

## Optimalisasi Tingkat Keuntungan Dengan Pengembangan Model Jadwal Panen Tomat Menggunakan Metode MILP Dengan Pendekatan *Rolling Scheduling* (Study kasus : BUMP Karya Tani)

Alfian Kello<sup>1</sup>, Lely Herlina<sup>2</sup>, M. Adha Ilhami<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Untirta

Jl. Jend.Sudirman Km.3 Cilegon, Banten 42435

[alfiankello.ak@gmail.com](mailto:alfiankello.ak@gmail.com)<sup>1</sup>, [lely@untirta.ac.id](mailto:lely@untirta.ac.id)<sup>2</sup>, [adha@untirta.ac.id](mailto:adha@untirta.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

BUMP Karya Tani merupakan badan usaha milik petani yang membudidayakan tanaman hortikultura salah satunya adalah tanaman tomat. Adanya tambahan saluran tomat ke perusahaan saus pada tahun 2014 membuat permintaan dan saluran permintaan semakin bertambah. Permintaan ke perusahaan saus mensyaratkan kematangan 95% dan memerlukan aktivitas pasca panen yang terdiri dari pencucian, sortasi dan pengemasan. Keuntungan ke perusahaan saus lebih tinggi, sehingga panen kematangan 95% harus diperhitungkan dengan tepat. Dalam pemenuhan permintaan dari perusahaan saus, sering terjadinya kekurangan dan kelebihan volume yang sesuai dengan kualitas yang disyaratkan perusahaan saus pada setiap jadwal pengiriman. Jika terjadi kekurangan, maka BUMP karya Tani akan kehilangan kesempatan untuk memperoleh keuntungan yang lebih besar. Jika terjadi kelebihan, walaupun dapat disimpan tetapi waktunya sangat terbatas dan memerlukan biaya simpan. Untuk itu perlu merancang formula matematis untuk penjadwalan panen tomat dengan tiga variasi tingkat kematangan untuk menghasilkan keuntungan maksimal. Agar permasalahan yang diselesaikan memperoleh hasil yang optimum maka metode yang digunakan adalah metode Linear Programming, karena model yang dibuat terdapat variabel integer biner dan variabel continuous maka metode yang tepat digunakan adalah metode Mix Integer Linear Programming. Dari hasil penelitian diperoleh perancangan formula matematis untuk penjadwalan panen tomat dengan tiga variasi kematangan ditentukan dengan menggunakan metode Mix Integer Linear Programming karena mampu menghasilkan keuntungan yang maksimal sesuai dengan permintaan pasar.

Kata kunci: Penjadwalan, Penjadwalan Bergulir, Optimasi, LP, MILP

### ABSTRACT

BUMP Karya Tani is a business entity belonging to the farmers cultivate plant hortikultura one of which is of tomato plants. The addition of the tomato sauce into the company in 2014 make a request and the rising demand. Demand a sauce into the company requires maturity 95 percent and requires after harvest activity consisting of laundering, sorting and packaging. Advantage to a higher sauce, so that harvesting ripeness 95 percent to reckon with proper. In fulfillment of a request from the company sauce, often the occurrence of a shortage and excess of the volume in accordance with the quality of that required companies sauce on every delivery schedule. If there is a shortage, bump and farm work will lose the opportunity to gain greater. If there is excess, although can be kept but very limited time and requires the cost savings. This needs to design a mathematical formula for scheduling of the harvest of tomatoes with three variations of the level of maturity to produce maximum profit. To the problems resolved obtain optimum results and methods used is a method of linear programming, because the model that made there is an integer binary and variable variable continuous the right methods used is an integer linear programming mixed method. Of research results obtained the design of mathematical formula for scheduling of the harvest of tomatoes with three variations of ripeness determined by using a linear programming interger mix because able to produce maximum keuntugan in accordance with market demand.

