Jurnal Teknik Pengairan, 2021, 12(2) pp.186-196

Analisa Optimasi Irigasi Pada Daerah Irigasi Alopohu Kabupaten Gorontalo Dengan Program Dinamik Deterministik

Analysis of Irrigation Optimization in Alopohu Irrigation Area, Gorontalo District with Deterministic Dynamic Program

Ekarapi Tirta Babba[1*)], Lily Montarcih Limantara[1], Widandi Soetopo[1]

[1]Program Magister Teknik Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya

Article info:
Kata kunci:

Dinamik; irigasi; optimasi; sinus perkalian

Keywords:

Dynamics; irrigation; optimization; sine product

Article history:
Received: 27-02-2021
Accepted: 07-12-2021

[*)]Koresponden email:
ekarapi6@gmail.com

Abstrak

Kabupaten Gorontalo mempunyai luas wilayah daratan seluas 2.125,47 km^2. Potensi Lahan pada tahun 2015 di Kabupaten Gorontalo mencapai 13.958 hektar. Bahan pangan yang ditanam di Daerah Irigasi Alopohu adalah padi, ubi kayu, jagung, ubi jalar, kacang kedelai, kacang tanah, buah dan sayuran. Tujuan penelitian ini adalah mengoptimalkan air dan lahan sehingga tercapai keuntungan yang maksimum. Metode yang dilakukan adalah Model Sine Product untuk menghitung nilai-nilai pada tabel akibat. Pada penelitian ini dilakukan dua tahap, yaitu (1) membuat (menghitung) Tabel Akibat, dan (2) menerapkan model Program Dinamik untuk optimasi alokasi air irigasi secara spasial antar petak irigasi. Program dinamik memberikan prosedur yang sistematis untuk penentuan kombinasi pengambilan keputusan yang memaksimumkan keseluruhan efektivitasnya. Dengan menggunakan program dinamik didapatkan keuntungan maksimum sebesar Rp 29.667.765.046, dimana keuntungan tersebut didapatkan dari produksi gabah sebesar 6.593 ton gabah. Hasil panen tersebut dihasilkan hanya dengan luas sawah sebesar 1.538 ha. Nilai perbandingan hasil panen per ha yaitu kondisi eksisting (sebelum optimasi) adalah 3,90 ton/ha sedangkan setelah optimasi sebesar 4,29 ton/ha.

Abstract

Gorontalo Regency has a land area of 2,125.47 km^2. Land potential in 2015 in Gorontalo Regency reached 13,958 hectares. Foodstuffs grown in the Alopohu Irrigation Area are rice, cassava, corn, sweet potatoes, soybeans, peanuts, fruits, and vegetables. This research aims to optimize water and land to achieve maximum profit. The Sine Product Model method is used to calculate the values in the effect table. In this study, two stages were carried out, namely (1) creating (calculation) Effect Tables, and (2) applying the Dynamic Program model to optimize the spatial allocation of irrigation water between irrigation plots. Dynamic programming provides a systematic procedure for determining the combination of decision-making that maximizes its overall effectiveness. By using the dynamic program, a maximum profit of Rp. 29,667,765,046 was obtained, where the profit was obtained from the production of 6,593 tons of grain. The yields were produced only on an area of 1,538 ha of rice fields. The comparison value of crop yields per ha, namely the existing condition (before optimization) is 3.90 tons/ha while after optimization is 4.29 tons/ha.

Kutipan: Babba, E.T., Limantara, L.M., Soetopo, W. (2021). Analisa Optimasi Irigasi Pada Daerah Irigasi Alopohu Kabupaten Gorontalo Dengan Program Dinamik Deterministik. *Jurnal Teknik Pengairan.*
https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2021.012.02.10

1. Pendahuluan

Kabupaten Gorontalo merupakan dataran tinggi dengan ketinggian rata- rata 50 meter di atas permukaan laut, Gorontalo berada antara 00.24" - 10.02 Lintang Utara (LU) dan 1210.59" – 1230.32 Bujur Timur (BT). Dengan kemiringan wilayah dan ketinggian di atas permukaan laut maka dapat disimpulkan bahwa 71,83 % wilayah kabupaten Gorontalo adalah perbukitan. Kabupaten Gorontalo memiliki 55 buah sungai besar dan kecil yang bermuara pada satu danau (Danau Limboto). Paguyaman dan DAS Bone Bolango yang bermuara di Teluk Tomini merupakan daerah aliran sungai yang mengaliri daerah tersebut (BWS Sulawesi II).

Daerah Irigasi Alopohu terletak di Kabupaten Gorontalo Propinsi Gorontalo tepatnya di 4 (empat) kecamatan yang disebut Kecamatan Tibawa, Kecamatan Limboto Barat, Kecamatan Dungaliyo dan Kecamatan Bangomeme. Struktur jalan menuju lokasi pekerjaan berupa aspal dengan kondisi rata-rata baik (BWS Sulawesi II).

