

**ANALISIS PERAMALAN FAKTOR PRODUKSI DAN MODEL FUNGSI  
PRODUKSI GULA MENGGUNAKAN MODEL COBB DOUGLAS  
DI PABRIK GULA XYZ KABUPATEN LAMPUNG UTARA**

**Tesis**

**Oleh**

**WIDARTO**

**1824051001**



**PROGRAM PASCASARJANA  
TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## ABSTRAK

### ANALISIS PERAMALAN FAKTOR PRODUKSI DAN MODEL FUNGSI PRODUKSI GULA MENGGUNAKAN MODEL COBB DOUGLAS DI PABRIK GULA XYZ KABUPATEN LAMPUNG UTARA

Oleh

WIDARTO

Peramalan produksi merupakan bagian penting dalam industri untuk mengetahui potensi produksi beberapa tahun mendatang. Pabrik gula XYZ beberapa tahun terakhir tidak mencapai target produksi karena belum memiliki metode yang tepat dalam membuat estimasi dan sasaran produksi. Diperlukan analisis beberapa metode dalam peramalan faktor produksi dan model fungsi produksi agar layak digunakan di Pabrik gula XYZ. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis model peramalan curah hujan, hari hujan, luas lahan, produktivitas, pol tebu, over all recovery, jam berhenti giling menggunakan metode *Linear Regression*, *Moving Average*, *Weighted Moving Average*, *Exponential Smoothing*, dan *Exponential Smoothing with Trend* serta menganalisis model fungsi Cobb Douglas untuk meramalkan produksi gula di Pabrik Gula XYZ. Metode penelitian menggunakan data sekunder untuk menghitung nilai MAD, MSE dan MAPE terkecil menjadi persamaan yang layak dipilih dan meramalkan produksi gula dengan model Cobb Douglas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Moving Average* menghasilkan nilai MAD, MSE dan MAPE terkecil untuk peramalan curah hujan, hari hujan, luas lahan, pol tebu, over all recovery, jam berhenti giling sedangkan metode *Linear Regression* menghasilkan nilai MAD, MSE dan MAPE terkecil untuk peramalan produktivitas tebu. Model fungsi produksi Cobb Douglas di Pabrik Gula XYZ menggunakan data sekunder tahun 1997 - 2021 yang memenuhi uji klasik adalah  $y = 0,000115048 X_1^{0,107} X_2^{-0,098} X_3^{0,763} X_4^{0,982} X_5^{0,971} X_6^{1,432} X_7^{0,018}$ .

Kata kunci : Peramalan, Cobb Douglas, Produksi

## ABSTRACT

### FORECASTING ANALYSIS OF PRODUCTION FACTORS AND FUNCTION MODEL OF SUGAR PRODUCTION USING THE COBB DOUGLAS MODEL AT SUGAR FACTORY XYZ, NORTH LAMPUNG DISTRICT

By

WIDARTO

Production forecasting is an important part of the industry to determine the production potential in the next few years. In recent years, the XYZ sugar factory has not achieved its production target because it does not yet have the right method in making estimates and production targets. It is necessary to analyze several methods in forecasting production factors and production function models to be suitable for use at the XYZ sugar factory. This study aimed to analyze (1) the forecasting model of rainfall, rainy days, land area, productivity, sugarcane poll, overall recovery, milling stop hours using Linear Regression, Moving Average, Weighted Moving Average, Exponential Smoothing, and Exponential Smoothing with Trend methods; (2) Cobb Douglas function model to forecast sugar production at XYZ Sugar Factory. The research method uses secondary data to calculate the smallest MAD, MSE, and MAPE values into feasible equations to choose and predict sugar production using the Cobb Douglas model. The results show that the Moving Average method produces the smallest MAD, MSE, and MAPE values for forecasting rainfall, rainy days, land area, sugarcane crop, overall recovery, milling stop hours, while the Linear Regression method produces the smallest MAD, MSE and MAPE values for forecasting. The Cobb Douglas production function model at the XYZ Sugar Factory uses secondary data for 1997 - 2021 which meets the classical test, which is  $y = 0.000115048 X_1^{0,107} X_2^{-0,098} X_3^{0,763} X_4^{0,982} X_5^{0,971} X_6^{1,432} X_7^{0,018}$ .

Keywords: Forecasting, Cobb Douglas, Production

**ANALISIS PERAMALAN FAKTOR PRODUKSI DAN MODEL FUNGSI  
PRODUKSI GULA MENGGUNAKAN MODEL COBB DOUGLAS  
DI PABRIK GULA XYZ  
KABUPATEN LAMPUNG UTARA**

**Oleh**

**Widarto**

**Tesis**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
MAGISTER TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN**

**Pada**

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCASARJANA  
MAGISTER TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2022**

Judul Tesis : **ANALISIS PERAMALAN FAKTOR  
PRODUKSI DAN MODEL FUNGSI  
PRODUKSI GULA MENGGUNAKAN MODEL  
COBB DOUGLAS DI PABRIK GULA XYZ  
KABUPATEN LAMPUNG UTARA**

Nama Mahasiswa : **Widarto**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1824051001

Program Studi : Magister Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Pertanian



  
**Prof. Ir. Neti Yuliana, M.Si., Ph.D**  
NIP 196507251992032002

  
**Dr. Dewi Sartika, S.T.P., M.Si.**  
NIP 197012202008122001

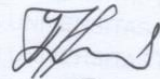
2. Ketua Jurusan Magister Teknologi Industri Pertanian