Keywords : Scheduling, Rolling Scheduling, Optimization, LP, MILP

## PENDAHULUAN

BUMP Karya Tani merupakan badan usaha milik petani yang membudidayakan tanaman hortikultura salah satunya adalah tanaman tomat. Adanya tambahan saluran tomat ke perusahaan saus pada tahun 2014 membuat permintaan dan saluran permintaan semakin bertambah. Permintaan ke perusahaan saus mensyaratkan kematangan 95% dan memerlukan aktivitas pasca panen yang terdiri dari pencucian, sortasi dan pengemasan. Keuntungan ke perusahaan saus lebih tinggi, sehingga panen kematangan 95% harus diperhitungkan dengan tepat. Dalam pemenuhan permintaan dari perusahaan saus, sering terjadinya kekurangan dan kelebihan volume yang sesuai dengan kualitas yang disyaratkan perusahaan saus pada setiap jadwal pengiriman. Jika terjadi kekurangan, maka BUMP karya Tani akan kehilangan kesempatan untuk memperoleh keuntungan yang lebih besar. Jika terjadi kelebihan, walaupun dapat disimpan tetapi waktunya sangat terbatas dan memerlukan biaya simpan.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah merancang formula matematis untuk penjadwalan panen tomat dengan tiga variasi tingkat kematangan untuk menghasilkan keuntungan maksimal. Batasan penelitian ini adalah ruang lingkup penelitian dibatasi pada sistem yang terdiri dari  $n$  blok lahan dan satu unit pengolahan, jenis pasar yang diperhitungkan terdiri dari 4 yaitu, tradisional (kios), regional, industri saus dan tradisional *grade* rendah, penentuan jadwal panen hanya dilakukan pada lahan yang tanamannya telah memasuki masa panen, model jadwal panen tidak memperhitungkan waktu peremajaan tanaman, volume panen tiap lahan tetap, tidak dipengaruhi oleh cuaca, suhu, hama dan umur tanaman, roses panen dan pasca panen tidak memperhitungkan banyaknya karyawan yang tersedia. Asumsi Penelitian ini adalah produktivitas setiap blok sama dan tetap selama satu periode penjadwalan, dalam setiap periode panen, satu blok lahan harus diselesaikan dalam satu kali panen (tidak dapat dipanen sebagian), rentang hari panen sama untuk semua blok lahan dan tetap selama satu periode penjadwalan, hasil panen tiap blok lahan diketahui dan bersifat deterministik selama satu periode penjadwalan.

“Penjadwalan produksi dapat didefinisikan sebagai pengalokasian sumberdaya yang tersedia dengan tepat untuk memenuhi beberapa tujuan yang diinginkan. Ciri khas dari penjadwalan adalah ada permasalahan yang terdiri dari seperangkat tugas yang harus dikerjakan, dan kriteria menyangkut trade off antara lebih awal (early) dan keterlambatan (late) penyelesaian tugas” ( Graves, 1981). Penjadwalan bergulir atau rolling scheduling merupakan suatu pendekatan penjadwalan yang selalu bergulir ke depan, dimana panjang periode perencanaan dibuat tetap dan selalu di update untuk periode-periode berikutnya. Penjadwalan bergulir sering digunakan untuk mengakomodasi permasalahan yang dinamis (Budijati, 2000). Penjadwalan bergulir merupakan kombinasi dari penjadwalan statis-dinamis, karena sebagian dari jadwal

tidak diubah setelah ditetapkan, dan sebagian lagi dapat diubah untuk siklus perencanaan berikutnya. Kok and Spitter (2005) menyatakan “Ide awal dibalik pendekatan penjadwalan bergulir salah satunya adalah penggunaan teknik matematika seperti linier programming atau integer programming, untuk memecahkan tidak hanya masalah deterministik tetapi juga stokastik, dengan mengupdate status informasi secara periodik”. Lebih lanjut dinyatakan pula bahwa penjadwalan bergulir merupakan formulasi standar untuk mengatasi masalah perencanaan yang mendekati sistem nyata.

Taha (1996) yang dikutip dari Kamal (2012) menyatakan “Linear Programming (LP) adalah sebuah alat deterministik, yang berarti bahwa semua parameter model sudah diketahui dengan pasti. Tetapi, dalam kehidupan nyata, jarang sekali terdapat persoalan dimana terdapat kepastian yang sesungguhnya. Teknik LP mengkompensasi “kekurangan” ini dengan memberikan analisis pasca-optimum dan analisis parametrik sistematis untuk memungkinkan pengambil keputusan yang bersangkutan untuk menguji sensitivitas pemecahan optimum yang “statis” terhadap perubahan diskrit atau kontinu dalam berbagai parameter dari model tersebut.” Mulyono (2004) yang dikutip dari Kamal (2012) menyatakan “Pada dasarnya integer linear programming merupakan bentuk khusus dari model LP, dimana fungsi divisibilitasnya melemah atau bahkan hilang. Integer Linear Programming (ILP) merupakan sebuah model pemrograman linear bilangan bulat yang dapat menghasilkan solusi dengan nilai-nilai baik integer dan maupun non-integer.” Bentuk ILP muncul karena dalam kenyataannya tidak semua variabel keputusan dapat berupa pecahan.

Lingo merupakan suatu alat komprehensif yang dirancang untuk memecahkan masalah Linear, Nonlinear (convex dan nonconvex/global), Quadratic, Quadratically Constrained, Second Order Cone, Stochastic, dan model optimisasi integer dengan lebih cepat, lebih mudah, dan lebih efisien.

Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill), berasal dari daerah Peru dan Ekuador, kemudian menyebar ke seluruh Amerika, terutama ke wilayah yang beriklim tropik. Bangsa Eropa dan Asia mengenal tanaman tomat pada tahun 1523. Namun pada waktu itu tanaman tomat dianggap sebagai tanaman beracun. dan hanya ditanam sebagai tanaman hias dan obat kanker. Tanaman tomat di tanam di Indonesia sesudah kedatangan orang Belanda, hal ini menandakan bahwa tanaman tomat sudah tersebar di seluruh dunia, baik di daerah tropik maupun subtropik (Cahyono, 1998).

## METODE PENELITIAN

Data yang didapatkan harus sesuai dengan kondisi lapangan. Data yang didapatkan harus mewakili seluruh kegiatan yang dilakukan pada BUMP Karya Tani, serta dapat menjelaskan alur proses kegiatan.

Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah

melakukan identifikasi variabel dan parameter yang masuk ke dalam model. Berdasarkan batasan sistem dan tujuan pengembangan model yaitu untuk memaksimalkan keuntungan, maka perlu diidentifikasi variabel-variabel yang relevan. Sebuah penggambaran sistem akan berguna dalam mengidentifikasi seluruh komponen yang relevan. Selain itu untuk mengetahui hubungan variabel-variabel pembentuk tujuan model yaitu maksimasi keuntungan maka perlu membuat *influance diagram*. Setelah itu membuat model konseptual berdasarkan *influance diagram*.

Langkah selanjutnya yaitu menjelaskan variabel dan parameter yang masuk ke dalam model. Penjelasan variabel atau parameter tersebut dijelaskan secara spesifik, karakteristik variabel tersebut maupun nilainya. Langkah berikutnya yaitu memberi notasi dari setiap variabel dan parameter yang digunakan.

Langkah selanjutnya yaitu menetapkan fungsi tujuan yaitu maksimasi keuntungan, dimana didalamnya diuraikan komponen-komponen pembentuk keuntungan. Keuntungan merupakan penerimaan dikurangi biaya. Langkah selanjutnya yaitu membuat formulasi matematika berdasarkan fungsi tujuan. Kemudian membuat batasan model yang menjadi batasan dalam formulasi matematika.

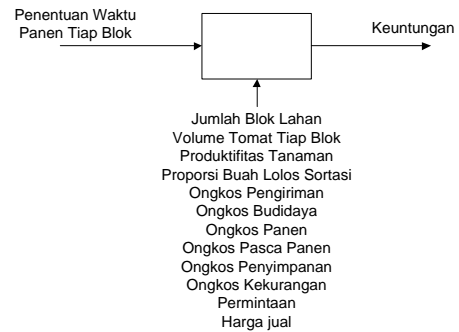
Langkah selanjutnya yaitu menentukan teknik yang tepat dalam mencari solusi, yang dapat menghasilkan nilai fungsi tujuan yang optimal. Setelah itu membuat formulasi matematika yang dibuat ke dalam bentuk formulasi *software* Lingo. Setelah formulasi yang dibuat dapat berjalan, maka hasil yang diperoleh berdasarkan *software* Lingo dibuat dalam bentuk tabel jadwal panen. Apabila keputusan yang dibuat tidak sesuai dengan karakteristik sistem, maka batasan yang telah dibuat sebelumnya harus diperbaiki sehingga keputusan yang dihasilkan sesuai dengan karakteristik sistem.

Langkah selanjutnya melakukan uji model. Uji model dilakukan untuk mengetahui bahwa model yang dibuat sesuai dengan karakteristik sistem serta menghasilkan hasil yang optimal. Uji model yang dilakukan yaitu uji optimalisasi, dan uji sensitivitas.

## HASIL dan PEMBAHASAN

### A. Identifikasi Variabel Parameter yang Masuk Model

Berdasarkan sistem relevan yang dibuat serta *influance diagram* yang berfungsi untuk mengetahui komponen pembentuk fungsi tujuan maka model konseptual yang disajikan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Model Konseptual Pejadwalan Panen Tomat

### B. Notasi Dari Variabel dan Parameter yang Digunakan

Berikut ini merupakan notasi dari variabel dan parameter yang digunakan dalam model ini:

1. Notasi dari variabel yang digunakan
  - $x_{l,t}^{70}$  : variabel biner yang bernilai 1 jika panen kematangan 70% dilakukan di lahan l pada waktu t, dan 0 untuk yang lainnya
  - $x_{l,t}^{80}$  : variabel biner yang bernilai 1 jika panen kematangan 80% dilakukan di lahan l pada waktu t, dan 0 untuk yang lainnya
  - $x_{l,t}^{95}$  : variabel biner yang bernilai 1 jika panen kematangan 95% dilakukan di lahan l pada waktu t, dan 0 untuk yang lainnya
  - $it^{80}$  : Persediaan tomat kematangan 80% pada hari t
  - $it^{95}$  : Persediaan tomat kematangan 95% pada hari t
  - $kt^{95}$  : Kekurangan pasokan tomat kematangan 95% pada tahap n (kg)
  - $kt^{80}$  : Kekurangan pasokan tomat kematangan 80% pada tahap n (kg)
  - $ot^{95}$  : Kelebihan tomat kematangan 95% yang disimpan pada tahap n (kg)
  - $ot^{80}$  : Kelebihan tomat kematangan 80% yang disimpan pada tahap n (kg)
  - $yt^{95}$  : Volume tomat kematangan 95% yang dijual ke perusahaan saus pada hari t
  - $yt^{80}$  : Volume tomat kematangan 80% yang dijual ke pasar tradisional pada hari t
2. Notasi dari parameter yang digunakan
  - H : Kapasitas maksimal tempat penyimpanan (Kg)
  - $K_{jt}$  : Kapasitas maksimal penjualan tomat kematangan 80% (Kg/hari)
  - $cr^{95}$  : Biaya kekurangan tomat kematangan 95% (Rp/kg)
  - $cr^{80}$  : Biaya kekurangan tomat kematangan 80% (Rp/kg)
  - Dt : Volume permintaan perusahaan saus pada hari t (Kg)
  - hc : Biaya penyimpanan tomat (Rp/Kg/Hari)
  - hs : Upah tenaga kerja panen (Rp/Kg)
  - $J_{l,t}$  : Waktu panen terakhir sebelum hari pertama periode perencanaan lahan l pada hari t
  - $kp^{70}$  : Kapasitas maksimal pengolahan kematangan 70% (kg/hari)

- kp<sup>95</sup> : Kapasitas maksimal pengolahan kematangan 95% (kg/hari)
- l ∈ L : Blok lahan yang dijadwalkan dalam satu periode penjadwalan (l1, l2, ... L)
- t ∈ T : Waktu (hari) dalam satu periode penjadwalan (t1, t2, ... T)
- mc<sup>95</sup> : Biaya bahan pengemasan tomat kematangan 95% (Rp/kg)
- mc<sup>70</sup> : Biaya bahan pengemasan tomat kematangan 70% (Rp/kg)
- ps : Biaya sortasi (Rp/kg)
- pg : Biaya grading (Rp/kg)
- pc : Biaya pencucian (Rp/kg)
- pb : Biaya budidaya (Rp/kg)
- pt : Harga jual tomat ke pasar tradisional (Rp/kg)
- ptgr : Harga jual tomat ke pasar tradisional grade rendah (Rp/kg)
- pr : Harga jual tomat ke pasar regional (Rp/kg)
- pps : Harga jual tomat ke pasar perusahaan saus (Rp/kg)
- r<sup>70</sup> : Rentang hari antar panen kematangan buah 70%
- r<sup>80</sup> : Rentang hari antar panen kematangan buah 80%
- r<sup>95</sup> : Rentang hari antar panen kematangan buah 95%
- s : Rata-rata proporsi buah kematangan 95% yang lolos sortasi (%)
- tc<sup>70</sup> : Biaya transportasi dari tempat pengolahan ke tempat pasar untuk setiap alat transportasi per kg untuk kematangan 70%
- tc<sup>80</sup> : Biaya transportasi dari tempat pengolahan ke tempat pasar untuk setiap alat transportasi per kg untuk kematangan 80%
- tc<sup>95</sup> : Biaya transportasi dari tempat pengolahan ke tempat pasar untuk setiap alat transportasi per kg untuk kematangan 95%
- q<sub>l</sub> : Volume panen tomat yang tersedia pada blok l (kg)

C. Membuat Formulasi Matematika Berdasarkan Fungsi Tujuan

Berikut ini merupakan formulasi matematika berdasarkan fungsi tujuan maksimum yang dibuat:  
Keuntungan = Penerimaan – Biaya

= (penerimaan kematangan 70% - biaya kematangan 70%) + (penerimaan kematangan 80% - biaya kematangan 80%) + (penerimaan kematangan 95% - biaya kematangan 95%)

Karakteristik tanaman tomat adalah pemanenannya dilakukan beberapa Kali sampai tanaman tidak produktif lagi. Karena dalam satu siklus panen jangka waktunya cukup panjang, maka untuk menyederhanakannya digunakan penjadwalan bergulir (rolling scheduling). Pendekatan tersebut juga dapat mengatasi permasalahan kondisi dinamis, yaitu permintaan yang terkadang berubah, atau jika terjadi realisasi panen yang tidak sesuai rencana maka pada periode berikutnya penjadwalan dapat di update.