Penggunaan Program Dinamik dalam model optimasi alokasi air irigasi, baik alokasi spasial (alokasi air antar petak) maupun alokasi temporal (penjadwalan/*scheduling* pemberian air) masih tetap merupakan hal yang menarik untuk diteliti. Apabila pada bangunan pengambilan utama di sungai terdapat kapasitas tampungan waduk, maka permasalahan utama adalah optimasi alokasi irigasi secara temporal. Sedangkan apabila tidak tersedia tampungan (hanya berupa bendung), maka permasalahan utama adalah optimasi alokasi air irigasi secara spasial. Dalam masalah optimasi, dicoba untuk melakukan maksimal atau minimalis dari suatu fungsi numerik dengan sejumlah perubah atau fungsi yang membatasi banyak sekali alternatif yang mungkin dapat digunakan dalam masalah optimasi pemenuhan kebutuhan air irigasi titik dimana setiap alternatif mempunyai kekurangan dan kelebihan sesuai dengan karakteristik dan fungsi utamanya dalam studi ini karena program ini mampu menganalisis masalah-masalah yang baik menurut waktu maupun tempat dengan jaringan dimensi reservoir (Cristiano Cervellera, 2006).

Model *Sine Product* digunakan untuk menghitung nilai-nilai pada tabel akibat. Dilakukan dua proses dalam melakukan penelitian ini, yaitu (1) membuat (menghitung) Tabel Akibat, dan (2) menerapkan model Program Dinamik untuk optimasi alokasi air irigasi secara spasial antar petak irigasi. Nilai dari Fungsi Tujuan akan dicari (dibaca) pada Tabel Akibat (*Return*) yang menyatakan berapa besarnya nilai moneter hasil panen pada petak irigasi tertentu akibat alokasi air irigasi tertentu di bendung untuk petak irigasi tersebut (dalam persen). Untuk setiap musim tanam (12 periode 10 harian) akan ada 1 Tabel Akibat yang menyajikan nilai moneter hasil panen dari tiap daerah irigasi untuk setiap nilai alokasi air di bendung (persen dari debit yang tersedia). Untuk dapat menghitung nilai-nilai dari Tabel Akibat pada penelitian ini digunakan suatu fungsi Produksi Irigasi dalam bentuk model Sinus-Perkalian (Soetopo, 2007).

Daerah irigasi Alopohu mempunyai luas Daerah Irigasi 1538 ha, terdiri dari 3 bendung yaitu Bendung Alo, mempunyai 15 (lima belas) buah bangunan bagi, Bendung Alopohu dan Bendung Pohu, mempunyai 17 (tujuh belas) buah bangunan bagi. Sistem pola tanam yang dipakai oleh masyarakat pengguna lahan irigasi adalah Padi - Padi. Besarnya debit yang tidak stabil pada setiap musim mengakibatkan terjadi kekurangan air di waktu tertentu (BWS Sulawesi II).

Di beberapa titik irigasi terdapat bangunan tanpa ijin yang dibangun oleh masyarakat, hal ini mengakibatkan debit yang semakin berkurang. Pada petak DU3-4 terdapat debit buangan yang masuk, yang mengakibatkan sampah ikut masuk ke dalam daerah irigasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil distribusi air irigasi pada DI Alopohu yang paling efisien dan optimal dan mendapatkan area optimal lahan yang dapat diairi agar mendapatkan keuntungan yang lebih optimal. Dalam studi ini, optimal yang dimaksud adalah bahwa ketersediaan air cukup untuk mengairi areal yang ada.

2. Bahan dan Metode

2.1 Lokasi Studi

Kabupaten Gorontalo terletak antara 0024” - 1002” Lintang Utara dan 121059” - 123032” Bujur Timur. Kabupaten Gorontalo ini terdiri dari 19 Kecamatan dan 191 desa.

Berdasarkan posisi geografisnya, Kabupaten Gorontalo memiliki batas-batas yaitu:

- Sebelah Timur : Kabupaten Bone Bolango dan Kota Gorontalo

- Sebelah Barat : Kabupaten Boalemo
- Sebelah Utara : Kabupaten Gorontalo Utara
- Sebelah Selatan : Teluk Tomini

2.2 Metode Sine Product

Nilai moneter (rupiah) dinyatakan sebagai fungsi tujuan. Variabel Keputusan berupa nilai diskrit dari prosentasi debit yang tersedia di bendung. Demikian juga halnya dengan Variabel Status. Sementara operator aljabar adalah + (penjumlahan nilai moneter).

Nilai dari Fungsi Tujuan akan dicari (dibaca) pada Tabel Akibat (*Return*) yang menyatakan berapa besarnya nilai moneter hasil panen pada petak irigasi tertentu akibat alokasi air irigasi tertentu di bendung untuk petak irigasi tersebut (dalam persen). Untuk setiap musim tanam (12 periode 10 harian) akan ada 1 Tabel Akibat yang menyajikan nilai moneter hasil panen dari tiap daerah irigasi untuk setiap nilai alokasi air di bendung (persen dari debit yang tersedia). Untuk dapat menghitung nilai-nilai dari Tabel Akibat pada penelitian ini digunakan suatu fungsi Produksi Irigasi dalam bentuk model Sinus-Perkalian (Soetopo, 2007).

$$Yri = [\text{Sin } \{((AWri - a.\text{Sin } (AWri \,.\, 2 \,.\, \pi)) \times (1 - b.\, \text{Sin}(AWri.\, \pi))c)d \,.\, \pi/2\}]e \quad (1)$$

