³
 - 4) tahun kering adalah padi mh = 18,302 m³/dt, padi mk I = 9,073 m³/dt, palawija mk II = 7,801 m³ /dt
- b. Dengan penerapan program dinamik, di daerah irigasi Gembleng pola tanam yang optimum adalah padi-padi/palawija-palawija
- c. Luas lahan optimum yang dapat teraliri pada masing-masing bangunan sadap adalah:
 - 1) tahun cukup untuk padi 849 ha.
 - 2) tahun normal untuk padi 800 ha.
 - 3) tahun rendah untuk padi 897 ha.
 - 4) tahun kering untuk padi 1016 ha.

Sedangkan untuk keuntungan yang diperoleh dari debit yang dialirkan pada Daerah Irigasi Gembleng yaitu:

- 1) Keuntungan sebesar Rp. 4.361.274.415,23 dengan peningkatan 23,28 % pada tahun cukup.
- 2) Keuntungan sebesar Rp. 2.415.603.349,00 dengan peningkatan 11,9 % pada tahun normal.
- 3) Keuntungan sebesar Rp. 2.864.355.024,00 dengan peningkatan 13,94 % pada tahun rendah.
- 4) Keuntungan sebesar Rp. 2.950.463.487,00 dengan peningkatan 12,17 % pada tahun kering

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penerbit Universitas Jember. 2011. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*, Edisi Ketiga. Jember : Badan Penerbit Universitas Jember.
- Dewantara, Candra A. 2016. *Studi Optimasi Alokasi Air Pada Daerah Irigasi Gembleng Kabupaten Banyuwangi Menggunakan Program Linear*. Skripsi Universitas Jember.
- Dirjen Pengairan, Departemen PU. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi (Bagian Penunjang, KP 01 – 07)*. Direktorat Jenderal Pengairan: Departemen Pekerjaan Umum.

- Montarjih, Lily & Soetopo, Widandi. 2009. *Manajemen Air Lanjut*. Malang: CV. Citra Malang.
- Riani, Suliantika. 2015. Studi Optimasi Pola Tata Tanam di Daerah Irigasi Gempleng Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso Dengan Program Dinamik. Skripsi Universitas Jember
- Ritonga, A. S. 2015. Penerapan Program Dinamis Untuk Simulasi Perencanaan Pola Tanam. *Sistem Jurnal Ilmu Ilmu Teknik*,11 (2), 1-11.
- Subagyo, P., Asri, M. & Handoko, T. H. 1984. *Dasar-Dasar Operation Research*.Yogyakarta: BPF.
- Soemarto, C. D. 1986. *Hidrologi Teknik Edisi 1*. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- Sosrodarsono, S & Takeda, K. 1976. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Wilson, E. M. 1993. *Hidrologi Teknik Edisi 4*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.