Model yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Max } z = & \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} x_{l,t}^{70} \cdot q_l \cdot pr - \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} x_{l,t}^{70} \cdot q_l \cdot pb - \\ & \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} x_{l,t}^{70} \cdot q_l \cdot hs - \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} x_{l,t}^{70} \cdot q_l \cdot pg - \\ & \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} x_{l,t}^{70} \cdot q_l \cdot mc^{70} - \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} x_{l,t}^{70} \cdot q_l \cdot tc^{70} + \\ & \sum_{l \in L} y_t \cdot pt - \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} x_{l,t}^{80} \cdot q_l \cdot pb - \\ & \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} x_{l,t}^{80} \cdot q_l \cdot hs - \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} y_t \cdot tc^{80} - \sum_{l \in L} o_t^{80} \cdot hc - \\ & \sum_{l \in L} k_t^{80} \cdot cr^{80} + \sum_{l \in L} y_t \cdot pps + \\ & \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} x_{l,t}^{95} \cdot q_l \cdot (1-s) \cdot ptgr - \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} x_{l,t}^{95} \cdot q_l \cdot pb - \\ & \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} x_{l,t}^{95} \cdot q_l \cdot hs - \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} y_t \cdot tc^{95} - \sum_{l \in L} o_t^{95} \cdot hc - \\ & \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} x_{l,t}^{95} \cdot q_l \cdot ps - \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} x_{l,t}^{95} \cdot q_l \cdot pc - \\ & \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} y_t \cdot mc^{95} - \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} k_t^{95} \cdot cr^{95} \end{aligned} \dots\dots\dots(1)$$

D. Membuat Batasan Model yang Menjadi Batasan Dalam Formulasi Matematika

Berikut ini merupakan pembatas dari model yang dibuat:

1.  $\sum_{t: j_{l,t}=r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{95}} x_{l,t}^{95} = 1, \forall l \in L$  .....(2)
2.  $\sum_{t: j_{l,t}=r^{95}} x_{l,t}^{95} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{70}+r^{80}} x_{l,t}^{70} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{70}+r^{80}} x_{l,t}^{80} \leq 2, \forall l \in L$  .....(3)
3.  $\sum_{t: j_{l,t}=r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{80}+r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{t: j_{l,t}=2 \cdot r^{80}} x_{l,t}^{80} \leq 2, \forall l \in L$  .....(4)
4.  $\sum_{t: j_{l,t}=r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{70}+r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{t: j_{l,t}=2 \cdot r^{70}} x_{l,t}^{70} \leq 2, \forall l \in L$  .....(5)
5.  $\sum_{t: j_{l,t}=r^{95}} x_{l,t}^{95} + \sum_{t: j_{l,t}=2 \cdot r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{t: j_{l,t}=2 \cdot r^{80}} x_{l,t}^{80} \leq 1, \forall l \in L$  .....(6)
6.  $\sum_{t: j_{l,t}=r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{t: j_{l,t}=2 \cdot r^{80}} x_{l,t}^{80} \leq 1, \forall l \in L$  .....(7)
7.  $\sum_{t: j_{l,t}=r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{t: j_{l,t}=2 \cdot r^{70}} x_{l,t}^{70} \leq 1, \forall l \in L$  .....(8)
8.  $\sum_{t: j_{l,t}=2 \cdot r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{80}+r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{95}+r^{70}} x_{l,t}^{70} \leq 1, \forall l \in L$  .....(9)
9.  $\sum_{t: j_{l,t}=2 \cdot r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{70}+r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{95}+r^{80}} x_{l,t}^{80} \leq 1, \forall l \in L$  .....(10)
10.  $\sum_{t: j_{l,t}=r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{80}+r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{95}+r^{70}} x_{l,t}^{70} \leq 1, \forall l \in L$  .....(11)
11.  $\sum_{t: j_{l,t}=r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{t: j_{l,t}=2 \cdot r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{95}+r^{70}} x_{l,t}^{70} \leq 1, \forall l \in L$  .....(12)
12.  $\sum_{t: j_{l,t}=r^{95}} x_{l,t}^{95} + \sum_{t: j_{l,t}=2 \cdot r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{80}+r^{70}} x_{l,t}^{70} \leq 1, \forall l \in L$  .....(13)
13.  $\sum_{t: j_{l,t}=r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{t: j_{l,t}=2 \cdot r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{95}+r^{80}} x_{l,t}^{80} \leq 1, \forall l \in L$  .....(14)
14.  $\sum_{t: j_{l,t}=r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{70}+r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{95}+r^{80}} x_{l,t}^{80} \leq 1, \forall l \in L$  .....(15)
15.  $\sum_{t: j_{l,t}=r^{95}} x_{l,t}^{95} + \sum_{t: j_{l,t}=r^{70}+r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{t: j_{l,t}=2 \cdot r^{80}} x_{l,t}^{80} \leq 1, \forall l \in L$  .....(16)