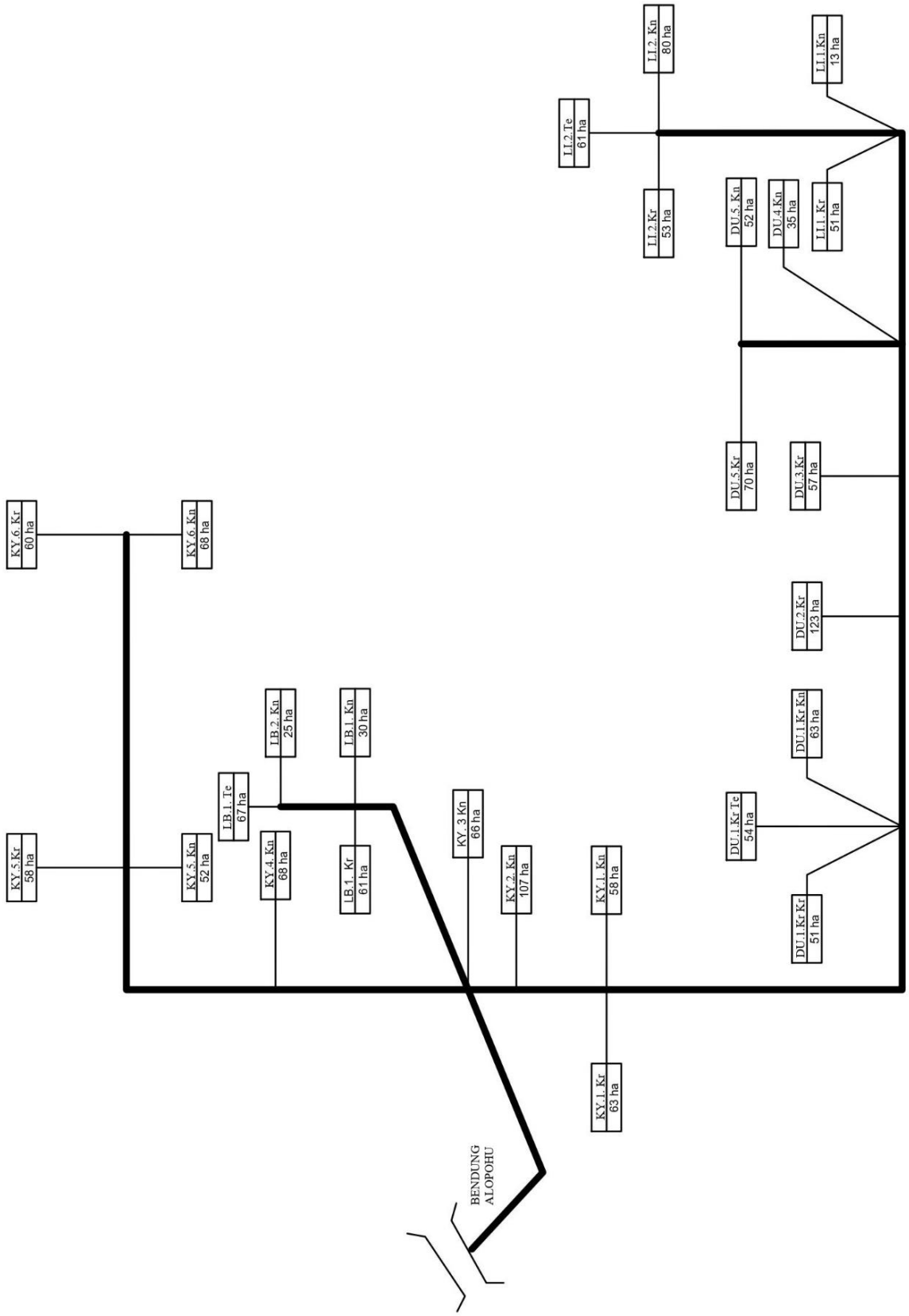
dengan Yri adalah mewakili Yr (nilai relatif Produksi Tanaman Irigasi) pada tiap periode/tahap (dalam satuan fraksi dari produksi maksimum), dan AWri adalah nilai relatif air teraplikasi di petak irigasi pada periode/tahap yang bersangkutan (dalam satuan fraksi dari kebutuhan air untuk mencapai produksi maksimum). Nilai-nilai dari parameter-parameter a= 0.12824, b= 0.31559, c= 1.67754, d= 0.12412, dan e=1.2.

Untuk satu musim tanam, maka Fungsi Produksi Yr merupakan kombinasi dari Yri pada Persaman (9) sebagai berikut.

$$Yr = Yr1 \times Yr2 \times Yr3 \times Yr4 \times \ldots \times Yrn \quad (2)$$

dengan n adalah banyaknya periode/tahap selama musim tanam (=12).

