

Perencanaan Model Penjadwalan Dan Pola Penanaman Dengan Goal Programming Di Kebun Rooftop Hydrofarm

Vincent¹, Theresia Sunarni²

^{1,2}Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Industri, Universitas Katolik Musi Charitas
Jl. Bangau No.60, Palembang 30113

Email: vincentvinz86@gmail.com, t_sunarni@ukmc.ac.id

ABSTRAK

Rooftop Hydrofarm adalah sebuah kebun yang menghasilkan sayuran dengan metode hidroponik. Dalam studi lapangan didapatkan bahwa jadwal yang saat ini digunakan masih menyebabkan banyak pengangguran media tanam pada saat perubahan siklus penjadwalan yang menyebabkan penurunan kapasitas produksi yaitu meningkatnya waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan sayuran. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan model yang dapat menghasilkan jadwal penanaman yang berkelanjutan dengan mempertimbangkan durasi pembibitan, pembesaran, dan maintenance sementara meningkatkan kontinuitas dan kapasitas produksi. Perencanaan model ini akan dilakukan dengan menggunakan pendekatan *goal programming*. Pertama dilakukan formulasi model dengan didasarkan pada kebijakan pada kebun untuk mendapatkan persamaan yang akan menghasilkan jadwal penanaman yang sesuai, kemudian dilakukan skenariosasi untuk mendapatkan jumlah periode yang memenuhi kriteria dan sesuai kebutuhan untuk masing-masing jenis tanaman. Jadwal hasil yang didapatkan menunjukkan adanya penurunan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah siklus penjadwalan yaitu sebesar 4 hari untuk jenis tanaman 1 dan 2, dan penurunan sebesar 3 hari untuk jenis tanaman 3, sedangkan untuk jenis tanaman 4 terjadi penurunan sebesar 1 hari untuk menyelesaikan 3 siklus penanaman.

Kata kunci: *Goal Programming, Penjadwalan, Kapasitas Produksi.*

ABSTRACT

Rooftop Hydrofarm is a garden that produces vegetables using the hydroponic method. In field study it was found that the schedule currently used still causes a lot of idle on planting media when the scheduling cycle changes which cause a decrease in production capacity, namely increasing the time needed to produce. Therefore, this study aims to plan a model that can produce a sustainable planting schedule by considering nursery, planting, and maintenance duration while increasing the continuity and production capacity. The planning of this model is carried out using a goal programming approach. First, a model formulation is carried out based on the policy in the garden to obtain equations that will produce an appropriate planting schedule, then scenarios is carried out to obtain the number of periods that meet the criteria and according to the needs for each type of plant. The results schedule that obtained shows a decrease in the time required to complete a scheduling cycle, which is 4 days for plant species 1 and 2, and a decrease of 3 days for plant type 3, while for plant species 4 there is a decrease of 1 day to complete 3 scheduling cycle.

Keywords: *Goal Programming, Scheduling, Production Capacity.*

Pendahuluan

Kebutuhan masyarakat terhadap sayuran dan buah-buahan semakin meningkat. Kebutuhan yang semakin meningkat tersebut tidak diikuti dengan pertumbuhan lahan pertanian yang justru semakin sempit. Maka dari itu pemanfaatan dari lahan untuk menghasilkan sayuran sebaiknya digunakan dengan semaksimal mungkin untuk mengikuti pertumbuhan akan kebutuhan tersebut.

Metode yang dapat digunakan untuk menghasilkan sayur terdiri dari berbagai macam dan diantaranya adalah metode konvensional atau media tanah dan dengan metode hidroponik yang menggunakan media air. Hidroponik adalah suatu metode bercocok tanam tanpa menggunakan media tanah, melainkan dengan menggunakan larutan mineral [6]. Hidroponik berasal dari kata Yunani, yang terdiri dari dua kata yaitu *hydro*

dan *ponos*. *Hydro* artinya air, sedangkan *ponos* artinya kerja atau daya. Secara harafiah hidroponik artinya memberdayakan air [1]. Teknik budidaya ini memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan metode konvensional di tanah yaitu hasil tanaman lebih bersih, nutrisi yang digunakan lebih efisien karena sesuai dengan kebutuhan tanaman, tanaman bebas dari gulma, tanaman relatif jarang terserang hama dan penyakit karena terkontrol, kualitas dan kuantitas produksi lebih tinggi sehingga memiliki nilai jual tinggi, dan dapat menggunakan lahan sempit [2].

Penelitian ini dilakukan di kebun *Rooftop Hydrofarm* yang merupakan salah satu kebun yang masih tergolong muda di Palembang, dikarenakan kebun yang masih baru, sehingga masih kesulitan dalam menjalankan penjadwalan untuk memaksimalkan kapasitas produksi yang merupakan hasil produksi maksimum yang dapat diproduksi atau dihasilkan dalam satuan waktu tertentu [5], dan kontinuitas hasil produksi. Kapasitas produksi yang belum maksimal dan kontinuitas produksi ini menyebabkan kebun akan mengalami kerugian berupa kehilangan kesempatan untuk memenuhi permintaan dan kesempatan untuk memasuki pasar yang baru. Penjadwalan penanaman ini berkaitan erat dengan rotasi tanaman yang dimana rotasi tanaman didefinisikan sebagai praktik penumbuhan tanaman secara bergilir/berotasi pada satu lahan yang sama [3], karena hasil dari penjadwalan dengan rotasi tanaman yang baik akan memastikan adanya kontinuitas produksi tanaman atau panen yang tidak hanya sebagai kelebihan dari bercocok tanam dengan metode hidroponik. Manfaat rotasi tanaman pada sistem hidroponik antara lain adalah memperpendek jarak waktu antar panen, dan memungkinkan kontinuitas produksi atau panen.