15. .... (16)

16.  $\sum_{l: j_{l,t} \neq r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{l: j_{l,t} \neq 2, r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{l: j_{l,t} \neq r^{80} + r^{70}} x_{l,t}^{70} + \sum_{l: j_{l,t} \neq r^{95} + r^{70}} x_{l,t}^{70} = 0, \forall l \in L$  .... (17)

17.  $\sum_{l: j_{l,t} \neq r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{l: j_{l,t} \neq 2, r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{l: j_{l,t} \neq r^{70} + r^{80}} x_{l,t}^{80} + \sum_{l: j_{l,t} \neq r^{95} + r^{80}} x_{l,t}^{80} = 0, \forall l \in L$  .... (18)

18.  $\sum_{l: j_{l,t} \neq r^{95}} x_{l,t}^{95} = 0, \forall l \in L$  .... (19)

19.  $i_t^{95} + \sum_{l \in L} x_{l,t}^{95} \cdot q_l \cdot s - o_t^{95} = y_t^{95}, \forall t \in T$  .... (20)

20.  $i_t^{80} + \sum_{l \in L} x_{l,t}^{80} \cdot q_l - o_t^{80} = y_t^{80}, \forall t \in T$  .... (21)

21.  $o_t^{95} = i_{t+1}^{95}, \forall t \in T$  .... (22)

22.  $o_t^{80} = i_{t+1}^{80}, \forall t \in T$  .... (23)

23.  $o_t^{95} + o_t^{80} \leq H, \forall t \in T$  .... (24)

24.  $\sum_{l \in L} x_{l,t}^{95} \cdot q_l \leq kp^{95}, \forall t \in T$  .... (25)

25.  $\sum_{l \in L} x_{l,t}^{70} \cdot q_l \leq kp^{70}, \forall t \in T$  .... (26)

26.  $i_t^{95} + \sum_{l \in L} x_{l,t}^{95} \cdot q_l \cdot s \leq \sum_t^{t+4} D, \forall t \leq T - 4$  .... (27)

27.  $i_t^{80} + \sum_{l \in L} x_{l,t}^{80} \cdot q_l \leq \sum_t^{t+5} kj, \forall t \leq T - 5$  .... (28)

28.  $x_{l,t}^{70} \in \{0,1\}, \forall l \in L, t \in T$  .... (29)

29.  $x_{l,t}^{80} \in \{0,1\}, \forall l \in L, t \in T$  .... (30)

30.  $x_{l,t}^{95} \in \{0,1\}, \forall l \in L, t \in T$  .... (31)

31.  $o_t^{95} \geq 0, \forall t \in T$  .... (32)

32.  $o_t^{80} \geq 0, \forall t \in T$  .... (33)

33.  $k_t^{95} \geq 0, \forall t \in T$  .... (34)

34.  $k_t^{80} \geq 0, \forall t \in T$  .... (35)

35.  $i_t^{95} + \sum_{l \in L} x_{l,t}^{95} \cdot q_l \cdot s - o_t^{95} = D_t - k_t^{95}, \forall t \in T$  .... (36)

36.  $i_t^{80} + \sum_{l \in L} x_{l,t}^{80} \cdot q_l - o_t^{80} = k_t - k_t^{80}, \forall t \in T$  .... (37)

E. Penentuan Teknik yang Tepat Dalam Mencari Solusi

Berdasarkan karakteristik dari model yang

dikembangkan, maka teknik solusi yang digunakan adalah mixed interger linear programming (MILP). MILP digunakan karena pada model terdapat dua jenis variabel yang harus dicari yaitu integer biner dan continous. Variabel yang berjenis integer biner yaitu keputusan panen (xl,t) baik yang 70%, 80% dan 95%, sementara variabel yang berjenis continous adalah kelebihan pasokan (ot) 95% serta kekurangan pasokan (kt) 95%.

Dalam memecahkan permasalahan model MILP ini menggunakan bantuan program komputer Lingo versi 11.0. Sebelum melakukan pemecahan masalah menggunakan lingo 11.0 formulasi keuntungan dan batasan yang dibuat diatas terlebih dahulu diubah kedalam bentuk bahasa lingo 11.0. Untuk menguji model dapat bekerja, maka diberikan kasus berdasarkan keadaan BUMP Karya Tani. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dengan menggunakan model yang telah dikembangkan, tahap pertama adalah menetapkan panjang periode penjadwalan yaitu sepanjang hari panen kematangan 95% yaitu 6 hari. Pada penjadwalan periode pertama, yang ditetapkan adalah jadwal panen untuk 6 hari pertama dengan memperhitungkan permintaan pada t=1 sampai t=6.