  
**Dr. Sri Hidayati, S.T.P., MP**  
NIP 197109301995122001

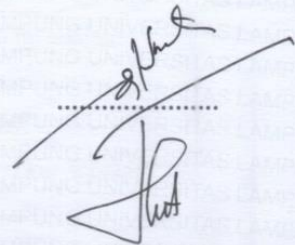
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Prof. Ir. Neti Yuliana, M.Si, Ph.D.**



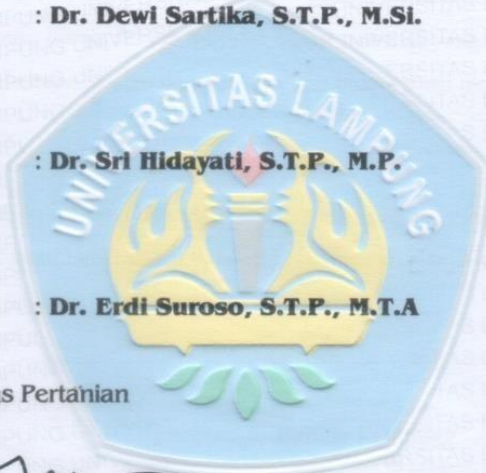
**Sekretaris : Dr. Dewi Sartika, S.T.P., M.Si.**



**Anggota 1 : Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P.**



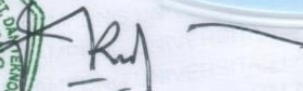
**Anggota 2 : Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



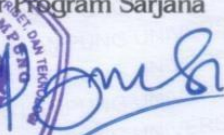
**Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si**  
NIP. 196110201986031002



**3. Direktur Program Sarjana**



**Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T**  
NIP. 197104151998031005



**Tanggal Lulus Ujian Tesis : 26 Januari 2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Widarto

NPM : 1824051001

dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 25 April 2022  
Yang membuat pernyataan



Widarto  
NPM. 1824051001

## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Kelurahan Tengah Padang Kecamatan Teluk Segara Kotamadya Bengkulu pada tanggal 10 Juni 1980 merupakan anak pertama dari pasangan bapak Wardi dan ibu Ratna Juwita. Pendidikan penulis diawali dari SD Negeri 26 Kelurahan Tengah Padang, Kotamadya Bengkulu tahun 1986 dan lulus tahun 1992, melanjutkan ke SMP Negeri 3 Bengkulu pada tahun 1992 dan lulus tahun 1995, lalu melanjutkan ke SMU Negeri 5 Bengkulu pada tahun 1995 dan lulus tahun 1998. Tahun 1998 penulis sempat kuliah di Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta tetapi tahun 1999 mendaftar lagi sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia di Universitas Sriwijaya yang diselesaikan pada tahun 2004. Sambil bekerja penulis melanjutkan jenjang pendidikan dan terdaftar sebagai mahasiswa Magister Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan melakukan penelitian dengan pembimbing Prof. Ir. Neti Yuliana, M.Si., Ph.D dan Dr. Dewi Sartika, S.T.P.M.Si untuk menyelesaikan penelitian berjudul “Analisis Peramalan Faktor Produksi dan Model Fungsi Produksi Gula Menggunakan Model Cobb Douglas di Pabrik Gula XYZ Kabupaten Lampung Utara”. Saat ini penulis telah menyelesaikan penyusunan tesis sebagai syarat kelulusan program pascasarjana. Penulis pernah bekerja di Pabrik Kelapa Sawit Swasta dan tahun 2008 Bergabung dengan perusahaan BUMN PTPN VII dan saat ini aktif di Pabrik Gula Bungamayang Lampung Utara.



## SANWACANA

*Bismillaahirrahmaanirrahiim.* Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya tesis ini dapat diselesaikan. Tesis dengan judul “Analisis Peramalan Faktor Produksi dan Model Fungsi Produksi Gula Menggunakan Model Cobb Douglas di Pabrik Gula XYZ Kabupaten Lampung Utara” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknologi Industri Pertanian di Universitas Lampung. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Karomani, M.Si., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan waktu dan pelayanan terbaik kepada mahasiswa.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T. M.T. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung yang telah memberikan waktu dan pelayanan terbaik kepada mahasiswa.
4. Ibu Prof. Ir. Neti Yuliana, M.Si,Ph.D. selaku pembimbing pertama yang senantiasa membimbing serta memberikan ilmu, nasihat, saran dan arahnya kepada penulis selama proses penyelesaian tesis ini.
5. Ibu Dr. Dewi Sartika, S.T.P.,M.Si. selaku pembimbing kedua yang senantiasa memberikan saran dan bimbingannya petunjuk dan arahan kepada penulis demi kesempurnaan tesis ini.
6. Ibu Dr. Sri Hidayanti, S.T.P.,M.P selaku penguji utama yang telah memberikan masukan dan saran perbaikan dan sebagai Ketua Jurusan Magister Teknologi Industri Pertanian Universitas Lampung yang selalu memberikan bimbingan dan motivasi selama ini.

7. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P.,M.T.A. selaku penguji anggota yang telah memberikan masukan dan saran perbaikan.
8. Bapak dan Ibu dosen serta seluruh staf pengajar Jurusan Magister Teknologi Industri Pertanian Universitas Lampung atas segala bantuan dan motivasinya
9. Bapak General manager, Manager dan teman sesame pekerja di PTPN VII khususnya Pabrik Gula Bungamayang yang telah yang telah memberikan izin dan membantu melanjutkan jenjang studi ini
10. Teman-teman seperjuangan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu namanya yang telah memberikan bantuan dan selalu kompak selama studi di Jurusan Magister Teknologi Industri Pertanian Universitas Lampung.