Maka dari itu dilakukan formulasi model yang akan menghasilkan pola dan jadwal penanaman yang optimal berdasarkan masing-masing jenis sayur yang ditanam dengan usia pembibitan, usia penanaman dan tingkat kontinuitas yang ditentukan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan pembibitan, penanaman, panen, dan pemeliharaan (*maintenance*) untuk siklus produksi yang lebih optimal, model penjadwalan yang dibuat menggunakan metode *goal programming*, metode ini dipilih karena metode ini merupakan pengembangan dari *linear programming* [7] yang dapat menangani beberapa masalah dalam pengambilan keputusan yang melibatkan lebih dari satu tujuan, hal ini sesuai dengan apa yang dibutuhkan untuk menggambarkan kendala-kendala pembatas pada keadaan kebun *Rooftop Hydrofarm* dan juga dalam penggunaan metode *goal programming* dapat dibangun model yang dapat menghasilkan jadwal yang menentukan kapan setiap kegiatan dimulai dan berapa lama dilakukan dengan mempertimbangkan batasan-batasan yang ada.

Penelitian mengenai aplikasi model *goal programming* untuk penyelesaian masalah optimasi sudah banyak dilakukan. Salah satu contohnya digunakan untuk pemodelan penjadwalan perawat, seperti yang dilakukan Rustiana Imala Putri dalam penelitiannya yang berjudul *Penjadwalan Perawat Menggunakan Goal Programming: Studi Kasus Di Rumah Sakit Hasanah Graha Afiah Depok pada tahun 2013* [9] dan juga penelitian yang dibuat oleh Dina Octafiani, dkk yang berjudul *Optimasi Penjadwalan Perkuliahan Dengan Metode Zero-One Linear Goal Programming pada tahun 2015* [8].

Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan perencanaan model persamaan dengan pendekatan *goal programming* untuk menghasilkan jadwal yang mempertimbangkan usia pembibitan, usia pembesaran, *maintenance*, dan batasan-batasan lain untuk mendapatkan jadwal yang memiliki jarak antar pembibitan yang relatif dekat dan merata untuk setiap jenis tanaman yang ada pada kebun *Rooftop Hydrofarm*. Pendekatan ini merupakan perluasan dari *linear programming* yang memiliki lebih dari satu tujuan untuk optimasi.

Penelitian ini diawali dengan menentukan notasi yang akan digunakan dalam model, dilanjutkan menetapkan 3 unsur utama dalam *linear programming* dan *goal programming* yaitu, variabel keputusan, perupusan fungsi kendala, perumusan fungsi tujuan [10]. Tahap selanjutnya adalah memformulasikan fungsi persamaan ke dalam aplikasi yang digunakan, dalam penelitian ini adalah aplikasi Maple dengan melakukan penyesuaian, juga dilakukan percobaan untuk memastikan fungsi persamaan dapat menghasilkan jadwal yang sesuai kriteria yaitu dengan melakukan contoh numerik. Tahap selanjutnya adalah pengujian validitas dari sebuah model terdiri atas validitas internal pada umumnya dikenal sebagai verifikasi, dan validasi eksternal dikenal sebagai validasi model [4] pada yang sudah ada, dilanjutkan dengan tahap skenariosasi dengan mengubah parameter jumlah periode pada setiap jenis tanaman guna mengamati perubahan pada hasil dan mendapatkan hasil dari fungsi persamaan yaitu pola dan jadwal penanaman yang dibutuhkan. Diakhiri dengan melakukan perbandingan antar jadwal dan pola penanaman awalan dengan jadwal dan pola penanaman hasil yang dipilih untuk setiap jenis tanaman.

Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan data pada penelitian ini diperlukan untuk memperoleh data yang menjadi gambaran dasar untuk peneliti merencanakan model persamaan jadwal dan pola penanaman. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi lapangan dan wawancara tidak terstruktur dengan pemilik kebun *Rooftop Hydrofarm*. Pola penanaman yang ada di kebun *Rooftop Hydrofarm*, pola penanaman yang saat ini digunakan oleh kebun *Rooftop Hydrofarm* yang meliputi jarak antar pembibitan, jumlah periode, durasi pembibitan, durasi pembesaran, dan durasi *maintenance*, data ini dirangkum ke dalam Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Data Pola Penanaman Awal (dalam Hari)

No.	Jenis Tanaman	Jarak Antar Pembibitan	Jumlah Periode	Durasi Pembibitan	Durasi Pembesaran	Durasi <i>Maintenance</i>
1	Bayam	7 Hari	3	8 Hari	14 Hari	2 Hari
2	Kangkung	8 Hari	3	7 Hari	17 Hari	2 Hari
3	Sawi	9 Hari	3	8 Hari	20 Hari	2 Hari
4	Pakcoy	10 Hari	3	8 Hari	24 Hari	2 Hari
5	Kailan	19 Hari	2	10 Hari	30 Hari	2 Hari
6	Selada	19 Hari	2	11 Hari	30 Hari	2 Hari

Pengolahan Data

Notasi Model

Berikut ini merupakan notasi model yang digunakan dalam penelitian ini:

Notasi pada himpunan indeks model

Notasi himpunan indeks model yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 5 himpunan yang meliputi himpunan jenis tanaman yang mewakili setiap jenis tanaman yang digunakan dalam model dapat dinyatakan dalam bentuk berikut.