Berikut ini merupakan tabell penjadwalan yang dihasilkan oleh software Lingo:

Tabel 1. Jadwal Panen untuk periode penjadwalan kedua (t=2-7)

(l)	j (l,t)	q (l)	2	3	4	5	6	7
		D <sub>(l)</sub> 95%	0	0	0	0	1000	0
		K <sub>j(l)</sub> 80%	800	800	800	800	800	800
1	3	540		x70				x70
2	4	300		x80				x70
3	1	300					x80	
4	2	120					x95	
5	2	120					x95	
6	3	300		x70				x70
7	1	300					x80	
8	2	378				x80		
9	3	120		x70				x70
10	4	300		x80				x70
11	1	300					x80	
12	4	198		x80				x70
13	4	135		x80				x70
14	4	135		x80				x70
15	3	135		x70				x70
16	2	450					x95	
17	2	504				x80		
18	4	240		x80				x70
19	5	1080	x80				x70	
20	6	594	x95					x80

21	1	960				x70		
kematangan 70% (kg)	0	1095	0	960	1080	240	3	
kematangan 80% (kg)	1080	1308	0	882	900	594		
kematangan 95% (kg)	475,2	0	0	0	552	0		
stok 80 (i80) kg	0	280	788	0	82	182		
stok 95 (i95) kg	0	475,2	475,2	475,2	475,2	27,2		
kelebihan 80 (o80) kg	280	788	0	82	182	0		
kelebihan 95 (o95) kg	475,2	475,2	475,2	475,2	27,2	27,2		
kekurangan 80 (k80) kg	0	0	12	0	0	24		
kekurangan 95 (k95) kg	0	0	0	0	0	0		
Keuntungan	Rp 1.7 Juta	Rp 5.5 Juta	Rp 3.9 Juta	Rp 5.7 Juta	Rp 15 Juta	Rp 10.6 Juta		

F. Uji Model

1. Uji Optimalisasi Model

Uji Optimalisasi model dilakukan untuk mengetahui bahwa model yang dibuat menghasilkan keputusan yang optimal. Uji optimalisasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil model yang dibuat dengan hasil perhitungan manual dengan melakukan keputusan random. Dari hasil keputusan lingo yang diperoleh peneliti merubah keputusan pada lahan kedua yang semula dipanen kematangan 80% pada t=2 dan 70% pada t=6 peneliti merubah keputusan panen menjadi kematangan 70% pada t=1 dan 70% pada t=5.

Diketahui bahwa keuntungan total dari panen penjadwalan periode kedua yang dilakukan secara random sebesar Rp42.447.675. Sedangkan keuntungan yang diperoleh pada periode penjadwalan kedua dengan menggunakan Lingo diperoleh sebesar Rp42.546.375. Model yang dibuat menghasilkan hasil yang optimal jika keuntungan keputusan model lebih besar dari keuntungan keputusan yang dilakukan secara random. Dari hasil tersebut diketahui bahwa hasil model Rp42.546.375 > hasil keputusan secara random Rp42.447.675, maka model yang dibuat menghasilkan hasil yang optimal.

2. Uji Sensitifitas Model

Uji sensitivitas dilakukan untuk mengetahui seberapa besar baik model dalam menghasilkan keputusan yang sesuai dengan inputan parameter. Uji sensitivitas dilakukan dengan cara merubah parameter. Pada uji sensitivitas dilakukan dengan cara merubah parameter harga jual pada tingkat kematangan 70% sebanyak 3 kali, yaitu meningkat 10% , 30% dan 50%. Yang semula harga kematangan 70% sebesar Rp 5.000 menjadi Rp 5.500, Rp 6.500 dan Rp 7.500. Uji sensitivitas dilakukan pada penjadwalan periode kedua.

Perubahan parameter tersebut memiliki hasil yang berbeda. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Perbandingan Keputusan Terhadap Perubahan Parameter Harga Jual Kematangan 70%

Parameter	Kondisi awal	Kenaikan 10%	Kenaikan 30%	Kenaikan 50%
Keuntungan	Rp 42.546.375	Rp 45.908.49	Rp 55.130.49	Rp 64.352.49
Panen	33	33	33	33
Panen 95%	2	4	4	4
Panen 80%	13	1	1	1
Panen 70%	18	28	28	28
Volume panen 95% (kg)	1027,2	1027,2	1027,2	1027,2
Volume panen 80% (kg)	4764	1080	1080	1080
Volume panen 70% (kg)	5538	9222	9222	9222

Dari tabel diatas diketahui bahwa setelah perubahan parameter kenaikan 10%, 30% dan 50% terjadi perubahan keputusan panen kematangan 95% yang semula 4 menjadi 2, kematangan 80% semula 13 menjadi 1, kematangan 70% semula 18 menjadi 28. Selain itu, juga terjadi perubahan keuntungan untuk kenaikan 10%, 30% dan 50% yaitu sebesar Rp 45.908.49 untuk kenaikan 10%, Rp 55.130.491 untuk kenaikan 30% dan Rp 64.352.491 untuk kenaikan 50%. Maka dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa model yang dibuat sensitiv terhadap perubahan parameter.