Dengan mengucapkan alhamdulillah, penulis berdoa semoga Tuhan Yang Maha Esa memberi balasan kepada mereka yang telah membantu selama penelitian dan penulisan tesis ini, dan semoga karya ini bermanfaat bagi pembaca sekalian, Amin.

Bandar Lampung, Januari 2022

Widarto

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Latar Belakang dan Masalah</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Tujuan Penelitian</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3. Kerangka Pemikiran</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4. Batasan Penelitian</b> .....	<b>5</b>
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1. Peramalan</b> .....	<b>6</b>
2.1.1. Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Metode Peramalan.....	<b>6</b>
2.1.2. Prosedur Peramalan .....	<b>8</b>
2.1.3. Peramalan Faktor-Faktor Produksi ( <i>Forecasting</i> ) .....	<b>8</b>
2.1.4. Pengukuran Relatif.....	<b>10</b>
<b>2.2. Fungsi Produksi</b> .....	<b>12</b>
2.2.1. Fungsi Produksi Linier.....	<b>13</b>
2.2.2. Fungsi Produksi Kuadratik .....	<b>14</b>
2.2.3. Fungsi Produksi Polinomial Akar Pangkat Dua.....	<b>14</b>
2.2.4. Fungsi Produksi Cobb-Douglas .....	<b>14</b>
<b>2.3. Fungsi Produksi Cobb Douglass</b> .....	<b>15</b>
<b>2.4. Uji Asumsi Klasik</b> .....	<b>16</b>
2.4.1. Uji Normalitas.....	<b>16</b>
2.4.2. Uji Multikolinearitas .....	<b>16</b>
2.4.3. Uji Heteroskedastisitas.....	<b>17</b>
2.4.4. Uji Autokorelasi.....	<b>18</b>
<b>2.5. Uji Parameter Model</b> .....	<b>19</b>
2.5.1. Uji koefisien determinasi ( $R^2$ ).....	<b>20</b>
2.5.2. Uji F dan Uji t .....	<b>20</b>
<b>2.6. Tanaman Tebu</b> .....	<b>21</b>
<b>2.7. Pabrik Gula XYZ</b> .....	<b>22</b>
2.7.1. Sejarah Pabrik Gula XYZ .....	<b>22</b>
2.7.2. Letak Geografis Industri Gula XYZ .....	<b>23</b>
2.7.3. Faktor Mempengaruhi Pencapaian Produksi .....	<b>23</b>
2.7.4. Pengolahan Tebu Pabrik Gula XYZ .....	<b>26</b>

<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1. Waktu dan Tempat .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2. Jenis dan Sumber Data.....</b>	<b>28</b>
<b>3.3. Teknik Pengumpulan Data .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4. Metode Analisis Data.....</b>	<b>29</b>
3.4.1. Analisis Peramalan Faktor-Faktor Produksi ( <i>Forecasting</i> ) .....	29
3.4.2. Uji Fungsi Cobb Douglas.....	30
3.4.3. Uji Autokorelasi Positif .....	31
3.4.4. Uji Autokorelasi Negatif.....	31
3.4.5. Uji Parameter Model.....	31
3.4.6. Uji koefisien determinasi ( $R^2$ ).....	31
3.4.7. Uji F dan Uji t .....	32
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1. Metode Peramalan Faktor Produksi Gula Kristal Putih.....</b>	<b>34</b>
4.1.1. Peramalan Curah Hujan .....	34
4.1.2. Peramalan Hari Hujan.....	37
4.1.3. Peramalan Luas Areal .....	41
4.1.4. Peramalan Produktivitas .....	45
4.1.5. Peramalan Pol Tebu .....	48
4.1.6. Peramalan <i>Overall Recovery</i> .....	52
4.1.7. Peramalan Jam Berhenti Giling .....	55
<b>4.2. Model Fungsi Produksi Cobb Douglass.....</b>	<b>58</b>
<b>4.3. Uji Asumsi Klasik .....</b>	<b>59</b>
4.3.1. Uji Normaslitas .....	59
4.3.2. Uji Multikolinearitas.....	61
4.3.3. Uji Heteroskedastisitas.....	62
4.3.4. Uji Autokorelasi.....	63
<b>4.4. Uji Parameter Model.....</b>	<b>64</b>
4.4.1. Uji Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) dan Uji Koefisien Regresi Secara Menyeluruh (F) .....	65
4.4.2. Uji Koefisien Regresi Secara Parsial (uji t) .....	66
<b>4.5. Validasi Model Fungsi Produksi Cobb Douglass di Pabrik Gula XYZ</b>	<b>76</b>
<b>4.6. Penerapan Model Fungsi Produksi Cobb Douglass di PG XYZ .....</b>	<b>77</b>
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>79</b>
<b>5.1. Kesimpulan.....</b>	<b>79</b>
<b>5.2. Saran .....</b>	<b>79</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>80</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil perbandingan metode peramalan curah hujan Pabrik Gula XYZ.....	35
2. Peramalan curah hujan Pabrik Gula XYZ pada tahun 2021 - 2025.....	36
3. Hasil perbandingan metode peramalan hari hujan Pabrik Gula XYZ.....	38
4. Peramalan hari hujan Pabrik Gula XYZ pada tahun 2021 - 2025 .....	40
5. Hasil perbandingan metode peramalan luas areal Pabrik Gula XYZ.....	42
6. Peramalan luas areal Pabrik Gula XYZ pada tahun 2021 - 2025 .....	43
7. Hasil perbandingan metode peramalan produktivitas Pabrik Gula XYZ.....	46
8. Peramalan produktivitas tebu PG. XYZ pada tahun 2021 - 2025.....	47
9. Hasil perbandingan metode peramalan pol tebu Pabrik Gula XYZ.....	49
10. Peramalan pol tebu Pabrik Gula XYZ pada tahun 2021 - 2025.....	51
11. Hasil perbandingan metode peramalan overall recovery PG XYZ.....	53
12. Peramalan overall recovery Pabrik Gula XYZ pada tahun 2021 - 2025.....	54
13. Hasil perbandingan metode peramalan jam berhenti giling PG XYZ .....	56
14. Peramalan jam berhenti giling PG XYZ pada tahun 2021 - 2025 .....	57
15. Hasil koefisien fungsi produksi Pabrik Gula XYZ .....	58
16. Hasil perhitungan uji Kolmogorov-Smirnov .....	60
17. Nilai VIF dan tolerance variabel bebas.....	62
18. Hasil uji Durbin Watson .....	64
19. Nilai Durbin-Watson (DW). $\alpha = 5\%$ .....	64
20. Hasil uji $R^2$ dan uji F.....	65
21. Nilai F tabel. $\alpha = 5\%$ .....	66
22. Nilai t-hitung dan t-tabel signifikansi model regresi dengan $\alpha = 5\%$ .....	66
23. Hasil t-hitung curah hujan dan t-tabel. $\alpha = 5\%$ .....	67
24. Hasil t-hitung hari hujan dan t-tabel. $\alpha = 5\%$ .....	68
25. Hasil t-hitung luas areal dan t-tabel. $\alpha = 5\%$ .....	70
26. Hasil t-hitung produktivitas dan t-tabel. $\alpha = 5\%$ .....	71
27. Hasil t-hitung pol tebu dan t-tabel. $\alpha = 5\%$ .....	72
28. Hasil t-hitung over all recovery dan t-tabel, $\alpha = 5\%$ .....	73
29. Hasil t-hitung jam berhenti giling dan t-tabel. $\alpha = 5\%$ .....	74
30. Peramalan produksi gula di PG XYZ tahun 2021 – 2023.....	78