- $m \in i$ Himpunan jenis tanaman (1,2,...,m)
- $n \in j$ Himpunan siklus penjadwalan (1,2,...,n)
- $o \in k$ Himpunan periode penjadwalan (1,2,...,o)
- $p \in l$ Himpunan hari penjadwalan (1,2,...,p)
- $s \in t$ Himpunan fungsi kendala tujuan (1,2,3,4)

Notasi pada parameter

Pada notasi parameter yang dinyatakan adalah parameter yang digunakan dalam model yang dijalankan dalam program Maple, Notasi parameter ini dapat dinyatakan sebagai berikut.

- Lb_i Usia pembibitan tanaman i
- Lt_i Usia pembesaran tanaman i
- M Durasi *maintenance*
- M_{max} Jumlah maksimal *maintenance* dalam 1 hari
- jp_i Jumlah periode penjadwalan yang diterapkan
- m_0 Batas bawah jenis tanaman yang dikerjakan
- m_1 Batas atas jenis tanaman yang dikerjakan
- n_0 Batas bawah siklus penjadwalan yang dikerjakan
- n_1 Batas atas siklus penjadwalan yang dikerjakan
- o_0 Batas bawah periode penjadwalan yang dikerjakan
- o_1 Batas atas periode penjadwalan yang dikerjakan
- p_0 Batas bawah hari penjadwalan yang dikerjakan
- p_1 Batas atas hari penjadwalan yang dikerjakan

Notasi pada variabel keputusan

- x_{ijkl} Pembibitan dijadwalkan pada jenis tanaman i siklus j periode k hari l
- y_{ijkl} Pembesaran dijadwalkan pada jenis tanaman i siklus j periode k hari l

z_{ijkl} *Maintenance* dijadwalkan pada jenis tanaman i siklus j periode k hari l
fungsi t Jumlah deviasi yang terjadi pada tujuan t
fungsi Total dari semua tujuan

Notasi pada variabel deviasi

dt_{ijkl}^- Nilai simpangan yang berada di bawah tujuan t pada tanaman i siklus j periode k hari l
 dt_{ijkl}^+ Nilai simpangan yang berada di atas tujuan t pada tanaman i siklus j periode k hari l
 dt_{ijk}^- Nilai simpangan yang berada di bawah tujuan t pada tanaman i siklus j periode k
 dt_{ijk}^+ Nilai simpangan yang berada di atas tujuan t pada tanaman i siklus j periode k

Formulasi Model

Penentuan Variabel Keputusan

Variabel keputusan dalam model ini adalah tahap yang dijadwalkan pada jenis tanaman i siklus penjadwalan j periode k hari l . Pengambilan keputusan dalam model ini akan ditentukan dari nilai yang didapatkan yang ditunjukkan sebagai berikut:

$$x_{ijkl} = \begin{cases} 1, & \text{jika jenis tanaman } i \text{ dibibit pada blok } j \text{ periode } k \text{ hari } l, \\ 0, & \text{selainnya.} \end{cases}$$

$$y_{ijkl} = \begin{cases} 1, & \text{jika jenis tanaman } i \text{ ditanam pada blok } j \text{ periode } k \text{ hari } l, \\ 0, & \text{selainnya.} \end{cases}$$

$$z_{ijkl} = \begin{cases} 1, & \text{jika jenis tanaman } i \text{ dijadwalkan } maintenance \\ & \text{pada blok } j \text{ periode } k \text{ hari } l, \\ 0, & \text{selainnya.} \end{cases}$$

Perumusan Fungsi Kendala

Pada penelitian ini terdiri dari beberapa dirumuskan fungsi kendala yang menjadi pembatas terhadap variabel-variabel keputusan yang akan dibuat. Fungsi kendala yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Pembibitan setiap tanaman i dijadwalkan sebanyak masa pembibitan

$$\sum_{l=1}^p x_{ijkl} = Lb_i \quad (1)$$

Pembesaran/penanaman setiap tanaman i dijadwalkan sebanyak masa pembesaran/ penanaman

$$\sum_{l=1}^p y_{ijkl} = Lt_i \quad (2)$$

Maintenance setiap tanaman i dijadwalkan sebanyak masa *maintenance*

$$\sum_{l=1}^p z_{ijkl} = M \quad (3)$$

Setiap tanaman tidak dijadwalkan pembibitan, pembesaran, dan *maintenance* secara bersamaan dalam 1 siklus 1 periode dan 1 hari

$$x_{ijkl} + y_{ijkl} + z_{ijkl} \leq 1 \quad (4)$$

Maintenance dijadwalkan tidak lebih dari jumlah *maintenance* maksimal

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o z_{ijkl} \leq M_{max} \quad (5)$$