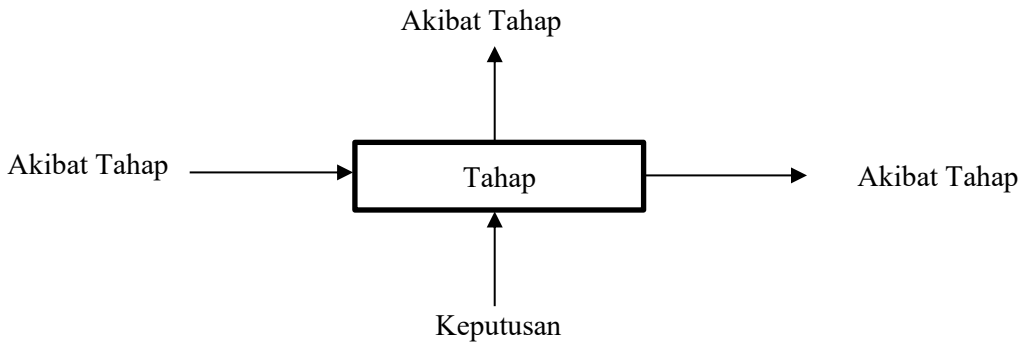
Proses penelitian ini dilakukan dalam dua bagian, yaitu (1) membuat (menghitung) Tabel Akibat, dan (2) menerapkan model Program Dinamik untuk optimasi alokasi air irigasi secara spasial antar petak irigasi (Soetopo, W. 2009).



Gambar 1. Peta jaringan Irigasi DI Alopohu

2.3 Program Dinamik

Program dinamik tidak mempunyai rumusan matematik yang standar, namun dapat dijelaskan dalam bentuk rumusan matematik secara umum. Suatu bentuk keputusan yang dibuat sebagai sebuah tahap dan input parameter sebagai ketetapan (Limantara & Soetopo, 2011).

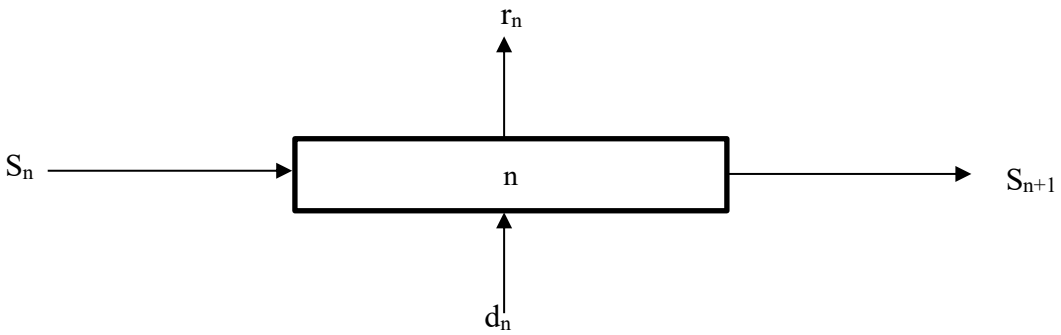


Gambar 2. Proses optimasi satu tahap

Setiap keputusan yang dibuat dalam setiap tahap mempunyai harga relatif. Untuk sejumlah tahap keputusan yang dihubungkan melalui beberapa fungsi transisi mempunyai bentuk umum sebagai berikut:

Sn+1 = t (Sn,dn).....(3)

Secara fungsional untuk setiap tahap dapat disajikan pada Gambar berikut.



Gambar 3. Sistem n tahap

Dengan:
Sn+1 : Output ketetapan
Sn : Input
N : Tahap (1,2,3,…,n)
dn : Keputusan
rn : Fungsi pengembalian

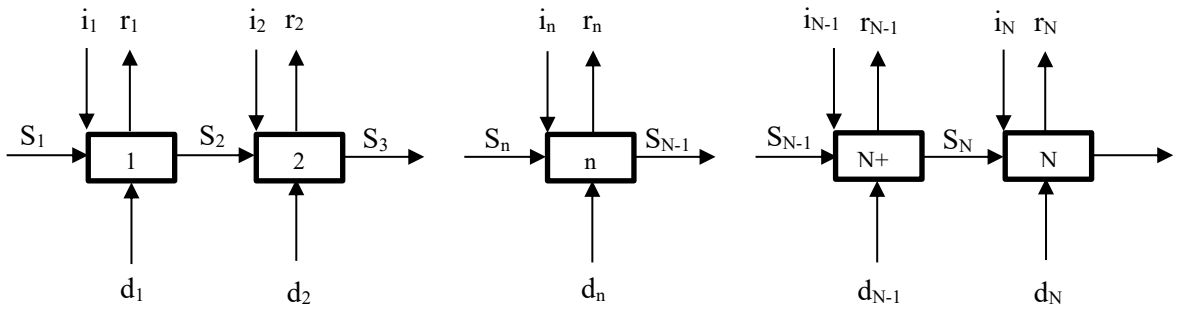
Untuk penerapan program dinamik deterministik pada kajian ini dilakukan berbagai penyelesaian sebagai berikut:

1. Tahap yang digunakan berapa bulan
2. Optimasi deterministik dilakukan untuk 1 tahun dengan jumlah ada 3 tahap (masing-masing 4 bulanan atau 1 musim tanam)
3. State berupa volume air yang ada di waduk (kapasitas tampungan efektif waduk)
4. Untuk mempermudah perhitungan dilakukan diskritisasi dan penyeragaman unit variabel-variabel berikut:

- State tampungan air waduk
- Volume debit *inflow* pertahap (dari data yang merupakan andalan)
- Volume debit lepasan waduk pertahap (keputusan kebijakan operasi waduk)

5. Dengan mempertimbangkan antara ketelitian dan waktu perhitungan komputer, maka diambil 1unit volume = 10 juta m^3.

Untuk n tahap dimana keputusan harus dibuat, fungsi transaksi atau fungsi-fungsi lainnya akan saling berhubungan. Pada Gambar 4 disajikan suatu sistem n tahap dimana fungsi transisi atau fungsi fungsi lainnya saling berkaitan.