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran rencana penelitian.....	4
2. Pola <i>scatterplot</i> diagram .....	18
3. Data curah hujan Pabrik Gula XYZ tahun 2013-2021.....	34
4. Peramalan curah hujan Pabrik Gula XYZ menggunakan metode <i>Moving Average</i> .....	36
5. Data hari hujan Pabrik Gula XYZ tahun 2014-2021. ....	38
6. Peramalan hari hujan Pabrik Gula XYZ menggunakan metode .....	39
7. Data luas areal Pabrik Gula XYZ tahun 2017-2021. ....	41
8. Peramalan luas areal Pabrik Gula XYZ menggunakan .....	43
9. Data produktivitas Pabrik Gula XYZ tahun 2013-2021. ....	45
10. Peramalan produktivitas Pabrik Gula XYZ menggunakan .....	46
11. Data pol tebu Pabrik Gula tahun 2014-2018.....	49
12. Peramalan pol tebu Pabrik Gula XYZ menggunakan metode <i>Moving Average</i> .....	50
13. Data overall recovery Pabrik Gula XYZ tahun 2017-2019.....	52
14. Peramalan overall recovery Pabrik Gula XYZ menggunakan metode <i>Moving Average</i> .....	53
15. Data jam berhenti giling Pabrik Gula XYZ tahun 2013-2021. ....	55
16. Peramalan jam berhenti giling Pabrik Gula XYZ menggunakan metode <i>Moving Average</i> .....	57
17. Grafik <i>normal probability plot</i> .....	61
18. Grafik <i>scatterplot</i> diagram.....	63
19. Grafik validasi metode peramalan dan realisasi produksi di Pabrik Gula XYZ.....	76

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang dan Masalah

Tebu (*Saccharum Officinarum L*) merupakan tanaman perkebunan semusim yang termasuk dalam keluarga rumput-rumputan (*graminae*). Tanaman tebu diperbanyak secara vegetatif dalam bentuk *bagal*, namun pada saat ini telah berkembang metode pembibitan mata ruas tunggal, dan mata tunas tunggal (Rokhman, 2014). Tebu merupakan jenis tanaman monokotil yang dibudidayakan sebagai tanaman penghasil gula.

Gula merupakan kebutuhan pokok yang berperan penting bagi perekonomian Indonesia. Sampai saat ini Indonesia merupakan negara pengimpor gula. Permintaan gula masyarakat terus meningkat dan industri gula nasional belum mampu memenuhi kebutuhan gula nasional merupakan faktor utama penyebab terjadinya impor gula. Menurut Badan Pusat Statistik (2018), industri gula nasional hanya mampu memproduksi gula sebanyak 2,22 juta ton pada tahun 2018, sedangkan kebutuhan gula nasional setiap tahunnya kurang lebih sebesar 5 juta ton. Industri gula nasional baik BUMN maupun swasta dituntut meningkatkan produksinya untuk memenuhi kebutuhan nasional serta mengurangi impor gula. Proses produksi yang tepat disertai dengan manajemen perencanaan yang baik merupakan cara yang tepat untuk meningkatkan hasil produksi.

Proses produksi merupakan salah satu aspek penting bagi suatu perusahaan. Semakin baik teknologi yang digunakan dalam kegiatan produksi maka produktivitas gula meningkat. Salah satu faktor *on farm* yang ikut mempengaruhi produktivitas gula adalah persediaan air (Apriawan dkk., 2015). Perbaikan sektor *on farm* dilakukan melalui penyediaan sarana produksi, bibit unggul, penerapan

standar baku budidaya, rehabilitasi tanaman melalui bongkar *ratoon* dan rawat *ratoon*, *precision farming*, dan lain-lain. Sementara di sektor *off farm* dilakukan peningkatan kapasitas giling dan rehabilitasi pabrik (Dianpratiwi, 2018).