Pembatas untuk jadwal pembibitan

$$\sum_{l=p0-1}^{\text{round}(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times (k-1) + \left(\text{round}(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times jp + \text{rounddown}(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times jp - Lt_i \right) \times (j-1)} (x_{ijkl}) + \sum_{l=1}^{p1} (Lb_i + 1 + \text{round}(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times (k-1) + \left(\text{round}(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times jp + \text{rounddown}(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times jp - Lt_i \right) \times (j-1)) (x_{ijkl}) = 0 \quad (6)$$

Pembatas untuk jadwal pembesaran

$$\sum_{l=p0-1}^{\text{round}(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times (k-1) + \left(\text{round}(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times jp + \text{rounddown}(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times jp - Lt_i \right) \times (j-1)} (y_{ijkl}) + \sum_{l=1}^{p1} (Lb_i + Lt_i + 1 + \text{round}(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times (k-1) + \left(\text{round}(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times jp + \text{rounddown}(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times jp - Lt_i \right) \times (j-1)) (y_{ijkl}) = 0 \quad (7)$$

Pembatas untuk jadwal *maintenance*

$$\sum_{l=p0-1}^{round(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times (k-1) + \left(round(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times jp + rounddown(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times jp - Lt_i \right) \times (j-1) + Lb_i + Lt_i} (z_{ijkl}) + \sum_{Lb_i+Lt_i+M+1+round(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times (k-1) + \left(round(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times jp + rounddown(\frac{Lt_i+M}{jp}) \times jp - Lt_i \right) \times (j-1)} (z_{ijkl}) = 0 \quad (8)$$

Penentuan Bobot Tujuan dan Prioritas

Berdasarkan data yang diperoleh dari wawancara, maka dalam penelitian ini tidak dilakukan pembobotan dan prioritas pencapaian tujuan dianggap sama. Setiap kebijakan dinilai seimbang dan sama-sama penting. Oleh karena itu dalam penelitian ini pembobotan juga bernilai 1 atau w_t untuk $t=1,..s$.

Perumusan Fungsi Kendala Tujuan

Pada penelitian ini fungsi kendala tujuannya adalah untuk meminimumkan penyimpangan dari beberapa fungsi kendala, fungsi kendala yang akan diminimalkan penyimpangannya adalah sebagai berikut:

Tujuan 1

Meminimumkan penyimpangan pada fungsi kendala 1, dt_{ijk}^+ melambangkan penyimpangan positif yaitu pembibitan dijadwalkan melebihi dari masa pembibitannya sehingga tanaman akan dijadwalkan lebih dari masa pembibitannya dan dt_{ijk}^- melambangkan sebaliknya yaitu pembibitan dijadwalkan kurang dari masa pembibitannya(Kendala 1)

$$\sum_{l=1}^p x_{ijkl} + d1_{ijk}^+ - d1_{ijk}^- = Lb_i \quad (9)$$

Tujuan 2

Meminimumkan penyimpangan pada fungsi kendala 2

$$\sum_{l=1}^p y_{ijkl} + d2_{ijk}^+ - d2_{ijk}^- = Lt_i \quad (10)$$

Tujuan 3

Meminimumkan penyimpangan pada fungsi kendala 3

$$\sum_{l=1}^p z_{ijkl} + d3_{ijk}^+ - d3_{ijk}^- = M \quad (11)$$

Tujuan 4

Meminimumkan penyimpangan pada fungsi kendala 4

$$x_{ijkl} + y_{ijkl} + z_{ijkl} + d4_{ijk}^+ - d4_{ijk}^- \leq 1 \quad (12)$$

Formulasi Fungsi Dalam Aplikasi Maple

Pada penelitian ini digunakan aplikasi Maple untuk mencari solusi dari permasalahan, fungsi persamaan yang sudah dibuat akan diformulasi ke dalam aplikasi Maple dengan melakukan beberapa penyesuaian. Penyesuaian fungsi yang pertama dilakukan adalah pada parameter yang ada agar dapat dilakukan perubahan batas atas dan bawah sebagian besar parameter yang ada, penyesuaiannya ditunjukkan pada gambar 1 berikut.

```
#Usia Pembibitan #Usia Penanaman #Maintance #blok penjadwalan
Lb[1] := 8 Lt[1] := 14 M := 2 n0 := 1
Lb[2] := 7 Lt[2] := 17 Mncx := 3 n1 := 3
Lb[3] := 8 Lt[3] := 20 #Jenis tanaman #periode penjadwalan
Lb[4] := 8 Lt[4] := 24 m0 := 1 o0 := 1
Lb[5] := 10 Lt[5] := 30 m1 := 3 o1 := 3
Lb[6] := 11 Lt[6] := 30 jp := 3

#durasi penjadwalan
p0 := 1
v1 := 100
```