Gambar 4 Elemen-elemen program dinamik

Keterangan:
Sn = tampungan awal tahap ke n
Sn+1 = tampungan akhir tahap ke n
in = *inflow* tahap ke n
rn = keuntungan produksi pertanian
dn = kebijakan *release*

2.4 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam studi ini meliputi data sekunder terkait dengan analisis optimasi distribusi air irigasi (BWS Sulawesi II):

1. Data debit intake
2. Data klimatologi
3. Data luas lahan
4. Data jenis tanam
5. Daftar harga gabah

2.5 Pengolahan Data

Prosedur pengolahan optimasi irigasi menggunakan program *Sine Product* dan metode dinamik adalah sebagai berikut:

1. Menentukan evaporasi dari data klimatologi
2. Menentukan kebutuhan air tanam
3. Program *Sine Product* mengunakan data debit bendung untuk menentukan tabel akibat.
4. Tabel akibat digunakan untuk menentukan panen maksimal yang menggunakan metode dinamik

2.6 Studi Sebelumnya

Untuk mengerjakan studi ini, dibutuhkan studi-studi sebelumnya sebagai berikut:

1. Optimasi Air Waduk Gondang dengan Metode Dinamik Deterministik
   Program dinamik (*dynamic programming*, disingkat DP) adalah suatu pendekatan untuk mengoptimasi proses-proses keputusan multi tahap. Program dinamik terdiri dari dinamik deterministik dan stokastik. Pada studi ini, program dinamik yang digunakan adalah dinamik deterministik (Nuf'a Hilma, 2015).
2. Studi Optimasi Distribusi Air Irigasi pada Daerah Irigasi Tengoro Kabupaten Banyuwangi dengan Program Dinamik

Daerah irigasi Tengoro mengalami keterbatasan debit pada tiap musim mengakibatkan terjadi kekurangan air dalam beberapa periode musim tanam sehingga dilakukan upaya optimasi distribusi air irigasi. Salah satu model optimasi yang dapat digunakan adalah dengan program dinamik stokastik (Nalurita Sari, 2017).

3. Analisa Ekonomi Berdasarkan Optimasi Distribusi Air Bersih dengan Metode Program Dinamik Deterministik Model Alokasi (Studi Kasus Kecamatan Junrejo)
   Di saat perubahan iklim, budaya, cara hidup, dan perkembangan jaman terjadi, diperlukan suatu upaya konservasi Sumber daya air untuk menjaga ketersediaan air yang berkualitas dan kwantitas yang baik sehingga pemanfaatan air secara efektif dan efisien sangat diperlukan. Manfaat dari konservasi air sangatlah banyak seperti untuk irigasi, pembangkit listrik air bersih, air minum, dan sebagainya (Nugraha Andreas, 2014)

3. Hasil dan Pembahasan

Bendung Alopohu adalah bendung dengan gabungan aliran sungai Alo dan Pohu. Bendung alopohu berdiri pada tahun 2013. Debit musim kering pada bulan Mei 2017 adalah 1494 l/dt.

3.1 Evaporasi

Dalam penelitian ini, data klimatologi digunakan untuk menganalisa besaran evaporasi pada irigasi. Evaporasi ini dipertimbangkan sebagai *outflow* irigasi. Sehingga mempengaruhi volume ketersediaan air irigasi. Data iklim yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari stasiun yang terdekat yang dianggap dapat mewakili kondisi daerah rencana lokasi penelitian yaitu di Stasiun Klimatologi Padangan. Data yang digunakan meliputi data temperatur udara, lama penyinaran matahari, kelembaban udara dan kecepatan angin. Evaporasi merupakan proses bentuk yang perubahan cairan menjadi gas. Penguapan air yang terjadi melalui tumbuhan disebut transpirasi. Apabila proses tersebut saling berkaitan maka disebut dengan evapotranspirasi. Sehingga gabungan proses penguapan dari permukaan tanah bebas (evaporasi) dan penguapan yang berasal dari daun tanaman (transpirasi) disebut evapotranspirasi.