Beberapa tahun terakhir Pabrik Gula XYZ tidak mencapai target produksi karena belum menerapkan manajemen produksi yang baik. Pabrik Gula XYZ belum memiliki metode peramalan yang tepat dan belum memiliki formula estimasi pencapaian produksi. Untuk melakukan peramalan dibutuhkan model peramalan faktor produksi dan formula fungsi produksi. Model peramalan faktor produksi merupakan metoda yang digunakan untuk meramalkan produksi dan umumnya digunakan adalah metode *linear regression*, *moving average*, *weighted moving average*, *eksponential smoothing*, dan *eksponential smoothing with trend*. Fungsi produksi yang umum digunakan adalah Coob Douglas sehingga diperlukan analisis agar dapat digunakan dalam peramalan. Model Cobb-Douglas merupakan persamaan dengan menggunakan dua atau lebih variabel, dengan variabel yang satu merupakan variabel yang dijelaskan atau variabel dependen (Y) dan lainnya merupakan variabel independen atau yang menjelaskan (X) (Tunjungsari, 2014). Dalam penelitian ini, variabel independen adalah faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produksi yaitu Curah Hujan, Hari Hujan, Luas Areal, Produktivitas, Pol Tebu, *Overall Recovery* dan Jam Berhenti Giling, sedangkan variabel dependen adalah Produksi Gula. Oleh karena itu, peneliti bermaksud mengadakan penelitian yang dapat digunakan untuk meramalkan faktor-faktor yang mempengaruhi produksi di masa yang akan datang dengan menggunakan metode *forecasting* dan menerapkan model fungsi produksi Cobb Douglas untuk mengoptimalkan proses produksi di Pabrik Gula XYZ.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

1. Menganalisis model peramalan metoda *forecasting* terhadap curah hujan, hari hujan, luas lahan, produktivitas, pol tebu, *over all recovery*, jam berhenti giling yang paling sesuai untuk Pabrik Gula XYZ.
2. Menganalisis model fungsi produksi Cobb Douglas untuk meramalkan produksi gula di Pabrik Gula XYZ.



### 1.3. Kerangka Pemikiran

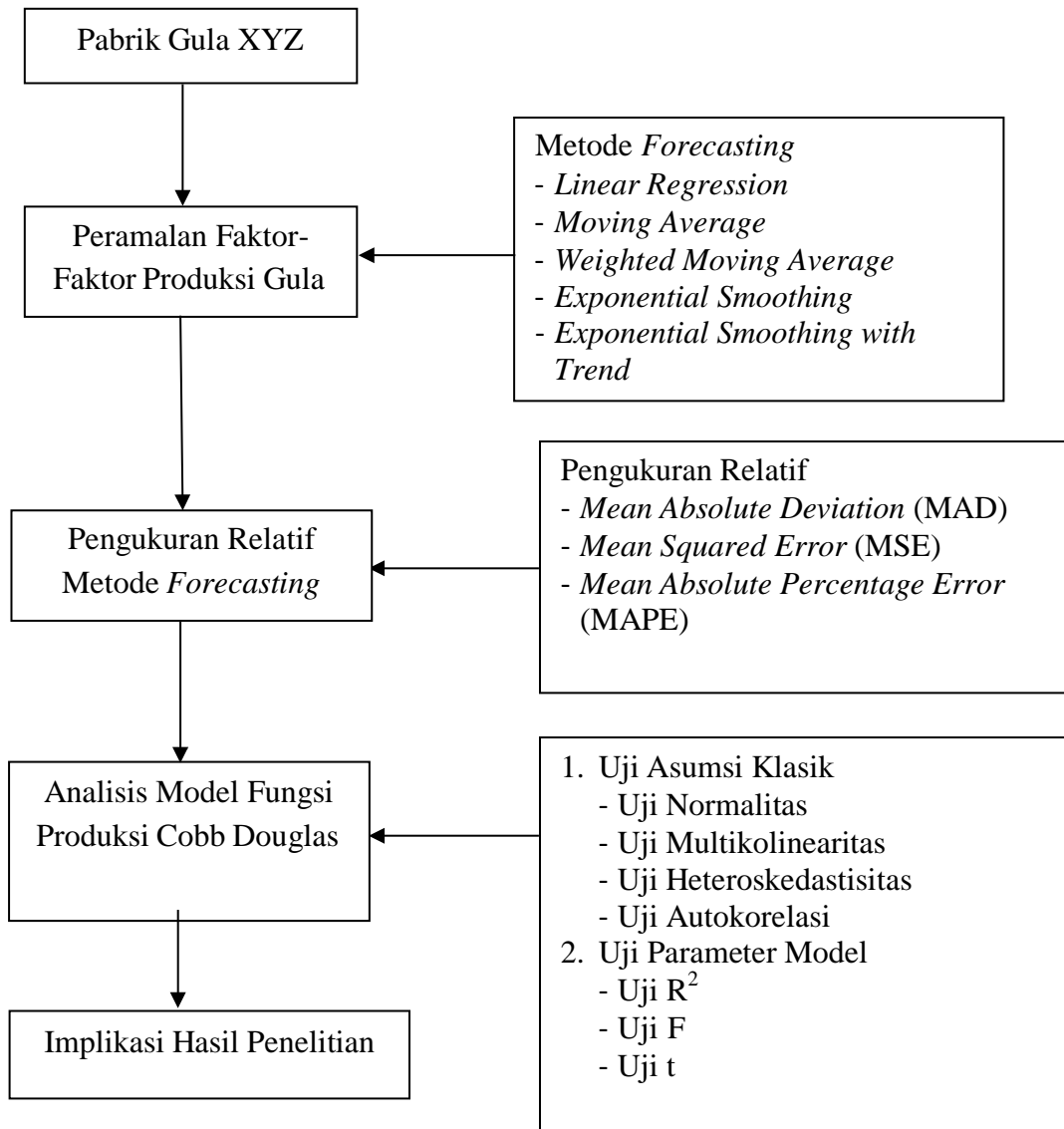
Pabrik Gula XYZ merupakan Badan Usaha Milik Negara yang bergerak di bidang agroindustri pengolahan tebu menjadi gula. Pabrik Gula XYZ belum menerapkan manajemen perencanaan produksi yang baik, perusahaan belum memiliki metode peramalan yang tepat terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi produksi, selain itu perusahaan juga belum memiliki model fungsi produksi yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan proses produksi gula. Manajemen perencanaan produksi merupakan faktor penting bagi kelancaran suatu proses produksi. Penerapan manajemen perencanaan produksi yang tepat perlu diterapkan di Pabrik Gula XYZ agar tercapai sasaran produksi gula dimasa yang akan datang.