Gambar 1. Parameter Dalam Aplikasi Maple

Penyesuaian yang kedua dilakukan pada variabel deviasi yaitu d^+ akan diubah dengan variabel a sedangkan untuk variabel deviasi d^- akan diubah dengan variabel b, hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam penjalanan proses optimasi dalam aplikasi. Setelah penyesuaian dilakukan pada parameter, fungsi persamaan juga akan disesuaikan terhadap parameter yang ada sehingga fungsi persamaan yang dimasukkan ke dalam aplikasi Maple dapat dijalankan. Fungsi persamaan yang sudah dimasukkan dapat dilihat pada gambar 2 dan 3 berikut.

```

> #fungsi tujuan
> fungsi[1] := sum(sum(sum(a1[i,j,k] + b1[i,j,k]),
i=m0..m1, j=n0..n1, k=o0..o1)
> fungsi[2] := sum(sum(sum(a2[i,j,k] + b2[i,j,k]),
i=m0..m1, j=n0..n1, k=o0..o1)
> fungsi[3] := sum(sum(sum(a3[i,j,k] + b3[i,j,k]),
i=m0..m1, j=n0..n1, k=o0..o1)
> fungsi[4] := sum(sum(sum(sum(a4[i,j,k,l] + b4[i,j,k,l]),
i=m0..m1, j=n0..n1, k=o0..o1, l=p0..p1)
> fungsi := fungsi[1] + fungsi[2] + fungsi[3] + fungsi[4]
> #kendala 1
> k[1] := seq(seq(seq(x[i,j,k,l] + a1[i,j,k] - b1[i,j,k] = Lb[i], i=m0..m1, j=n0..n1, k=o0..o1)
> #kendala 2
> k[2] := seq(seq(seq(y[i,j,k,l] + a2[i,j,k] - b2[i,j,k] = Lt[i], i=m0..m1, j=n0..n1, k=o0..o1)
> #kendala 3
> k[3] := seq(seq(seq(z[i,j,k,l] + a3[i,j,k] - b3[i,j,k] = M, i=m0..m1, j=n0..n1, k=o0..o1)
> #kendala 4
> k[4] := seq(seq(seq(seq(x[i,j,k,l] + y[i,j,k,l] + z[i,j,k,l] + a4[i,j,k,l] - b4[i,j,k,l] <= 1, i=m0..m1, j=n0..n1, k=o0..o1, l=p0..p1)
> #kendala 5
> k[5] := seq(sum(sum(sum(z[i,j,k,l] <= Mmax, l=p0..p1)

```

Gambar 2. Fungsi Persamaan Dalam Maple Bagian 1

```

> #kendala 6
> k[6] := seq(seq(seq(
round(Lr[i]+M)/Dp*(k-1) + ((round(Lr[i]+M)/Dp + trunc(Lr[i]/Dp - Lr[i])*(j-1))
sum(x[i,j,k,l], l=p0-1..p1)
+
Lb[i]+1 + round(Lr[i]+M)/Dp*(k-1) + ((round(Lr[i]+M)/Dp + trunc(Lr[i]/Dp - Lr[i])*(j-1))
sum(x[i,j,k,l] = 0, i=m0..m1, j=n0..n1, k=o0..o1)
> #kendala 7
> k[7] := seq(seq(seq(
round(Lr[i]+M)/Dp*(k-1) + ((round(Lr[i]+M)/Dp + trunc(Lr[i]/Dp - Lr[i])*(j-1)) + Lb[i]
sum(y[i,j,k,l], l=p0-1..p1)
+
Lb[i] + Lr[i] + 1 + round(Lr[i]+M)/Dp*(k-1) + ((round(Lr[i]+M)/Dp + trunc(Lr[i]/Dp - Lr[i])*(j-1))
sum(y[i,j,k,l] = 0, i=m0..m1, j=n0..n1, k=o0..o1)
> #kendala 8
> k[8] := seq(seq(seq(
round(Lr[i]+M)/Dp*(k-1) + ((round(Lr[i]+M)/Dp + trunc(Lr[i]/Dp - Lr[i])*(j-1)) + Lb[i] + Lr[i]
sum(z[i,j,k,l], l=p0-1..p1)
+
Lr[i] + Lb[i] + M + 1 + round(Lr[i]+M)/Dp*(k-1) + ((round(Lr[i]+M)/Dp + trunc(Lr[i]/Dp - Lr[i])*(j-1))
sum(z[i,j,k,l] = 0, i=m0..m1, j=n0..n1, k=o0..o1)
> with(Optimization):
> CodeTools[Usage](LPSolve(fungsi, {k[1], k[2], k[3], k[4], k[5], k[6], k[7], k[8]}, assume = [nonnegative, integer, binary]))