3.2 Perhitungan Sine Product

Tabel Akibat atau fungsi tujuan menentukan besarnya nilai moneter hasil panen dengan mengalokasikan air irigasi di bendung untuk petak irigasi tersebut yang di jelakan pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel Akibat Musim Tanam I

	Akibat							
Tersedia	Petak							
%	1	2	……..	12	13	……..	22	23
0.5	Rp974,234,409	Rp891,375,514	……..	Rp1,963,975,791	Rp825,687,145	……..	Rp744,382,546	Rp874,901,990
1.0	Rp1,063,104,556	Rp973,017,183	……..	Rp2,136,845,719	Rp901,570,180	……..	Rp813,101,053	Rp955,101,894
1.5	Rp1,117,130,941	Rp1,022,698,853	……..	Rp2,241,178,317	Rp947,787,069	……..	Rp855,002,361	Rp1,003,916,410
2.0	Rp1,156,264,231	Rp1,058,706,181	……..	Rp2,316,576,870	Rp981,300,809	……..	Rp885,408,850	Rp1,039,299,724
……..	……..	……..	……..	……..	……..	……..	……..	……..
50.0	Rp1,701,701,253	Rp1,558,278,948	……..	Rp3,362,697,619	Rp1,444,128,621	……..	Rp1,302,353,654	Rp1,529,687,819
50.5	Rp1,703,649,040	Rp1,560,134,501	……..	Rp3,365,030,563	Rp1,445,899,800	……..	Rp1,304,004,345	Rp1,531,523,216
51.0	Rp1,705,569,552	Rp1,561,965,380	……..	Rp3,367,308,783	Rp1,447,648,590	……..	Rp1,305,635,697	Rp1,533,334,494
51.5	Rp1,707,463,275	Rp1,563,771,983	……..	Rp3,369,532,837	Rp1,449,375,319	……..	Rp1,307,247,963	Rp1,535,122,035
52.0	Rp1,709,330,687	Rp1,565,554,703	……..	Rp3,371,703,262	Rp1,451,080,314	……..	Rp1,308,841,390	Rp1,536,886,213
……..	……..	……..	……..	……..	……..	……..	……..	……..
98.0	Rp1,810,533,891	Rp1,664,296,897	……..	Rp3,413,187,398	Rp1,547,173,393	……..	Rp1,400,816,620	Rp1,635,020,760
98.5	Rp1,811,129,284	Rp1,664,912,634	……..	Rp3,412,476,556	Rp1,547,792,552	……..	Rp1,401,427,614	Rp1,635,638,330
99.0	Rp1,811,716,604	Rp1,665,521,448	……..	Rp3,411,741,502	Rp1,548,405,542	……..	Rp1,402,033,141	Rp1,636,249,180
99.5	Rp1,812,295,891	Rp1,666,123,378	……..	Rp3,410,982,138	Rp1,549,012,405	……..	Rp1,402,633,253	Rp1,636,853,352
100	Rp1,812,867,184	Rp1,666,718,464	……..	Rp3,410,198,401	Rp1,549,613,188	……..	Rp1,403,228,002	Rp1,637,450,885

Mencari nilai Akibat pada metode *Sine Product*. Berikut contoh perhitungan lahan terairi petak 2; debit pembagian 0,5%:

Nilai Akibat = Produksi Maks/Petak x Luas Petak x Yr
= Rp. 27.840.704 x 61 x 0,0004
= Rp. 891.375.514

3.3 Perhitungan Program Dinamik

Nilai akibat yang telah diketahui akan digunakan untuk menetukan nilai hasil produksi panen maksimum pada DI Alopoho.

Penerapan optimasi dalam program dinamik pada penelitian ini meliputi beberapa dasar perhitungan, antara lain:

1. Optimasi dilakukan pada 26 petak sawah di DI Alopohu,
2. Pola tata tanam yang dilakukan di DI Alopohu adalah pola tata tanam padi.
3. Debit pada bendung menjadi data untuk menentukan hasil panen.
4. Debit bendung tahun 2017 menjadi data yang akan diolah dalam menggunakan metode dinamik deterministik.
5. Hasil optimasi yaitu keuntungan bersih dari hasil panen tanaman padi.

Tabel 2. Tabel Alokasi Air di Petak Irigasi 2

Alokasi Air Awal Tahap	Alokasi Air Akhir Tahap (%)								Fungsi Tujuan Optimal dari tahap sebelumnya
%	0	0.5	..	50	50.5	..	98.5	99	
0	Rp 1,812,867,184	-	..			..			Rp 1,812,867,184
0.5	Rp 2,703,671,405		..			..			Rp 1,812,295,891
1	Rp 2,785,313,074	Rp 2,703,671,405	..			..			Rp 1,811,716,604
1.5	Rp 2,834,415,457	Rp 2,784,733,787	..			..			Rp 1,811,129,284
2	Rp 2,869,240,072	Rp 2,833,232,744	..			..			Rp 1,810,533,891
……..	……..	……..	..	……..	……..	..	……..	……..	……..
50	Rp 3,259,980,200	Rp 3,258,099,570	..			..			Rp 1,701,701,253
50.5	Rp 3,259,860,197	Rp 3,258,004,644	..	Rp 2,591,101,210		..			Rp 1,699,725,696
51	Rp 3,259,687,248	Rp 3,257,856,369	..	Rp 2,670,739,051	Rp 2,589,097,382	..			Rp 1,697,721,868
51.5	Rp 3,259,461,243	Rp 3,257,654,640	..	Rp 2,718,388,112	Rp 2,668,706,443	..			Rp 1,695,689,260
52	Rp 3,259,182,056	Rp 3,257,399,336	..	Rp 2,752,333,534	Rp 2,716,326,206	..			Rp 1,693,627,353
……..	……..	……..	..	……..	……..	..	……..	……..	……..
98	Rp 2,820,561,127	Rp 2,819,938,425	..	Rp 2,706,866,077	Rp 2,704,880,998	..			Rp 1,156,264,231
98.5	Rp 2,782,043,576	Rp 2,781,427,838	..	Rp 2,669,691,124	Rp 2,667,732,788	..			Rp 1,117,130,941
99	Rp 2,728,626,004	Rp 2,728,017,190	..	Rp 2,617,596,755	Rp 2,615,664,738	..	Rp 1,954,480,069		Rp 1,063,104,556
99.5	Rp 2,640,357,787	Rp 2,639,755,857	..	Rp 2,530,632,725	Rp 2,528,726,608	..	Rp 1,947,251,592	Rp 1,865,609,922	Rp 974,234,409
100	Rp 1,666,718,464	Rp 1,666,123,378	..	Rp 1,558,278,948	Rp 1,556,398,317	..	Rp 1,022,698,853	Rp 973,017,183	Rp -
Max.	Rp 3,260,061,751	Rp 3,258,141,240	..	Rp 2,980,664,945	Rp 2,976,697,876	..	Rp 1,954,480,069	Rp 1,865,609,922	
Kepu-tusan	49	49.5	..	73.5	73.5	..	99	99.5	