Selain perubahan parameter harga pasar regional, pada uji sensitivitas peneliti juga merubah parameter demand kematangan 95% pada periode 2 sebanyak 3 kali, yaitu meningkat 50% , 100% dan 150%. Yang semula demand kematangan 90% pada periode 2 sebesar 1.000 kg menjadi 1.500 kg, 2.000 kg dan 2.500 kg. Uji sensitivitas dilakukan pada penjadwalan periode kedua. Berikut ini merupakan tabel perbandingan diantara keempatnya:

Tabel 3. Perbandingan Keputusan Terhadap Perubahan Parameter Demand Kematangan 90%

Parameter	Kondisi awal	Kenaikan 50%	Kenaikan 100%	Kenaikan 150%
Keuntungan	Rp 42.546.375	Rp 44.451.600	Rp 46.615.710	Rp 48.583.272
Panen	33	33	33	33
Panen 95%	2	4	4	6
Panen 80%	13	11	11	9
Panen 70%	18	18	18	18
Volume panen 95% (kg)	1027,2	1540,8	2001,6	2500,8

Volume panen 80% (kg)	4764	4182	3606	2982
Volume panen 70% (kg)	5538	5478	5478	5478

Turner, W.C., J.H. Mize., K.E. Case., J.W. Nazemets. Pengantar Teknik dan Sistem Industri. Jilid 1. Edisi Bahasa Indonesia. Penerbit Guna Widya, Surabaya.

Dari tabel diatas diketahui bahwa setelah perubahan parameter demand kematangan 95% sebesar 50%, 100% dan 150% maka terjadi perubahan keputusan panen kematangan 95% yang semula 2 menjadi 4 pada kenaikan 50%, 4 pada kenaikan 100% dan 6 pada kenaikan 150%. Kemudian pada kematangan 80% yang semula 13 menjadi 11 pada kenaikan 50%, 11 pada kenaikan 100% dan 9 pada kenaikan 150%. Kemudian pada kematangan 70% yang semula 18 tidak mengalami perubahan. Selain itu, juga terjadi perubahan keuntungan untuk kenaikan demand 50%, 100% dan 150% yaitu sebesar Rp Rp44.451.600 uuntuk kenaikan 50%, Rp 46.615.710 unruk kenaikan 100% dan Rp 48.583.272 untuk kenaikan 150%. Maka dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa model yang dibuat sensitiv terhadap perubahan parameter.

## KESIMPULAN

Perancangan formula matematis untuk penjadwalan panen tomat dengan tiga variasi kematangan ditentukan dengan menggunakan metode Mix Interger Linear Progammng karena mampu menghasilkan keuntungan yang maksimal sesuai dengan permintaan pasar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budijati, S.M. 2000. Model Penjadwalan Pemetikan Dengan Pendekatan Pemrograman Dinamis Minimasi Biaya Pemetikan. Tesis Magister. Program Studi Teknik dan Manajemen Industri. Institut Teknologi Bandung.
- Cahyono, B. 1998. Tomat Budidaya dan Analisis Usaha Tani. Kanisius, Yogyakarta.
- Fogarty, D.W., J.H. Blackstone., T.R. Hoffman. 1991. Production and Inventory Management. South-Western Publishing Co. Cincinnati, Ohio.
- Graves, S. C. 1981. A Riview of Production Scheduling. Operations Research, Vol. 29, No. 4, Operations Management (Jul-Aug, 1981), pp. 646-675.
- Kamal, Achmad., Vinarti, Retno Aulia, Anggraeni, Wiwik. 2012. Optimasi Persediaan Perusahaan Manufaktur dengan Metode Mixed Interger Linear Programming. Skripsi. Program Studi Sistem Informasi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Kindt, V.T., J.C. Billaut. 2006. Multicriteria Schedulng. Theory, Models and Algorithms. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Rukmana, R. 1994. Tomat dan Cherry. Kanisius, Jakarta.
- Sipper, D., F.L.Bulfin. 1997. Production : Planning, Control, and Integration. The McGraw-Hill Companies, Inc.