Perencanaan produksi Pabrik Gula XYZ dapat dilakukan dengan melakukan peramalan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi produksi gula. Pada Penelitian ini, peramalan (*forecasting*) faktor-faktor yang mempengaruhi produksi gula dilakukan menggunakan metode *Linear Regression*, *Moving Average*, *Weighted Moving Average*, *Exponential Smoothing*, dan *Exponential Smoothing with Trend*. Metode peramalan terbaik ditentukan dengan menghitung nilai *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Squared Error* (MSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Metode peramalan dengan nilai MAD, MSE, dan MAPE terkecil merupakan metode peramalan yang paling tepat digunakan pada Pabrik Gula XYZ. Hasil peramalan faktor-faktor yang mempengaruhi produksi gula yang diperoleh kemudian digunakan sebagai acuan untuk mengetahui produksi gula kristal putih melalui model fungsi produksi Cobb Douglas.

Model fungsi produksi Cobb Douglas banyak dipakai oleh para peneliti karena lebih mudah dibandingkan fungsi yang lain dan mudah ditransfer ke dalam bentuk linier serta menghasilkan koefisien regresi yang menunjukkan besaran elastisitas (Soekartawi, 1990). Pada jurnal penelitian Analisis Produksi Tebu di Jawa Tengah (Tunjungsari, 2014) menggunakan fungsi produksi Cobb Douglas dalam analisisnya.

Analisis model fungsi produksi Cobb Douglas pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan uji asumsi klasik sebagai syarat agar model fungsi produksi

tersebut menjadi valid sebagai alat penduga serta melakukan uji parameter model. Uji asumsi klasik yang digunakan yaitu uji normalitas, uji multikolinearitas, uji heteroskedastisitas, dan uji autokorelasi. Sedangkan uji parameter model yaitu uji koefisien determinasi ( $R^2$ ), uji koefisien regresi secara menyeluruh (uji F), dan uji koefisien regresi secara parsial (uji t). Kerangka pemikiran rencana penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran rencana penelitian

#### 1.4. Batasan Penelitian

Batasan pada penelitian ini adalah:

1. Metode peramalan faktor-faktor produksi gula kristal putih yang digunakan menggunakan data produksi gula kristal putih Pabrik Gula XYZ tahun 2012-2021.
2. Asumsi yang berlaku pada model fungsi produksi Cobb Douglas adalah teknologi yang digunakan dianggap netral artinya *intercept* boleh berbeda, tapi *slope* garis penduga Cobb Douglas dianggap sama.
3. Asumsi pabrik beroperasi normal.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Peramalan

Peramalan (*forecasting*) merupakan suatu kegiatan untuk memperkirakan kejadian dimasa yang akan datang. Menurut Nachrowi dan Usman (2004), peramalan didefinisikan sebagai alat/teknik untuk memprediksi atau memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data atau informasi yang relevan, baik data atau informasi masa lalu maupun data atau informasi saat ini. Peramalan merupakan kemampuan dan seni yang dibutuhkan untuk perencanaan dan pengembangan perusahaan. Kemampuan memprediksi dan meramalkan kejadian yang akan datang sangat dibutuhkan oleh seorang manager dalam menentukan arah kebijakan perusahaan.

Menurut Assauri (2004), sifat penyusun peramalan dibedakan menjadi dua macam yaitu peramalan subjektif dan peramalan objektif. Peramalan subjektif didasarkan atas perasaan atau intuisi dari orang yang menyusun ramalan. Pandangan orang yang menyusun peramalan sangat menentukan baik tidaknya hasil ramalan tersebut. Peramalan objektif didasarkan data yang relevan pada masa lalu, dengan menggunakan teknik-teknik dan metode-metode dalam penganalisaan data tersebut.

#### 2.1.1. Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Metode Peramalan

Pemilihan metode peramalan dapat didasarkan pada faktor-faktor yang mempengaruhi suatu peramalan (Ristono, 2009). Menurut Sofyan (2013), faktor-faktor dalam pemilihan metode peramalan adalah sebagai berikut:

**a. Horizon waktu**

Waktu peramalan yang akan dilakukan untuk mengaitkan antara periode waktu, jumlah periode dengan metode peramalan yang sesuai. Menurut Herjanto (2009), peramalan menggunakan data masa lalu terkait dengan horison waktu dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu peramalan jangka panjang, peramalan jangka menengah, dan peramalan jangka pendek.