Tahapan program dinamik pada petak irigasi ke 2 untuk mencari debit optimal dan hasil panen maksimum

Tabel 3. Tabel Hasil Program Dinamik

No	Jalur Optimal	Alokasi Optimal	Luas Petak	Debit{%}	Hasil Setiap Petak
1	2	3	4	5	6
1	100%	KY.3. Kn	66	4.0	Rp 1,253,074,760
2	96%	LB.1. Kr	61	3.5	Rp 1,130,380,087
3	92.50%	LB.1. Kn	30	1.5	Rp 460,645,130
4	91%	LB.1. Te	67	4.0	Rp 1,274,235,523
5	87%	LB.2. Kn	25	1.5	Rp 375,100,858
6	85.50%	KY.1. Kr	63	4.0	Rp 1,189,802,930
7	81.50%	KY.1. Kn	58	3.5	Rp 1,068,563,427
8	78%	KY.2. Kn	107	8.0	Rp 2,322,221,926
9	70%	DU.1.Kr Kr	51	3.0	Rp 909,180,515
10	67%	DU.1.Kr Te	54	3.5	Rp 986,684,951
11	63.50%	DU.1.Kr Kn	63	4.0	Rp 1,189,802,930
12	59.50%	DU.2.Kr	123	10.5	Rp 2,808,902,965
13	49%	DU.3.Kr	57	3.5	Rp 1,048,034,291
14	45.50%	DU.4.Kn	35	2.0	Rp 567,879,023
15	43.50%	LI.1. Kr	51	3.0	Rp 909,180,515
16	40.50%	LI.1.Kn	13	0.5	Rp 154,854,231
17	40%	LI.2. Kn	80	5.0	Rp 1,591,714,188
18	35%	LI.2.Te	61	4.0	Rp 1,370,352,126
19	31%	LI.2.Kr	53	3.0	Rp 949,107,495
20	28%	KY.4. Kn	60	4.0	Rp 1,349,407,333
21	24%	KY.5.Kr	58	4.0	Rp 1,000,596,436
22	20%	KY.5. Kn	52	4.0	Rp 960,712,892
23	16%	KY.6. Kr	60	4.0	Rp 1,349,407,333
24	12%	KY.6. Kn	68	4.0	Rp 1,295,430,588
25	8%	DU.5. Kn	52	4.0	Rp 960,712,892
26	4%	DU.5.Kr	70	4.0	Rp 1,191,779,703
27	0%				
Total Hasil Panen					Rp 29,667,765,046

Kerterangan:
Kolom 1 = Nomor hasil perhitungan program dinamik
Kolom 2 = Menunjukkan jalur optimal pembagian debit air
Kolom 3 = Nama petak pada DI Alopohu
Kolom 4 = Luas petak pada DI Alopohu
Kolom 5 = Pembagian debit ke masing-masing petak dalam bentuk persen (%). Diambil dari data: jalur optimal no.1 – jalur optimal no.2, untuk pembagian debit di petak pertama
Kolom 6 = Merupkan hasil Produksi gabah untuk masing-masing petak

3.4 Rekapitulasi Hasil Perhitugan

Hasil perhitungan penelitian ini akan membandingkan antara hasil panen gabah eksisting dengan hasil optimasi menggunakan program *Sine Product* dan program dinamik deterministik. Berikut ini adalah hasil perbandingannya

a. Data Eksisting

DI Alopohu terdapat di Kecamatan Limboto Barat dengan luas sawah sebesar 2451 ha, hasil produksi gabah 9567ton gabah dengan hasil panen sebesar Rp. 43.051.500.000.

Dimana

- Hasil gabah per ha dalam kg adalah sebagai berikut:
  9567 (ton) : 2451 (ha) = 3,90 ton/ha
  3,90 ton/ha = 3903 kg/ha

- Hasil gabah per ha dalam Rp adalah sebagai berikut:
  3,90 (ton/ha) x 4.500.000 (rupiah/ton) = Rp. 17.564.871 /ton/ha
  Rp. 17.564.871 /ton/ha x 2451 ha = Rp. 43.051.500.000.
  Rp. 17.564.871 /ton/ha x 1538 ha = Rp. 27.014.772.338.

b. Hasil program dinamik.