```

Gambar 3. Fungsi Persamaan Dalam Maple Bagian 2

Skenariosasi

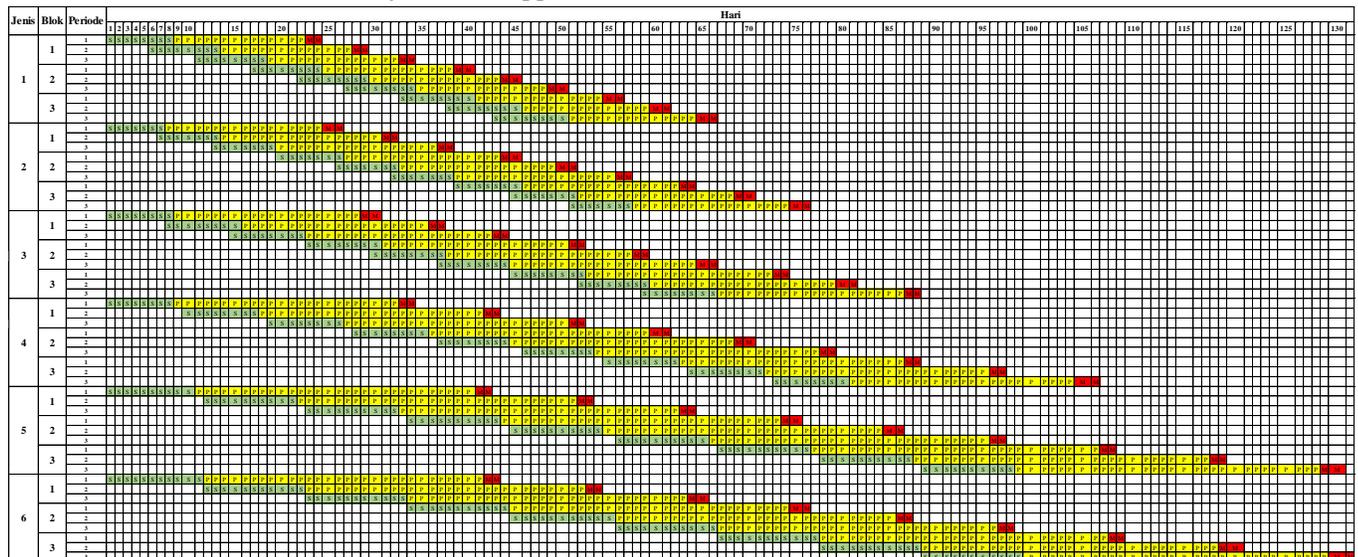
Tahap selanjutnya adalah melakukan skenariosasi untuk melakukan percobaan untuk mengubah parameter jumlah periode pada setiap jenis tanaman. Percobaan ini dilakukan untuk mengamati perubahan pada hasil dan mendapatkan hasil dari fungsi persamaan yaitu pola dan jadwal penanaman dengan jarak antar masing-masing pembibitan yang relatif pendek sekitar 3 sampai 4 hari dan jarak antar pembibitan yang merata. Pada tahap skenariosasi kendala yang menjadi pembatas jumlah *maintenance* akan ditingkatkan dengan anggapan bahwa jumlah pekerja ditambah dengan 1 orang sehingga jumlah *maintenance* bisa dijadikan 6.

Tabel 2. Parameter Tetap Skenariosasi

Nama Parameter	Notasi	Nilai
Usia Pembibitan Tanaman 1	Lb ₁	8 Hari
Usia Pembibitan Tanaman 2	Lb ₂	7 Hari
Usia Pembibitan Tanaman 3	Lb ₃	8 Hari
Usia Pembibitan Tanaman 4	Lb ₄	8 Hari
Usia Pembibitan Tanaman 5	Lb ₅	10 Hari
Usia Pembibitan Tanaman 6	Lb ₆	11 Hari
Usia Penanaman Tanaman 1	Lt ₁	14 Hari
Usia Penanaman Tanaman 2	Lt ₂	17 Hari
Usia Penanaman Tanaman 3	Lt ₃	20 Hari
Usia Penanaman Tanaman 4	Lt ₄	24 Hari
Usia Penanaman Tanaman 5	Lt ₅	30 Hari
Usia Penanaman Tanaman 6	Lt ₆	30 Hari
Masa <i>Maintenance</i>	M	2 Hari
Jumlah Maksimal <i>Maintenance</i>	Mmax	6
Jumlah Jenis Tanaman	m	6
Jumlah Siklus Penjadwalan	n	3
Jumlah Hari Penjadwalan	p	140 hari

Skenario 1

Pada skenario 1 parameter jumlah periode yang digunakan adalah sebesar 3 periode yang diterapkan untuk semua jenis tanaman. Sehingga parameter tambahannya adalah $jp = 3$, dan $o = 3$. Hasil dari optimasi fungsi dengan parameter tetap dan parameter tambahan tersebut ditunjukkan pada gambar 4 berikut. Setelah itu dilanjutkan hingga skenario ke-9.



Gambar 4. Hasil Keluaran Optimasi Skenario 1

Rekapitulasi Skenariosasi

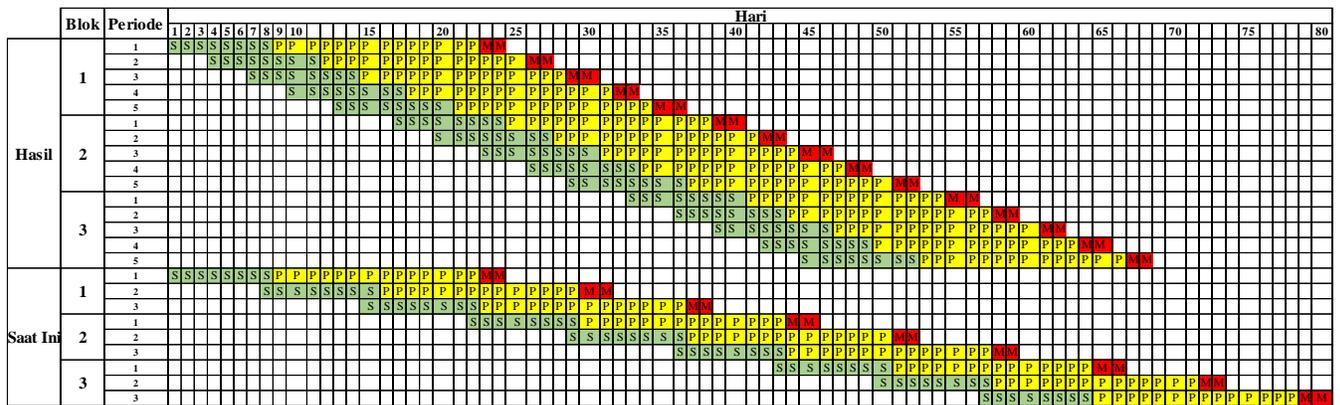
Setelah dilakukan tahap skenariosasi, hasil yang diperlukan direkapitulasi dalam bentuk tabel 3 berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Skenariosasi