**b. Tingkat ketelitian**

Keberhasilan peramalan sangat dipengaruhi oleh tingkat ketelitian yaitu besar/kecilnya penyimpangan peramalan saat pengambilan keputusan. Besarnya penyimpangan yang dapat diterima dari hasil peramalan antara 10 sampai dengan 15 persen.

**c. Ketersediaan data**

Ketersediaan data mempengaruhi metode peramalan yang dipilih. Jika data mempunyai pola musiman maka peramalan menggunakan metode variasi musiman.

**d. Bentuk pola data**

Memilih metode peramalan harus memperhatikan pola/trend data. Sebaran data masa lalu menentukan metode yang akan dipilih dan mempengaruhi hasil akhir perhitungan peramalan.

**e. Biaya**

Unsur yang mempengaruhi besarnya biaya setiap metode peramalan adalah biaya pengembangan, penyimpanan data, operasi pelaksanaan dan penggunaan metode peramalan. Perbedaan metode peramalan mempengaruhi besar/kecilnya biaya yang dikeluarkan.

**f. Jenis dari model**

Setiap model peramalan mempunyai kemampuan analisis keadaan yang berbeda-beda dalam sistem pengambilan keputusan. Model merupakan suatu deret yang

faktor waktu digambarkan sebagai unsur penting untuk menentukan perubahan-perubahan pola data.

#### **g. Penggunaan dan aplikasinya**

Metode peramalan yang dipilih harus memperhatikan mudah/tidaknya saat digunakan. Metode yang dapat dimengerti akan mudah diaplikasikan dalam pengambilan keputusan.

### **2.1.2. Prosedur Peramalan**

Peramalan yang baik adalah peramalan yang dilakukan dengan mengikuti langkah langkah atau prosedur penyusunan yang baik. Menurut Assauri (2004), pada dasarnya ada tiga langkah peramalan yang penting yaitu:

#### **a. Menganalisa data yang lalu**

Tahap ini berguna untuk pola yang terjadi pada masa yang lalu. Analisa ini dilakukan dengan cara membuat tabulasi dari data yang lalu. Dengan tabulasi data, maka dapat diketahui pola dari data tersebut.

#### **b. Menentukan metode yang dipergunakan**

Masing-masing metode akan memberikan hasil peramalan yang berbeda. Metode peramalan yang baik adalah metode yang menghasilkan penyimpangan antara hasil peramalan dengan nilai kenyataan yang paling kecil.

#### **c. Memproyeksikan data yang lalu**

Memproyeksikan data yang lalu menggunakan metode yang mempertimbangkan beberapa faktor perubahan antara lain terdiri dari perubahan kebijakan-kebijakan yang mungkin terjadi termasuk perubahan kebijakan pemerintah, perkembangan potensi masyarakat, perkembangan teknologi dan penemuan-penemuan baru dan perbedaan antara hasil peramalan yang ada dengan kenyataan.

### **2.1.3. Peramalan Faktor-Faktor Produksi (*Forecasting*)**

Analisis peramalan faktor-faktor produksi (*forecasting*) dapat menggunakan beberapa metode diantaranya *linear regression*, *moving average*, *weighted moving average*, *exponential smoothing*, dan *exponential smoothing with trend*.

### a. *Linear regression*

Regresi adalah sebuah metode matematika untuk menggambarkan hubungan antar variabel. Kata linier menunjukkan bahwa hubungannya adalah proporsional secara linier (Bahagia, 2006). Bentuk model *Linear Regression* adalah:

$$Y' = a + bX$$

Keterangan:

$Y'$  = Nilai yang diramalkan pada curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti pabrik

$a$  = Konstanta (*intercept*)

$b$  = Koefisien regresi (*slope*)

$X$  = Variabel yang mempengaruhi (tahun)

### b. *Moving average*

Metode peramalan *Moving Average* merupakan peramalan yang didasarkan pada rata-rata aritmatika yang didapatkan dari data pada masa lampau (Gitosudarmo, 2002). Bentuk dari metode *Moving Average* adalah:

$$Y'_{t+1} = \frac{I_{t-n+1} + \dots + I_{t+1} + I_t}{n}$$

Keterangan:

$Y'_{t+1}$  = Nilai peramalan curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery* dan jam berhenti pabrik periode  $t+1$

$T_t$  = Nilai riil curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti pabrik periode ke- $t$

$n$  = Jumlah deret waktu yang digunakan

### c. *Weighted moving average*

Metode peramalan *Weighted Moving Average* merupakan peramalan lebih lanjut dari *Moving Average* yaitu setiap deret waktu lampau diberikan bobot tertentu dan mungkin diberi bobot yang berbeda-beda (Handoko, 2014). Menurut Heizer dan Render (2010), bentuk dari metode *Weighted Moving Average* adalah:

$$Y'_t = \frac{W_1 A_{t-1} + W_2 A_{t-2} + \dots + W_n A_{t-n}}{n}$$

Keterangan:

$Y'_t$  = Nilai peramalan curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti pabrik periode  $t$