Dengan menggunakan program dinamik di hasil Rp29.667.765.046, dimana produksi gabah sebesar 6.593ton gabah. Hasil panen tersebut dihasilkan hanya dengan luas sawah sebesar 1538 ha.

Dimana

- Hasil gabah per ha dalam kg adalah sebagai berikut:
  6.593(ton) : 1538 (ha) = 4,2867 (ton/ha)
  4,2867 ton/ha = 4286,7 kg/ha
- Hasil gabah per ha dalam Rp adalah sebagai berikut:
  4,2867 ton/ha x 4.500.000 (rupiah/ton) = Rp. 19.290.312 /ton/ha
  Rp. 19.290.312 /ton/ha x 1538 ha = Rp29.667.765.046

Dengan nilai perbandingan sebagai berikut:

- Hasil panen per ha
  Kondisi eksisting: kondisi setelah di optimasi
  3,90 ton/ha: 4,2867 ton/ha
- Hasil Panen (Rp)
  Kondisi eksisting: kondisi setelah di optimasi
  Rp. 27.014.772.338: Rp29.667.765.046

Perbandingan hasil panen kondisi eksisting dengan hasil panen setelah dilakukan optimasi menggunakan program dinamik mengalami kenaikan, dimana hasil panen gabah per ha pada kondisi eksisting menghasilkan 3,9 ton/ha dan setelah dioptimasi menghasilkan 4,2 ton/ha. Hasil panen pada kondisi eksisting jika luasnya 1538ha maka menghasilakn Rp.27.014.772.338 dan setelah di optimasi menjadi Rp29.667.765.046

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini, program *Sine Product* sangat berdampak dalam proses gradasi prosentase alokasi air irigasi di bendung Alopohu yang dibuat sebesar 0,5% (walaupun masih belum halus). Dengan prosentase dalam program *Sine Product* dapat dihasillkan tabel akibat yang akan digunakan dalam metode dinamik deterministik. Table akibat yang dihasilkan dari program *Sine Product* menujukkan hasil rupiah untuk masing-masing prosentase.

Pola sebaran air menggunakan metode dinamik determinisik pada daerah irigasi Alopohu dengan hasil maksimum di masing-masing petak sesuai dengan hasil perhitungan di tabel 3.

Hasil panen setelah menggunakan program Sine Product dan metode dinamik menunjukan hasil yang memuaskan, dengan kenaikan hasil produksi gabah sebesar 9%. Hasil maksimum menggunakan program dinamik adalah Rp29.667.765.046.

Daftar Pustaka

Amor V.M. Ines, Kiyoshi HondaAshim Das Gupta, Peter Droogers & Roberto S. Clemente. 2006. *Combining remote sensing-simulation modeling and genetic algorithm optimization to explore water management options in irrigated agriculture*. agri cultural water management, 83, 221–232.

Cristiano Cervellera, Victoria C.P. Chen, Aihong Wen. 2006. *Optimization of a large-scale water reservoir network by stochastic dynamic programming with efficient state space discretization*. European Journal of Operational Research 171, 1139–1151.

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Standar Perencanaan Irigasi - Kriteria Perencanaan 02*. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Gaur, A., Biggs, T.W., Gumma, M.K., Parthasaradhi, G., & Turral, H., 2008, *Water Scarcity Effects on Equitable Water Distribution and Land Use in a Major Irrigation Project*—Case Study in India, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 134(1), 26-35.

Limantara, Lily M. & Soetopo, Widandi. 2011. *Manajemen Sumber Daya Air*. Bandung: CV. Lubuk Agung.

Nalurita, Sari. 2017. *Studi Optimasi Distribusi Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Tengoro Kabupaten Banyuwangi Dengan Program Dinamik*. Jurnal Teknik – Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Nuf'a, Hilma. 2015 *Optimasi Air Waduk Gondang Dengan Metode Dinamik Deterministik* Jurnal Teknik – Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Nugraha, Andreas N. 2014. *Analisa Ekonomi Berdasarkan Optimasi Distribusi Air Bersih Dengan Metode Program Dinamik Deterministik Model Alokasi (Studi Kasus Kecamatan Junrejo)*. Jurnal Teknik – Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Raphael Linker. 2020. *Stochastic model-based optimization of irrigation scheduling.* Agricultural Water Management. 243.

Soetopo, W. 2007. *Penerapan Model Sinus-Perkalian Pada Rumusan Fungsi Kinerja Irigasi Untuk Optimasi Dengan Program Dinamik*. Jurnal Teknik – Fakultas Teknik Universitas Brawijaya 14(2), 97-103.

Soetopo, W. 2009. *Application of Sine-Product Model for Operation of Irrigation Reservoir.* World Applied Sciences Journal 7 (8): 1060-1064, 2009

Y. Huanga, Y.P. Li, X. Chenc, Y.G. Ma. 2012. Optimization of the irrigation water resources for agricultural sustainability in Tarim River Basin, China. Agricultural Water Management, 107, 74-85.