Skenario Ke-	Jumlah Periode	Jenis Tanaman	Hasil					Waktu Total Dalam 3 Blok	Jadwal Yang Dipilih
			Tumpang Tindih	Jarak Pembibitan	Jarak Pembibitan Antar blok	Kekosongan			
1	3	1	×	5 Hari	6 Hari	0 Hari	66 Hari		
		2	×	6 Hari	7 Hari	0 Hari	76 Hari		
		3	×	7 Hari	8 Hari	0 Hari	87 Hari		
		4	×	9 Hari	9 Hari	1 Hari	106 Hari		
		5	×	11 Hari	11 Hari	1 Hari	130 Hari		
		6	×	11 Hari	11 Hari	1 Hari	131 Hari		
2	4	1	×	4 Hari	6 Hari	2 Hari	72 Hari		
		2	×	5 Hari	4 Hari	0 Hari	79 Hari		
		3	×	6 Hari	6 Hari	2 Hari	96 Hari		
		4	×	7 Hari	7 Hari	2 Hari	101 Hari		
		5	×	8 Hari	10 Hari	2 Hari	134 Hari		
		6	×	8 Hari	10 Hari	2 Hari	135 Hari		
3	5	1	×	3 Hari	4 Hari	0 Hari	68 Hari	✓	
		2	✓	4 Hari	2 Hari	0 Hari	78 Hari		
		3	✓	4 Hari	4 Hari	0 Hari	86 Hari		
		4	×	5 Hari	6 Hari	0 Hari	106 Hari		
		5	✓	6 Hari	6 Hari	0 Hari	126 Hari		
		6	✓	6 Hari	6 Hari	0 Hari	127 Hari		
4	6	1	×	3 Hari	1 Hari	0 Hari	71 Hari		
		2	×	3 Hari	4 Hari	0 Hari	79 Hari	✓	
		3	×	4 Hari	2 Hari	0 Hari	94 Hari		
		4	✓	4 Hari	2 Hari	0 Hari	98 Hari		
		5	✓	5 Hari	5 Hari	0 Hari	127 Hari		
		6	✓	5 Hari	5 Hari	0 Hari	128 Hari		
5	7	1	✓	2 Hari	2 Hari	0 Hari	64 Hari		
		2	✓	3 Hari	0 Hari	0 Hari	80 Hari		
		3	×	3 Hari	4 Hari	0 Hari	92 Hari	✓	
		4	✓	4 Hari	1 Hari	0 Hari	108 Hari		
		5	×	5 Hari	3 Hari	1 Hari	138 Hari		
		6	×	5 Hari	3 Hari	1 Hari	139 Hari		
6	8	4	✓	3 Hari	3 Hari	0 Hari	103 Hari		
		5	×	4 Hari	6 Hari	2 Hari	138 Hari	✓	
		6	×	4 Hari	6 Hari	2 Hari	139 Hari	✓	
7	9	4	✓	3 Hari	- 3 Hari	0 Hari	100 Hari		
		5	×	4 Hari	1 Hari	1 Hari	140 Hari		
		6	×	4 Hari	1 Hari	1 Hari	141 Hari		
8	10	4	×	3 Hari	- 1 Hari	0 Hari	113 Hari	✓	
		5	✓	3 Hari	3 Hari	0 Hari	129 Hari		
		6	✓	3 Hari	3 Hari	0 Hari	130 Hari		
9	11	5	✓	3 Hari	- 5 Hari	0 Hari	122 Hari		
		6	✓	3 Hari	- 5 Hari	0 Hari	123 Hari		

Perbandingan Jadwal Hasil Optimasi dengan Jadwal yang Sudah Ada

Pada tahap ini dilakukan perbandingan antara jadwal penanaman hasil optimasi yang dipilih dengan jadwal yang saat ini digunakan oleh pihak kebun untuk setiap jenis tanaman. Perbandingan jadwal untuk jenis tanaman 1 ditampilkan pada gambar 5 dan rekapitulasi hasil kriteria perbandingan dapat dilihat pada tabel 4.



Gambar 5. Perbandingan jadwal Jenis Tanaman 1

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Kriteria Perbandingan

Jenis tanaman	Jadwal	Jumlah Periode	Jarak Pembibitan	Jarak Pembibitan Antar blok	Kekosongan	Waktu Total Dalam 3 Blok
1	Hasil	5	3 Hari	4 Hari	0 Hari	68 Hari
	Saat Ini	3	7 Hari	7 Hari	5 Hari	80 Hari
2	Hasil	6	3 Hari	4 Hari	0 Hari	79 Hari
	Saat Ini	3	8 Hari	8 Hari	6 Hari	90 Hari
3	Hasil	7	3 Hari	4 Hari	0 Hari	92 Hari
	Saat Ini	3	9 Hari	9 Hari	6 Hari	102 Hari
4	Hasil	10	3 Hari	- 1 Hari	0 Hari	113 Hari
	Saat Ini	3	10 Hari	10 Hari	6 hari	114 Hari
5	Hasil	8	4 Hari	6 Hari	2 Hari	138 Hari
	Saat Ini	2	19 Hari	19 Hari	6 Hari	137 Hari
6	Hasil	8	4 Hari	6 Hari	2 Hari	139 Hari
	Saat Ini	2	19 Hari	19 Hari	6 Hari	138 Hari

Simpulan

Setelah menyelesaikan penelitian ini dihasilkan model persamaan yang terdiri dari fungsi kendala, fungsi kendala tujuan, dan fungsi tujuan yang menghasilkan jadwal dan pola penanaman dengan mempertimbangkan jumlah periode penanaman, durasi pembibitan, durasi penanaman, dan maintenance. Jadwal yang dihasilkan dari model persamaan yang sudah dikembangkan sudah mempertimbangkan kontinuitas produksi yang berkelanjutan, yaitu dengan menghasilkan jadwal yang berhubungan antara siklus atau siklus penjadwalan dengan siklus penjadwalan selanjutnya sehingga kontinuitas produksi dapat terus dipertahankan.

Jadwal penanaman yang dihasilkan dari model persamaan menunjukkan peningkatan kapasitas produksi dalam segi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 1 siklus penjadwalan, penurunan waktu yang didapatkan untuk jenis tanaman 1 dan 2 adalah sekitar 4 hari untuk 1 siklus penjadwalan sehingga dapat menyelesaikan 5 siklus jadwal hasil dalam waktu dibutuhkan untuk menyelesaikan 4 siklus jadwal saat ini, untuk jenis tanaman 3 penurunannya adalah sekitar 3 hari sehingga dapat menyelesaikan 6 siklus jadwal hasil dalam waktu dibutuhkan untuk menyelesaikan 5 siklus jadwal saat ini, untuk jenis tanaman 4 penurunan waktu yang terjadi tidak signifikan yaitu 1 hari untuk 3 siklus penjadwalan dan dapat diselesaikan 10 siklus jadwal hasil dalam waktu dibutuhkan untuk menyelesaikan 9 siklus jadwal saat ini, dan untuk jenis tanaman 5 dan 6 tidak terjadi penurunan waktu.

Daftar Pustaka

- [1] Abdurahman. Muhamad, “*Perancangan Pusat Peragaan dan Pengkajian Iptek Pertanian di Kota Kediri: Tema high-tech architecture*,” [Undergraduate Thesis], Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2014.
- [2] A. Said, *Budidaya Mentimun dan Tanaman Semusim Secara Hidroponik*, 2007, Azka Press. Jakarta.
- [3] D. G. Bullock, “*Crop rotation*”, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 11:4, p. 309-326, 1992. [Online]. Sumber: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07352689209382349>. Diakses pada tanggal 6 Maret pukul 19.14.
- [4] Fatchiati, “Verifikasi Dan Validasi Model,” 24 Maret 2010. [Online]. Sumber: <https://fatchiati.wordpress.com/2010/03/24/verifikasi-dan-validasi-model/>. [diakses 21 Agustus 2021]
- [5] Kusuma. H, *Manajemen Produksi*, 2009, ANDI, Yogyakarta.
- [6] Mulasari. Surahma Asti, “*Penerapan Teknologi Tepat Guna (Penanam Hidroponik Menggunakan Media Tanam) Bagi Masyarakat Sosrowijayan Yogyakarta*,” Universitas Ahmad Dahlan: UAD Scientific Journal. Jurnal Pemberdayaan: Publikasi Hasil Pengabdian kepada Masyarakat Vol. 2, No. 3, Desember 2018, Hal. 425-430
- [7] Nababan. Desi Analisa, “*Model De Novo Programming Menggunakan Pendekatan Min-Max Goal Programming Dan Penerapannya Pada Optimisasi Perencanaan Produksi Bakpia 716 Annur Yogyakarta*,” Skripsi, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2015.
- [8] Octafiani. Dina, dkk, “*Optimasi Penjadwalan Perkuliahan Dengan Metode Zero-One Linear Goal Programming*,” Jurnal Teknik & Ilmu Komputer, vol. 4, no. 16, Desember 2015. [Online]. Sumber: <http://ejournal.ukrida.ac.id/ojs/index.php/JTIK/article/view/1097>. Diakses pada tanggal 21 April pukul 23.32.
- [9] Putri. Rustiana Imala, “*Penjadwalan Perawat Menggunakan Goal Programming: Studi Kasus Di Rumah Sakit Hasanah Graha Afiah Depok*,” [Skripsi], Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2013.
- [10] R. Vinayanti Eka, dkk, “*Pendekatan Goal Programming Untuk Penentuan Rute Kendaraan Pada Kegiatan Distribusi*” *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, vol 9, No. 1, p. 1-15, November 2012. [Online]. Sumber: <https://iptek.its.ac.id/index.php/limits/issue/view/288>. Diakses pada tanggal 3 Mei pukul 12.58.