$W_1$  = Bobot yang diberikan pada periode  $t-1$

$W_2$  = Bobot yang diberikan pada periode  $t-2$

$W_n$  = Bobot yang diberikan pada periode t-n  
 $n$  = Jumlah periode

#### ***d. Exponential smoothing***

Metode *exponential smoothing* adalah suatu prosedur yang secara terus menerus memperbaiki peramalan (*smoothing*) dengan merata-ratakan nilai masa lalu dari suatu data deret waktu dengan cara menurun (*exponential*) (Indrajit dan Djokopranoto, 2003). Menurut Nasution dkk. (2008), bentuk model *exponential smoothing* adalah:

$$S_t = \alpha * X_t + (1 - \alpha) * S_{t-1}$$

Keterangan:

$S_t$  = Peramalan curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti pabrik untuk periode t  
 $S_{t-1}$  = Peramalan curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti pabrik pada waktu t-1  
 $\alpha$  = Konstanta perataan antara 0 dan 1  
 $X_t + (1 - \alpha)$  = Nilai aktual *time series*

#### ***e. Exponential smoothing with trend***

Model *exponential smoothing with trend* merupakan salah satu analisis *exponential smoothing* yang menganalisa deret waktu, dan merupakan metode peramalan dengan memberi nilai pembobot pada serangkaian pengamatan sebelumnya untuk memprediksi masa depan (Rangkuti, 2004). Menurut Ristono (2009), bentuk model *exponential smoothing with trend* adalah :

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Keterangan:

$T_t$  = Peramalan untuk periode t  
 $T_{t-1}$  = Peramalan pada waktu t-1  
 $\beta$  = Konstanta dengan nilai antara 0 dan 1  
 $S_t$  = Permintaan nyata periode t  
 $S_{t-1}$  = Permintaan nyata periode t-1

#### **2.1.4. Pengukuran Relatif**

Pengukuran relatif digunakan untuk mengetahui besar kesalahan sebuah peramalan. Besar kesalahan sebuah peramalan (nilai error) dapat diketahui dengan



menghitung selisih antara nilai asli dengan nilai ramalan (Subagya, 1994). Menurut Yamit (2003), beberapa cara pengukuran yang digunakan untuk mengetahui besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh model peramalan adalah sebagai berikut:

**a. Mean absolute deviation (MAD)**

*Mean absolute deviation* (MAD) merupakan ukuran utama dari kesalahan perkiraan dari seluruh model peramalan. Nilai eror dihitung dengan membagi jumlah nilai absolut dari kesalahan perkiraan dengan jumlah periode.

$$\text{MAD} = \frac{\sum |D_t - F_t|}{n}$$

Keterangan:

- $D_t$  = Nilai curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti pabrik yang sebenarnya pada masa-t  
 $F$  = Nilai curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti pabrik yang diramalkan pada masa-t  
 $n$  = jumlah masa yang dicakup

**b. Mean squared error (MSE)**

*Mean Squared Error* (MSE) adalah metode lain untuk mengevaluasi metode peramalan. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah observasi. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. Kelemahan dari menggunakan *Mean Squared Error* (MSE) adalah bahwa ia cenderung untuk menonjolkan penyimpangan besar karena istilah kuadrat.

$$\text{MSE} = \frac{\sum (D_t - F_t)^2}{n}$$

Keterangan:

- $D_t$  = Nilai curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti pabrik yang sebenarnya pada masa-t  
 $F_t$  = Nilai curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti pabrik yang diramalkan pada masa-t  
 $n$  = jumlah masa yang dicakup

**c. Mean absolute percentage error (MAPE)**

Masalah dengan MAD dan MSE adalah bahwa nilai-nilai mereka bergantung pada besarnya item yang diperkirakan. Jika item yang diramalkan dalam ribuan, maka

MAD dan MSE bisa sangat besar. Untuk menghindari masalah tersebut, kita dapat menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata pada deret. Metode MAPE digunakan untuk membandingkan ketepatan dari teknik yang sama atau berbeda dalam dua deret yang sangat berbeda dan mengukur ketepatan nilai dugaan model yang dinyatakan dalam bentuk rata-rata persentase absolut kesalahan.

$$\text{MAPE} = \frac{\sum |D_t - F_t|}{\sum D_t}$$

Keterangan:

$D_t$  = Nilai curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti pabrik yang sebenarnya pada masa- $t$

$F_t$  = Nilai curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti pabrik yang diramalkan pada masa- $t$

## 2.2. Fungsi Produksi

Menurut Masyhuri (2007), fungsi produksi adalah hubungan fisik antara variabel output dan input, atau hubungan antara variabel yang dijelaskan (variabel dependen) dengan variabel yang menjelaskan (variabel independen). Variabel yang dijelaskan adalah output (hasil produksi) dan variabel yang menjelaskan adalah input (faktor produksi). Bahasan yang paling penting dalam ekonomi produksi adalah fungsi produksi. Hal ini disebabkan karena beberapa alasan :

1. Dengan fungsi produksi, maka seorang produsen atau peneliti dapat mengetahui seberapa besar kontribusi dari masing – masing input terhadap output, baik secara bersamaan (*simultan*) maupun secara sendiri – sendiri (*partial*).
2. Dengan fungsi produksi, maka produsen atau peneliti dapat mengetahui alokasi penggunaan input dalam memproduksi suatu output secara optimal.
3. Dengan fungsi produksi, maka produsen atau peneliti dapat mengetahui hubungan antara faktor produksi dan produksi secara langsung sehingga hubungan tersebut dapat lebih mudah dimengerti.
4. Dengan fungsi produksi, maka produsen atau peneliti dapat mengetahui hubungan antara variabel tak bebas dan variabel bebas.

Fungsi produksi secara matematis dapat diformulasikan dalam bentuk model umum dan model khusus atau spesifik. Model umum fungsi produksi adalah:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$$

Interpretasi dari model umum dapat dinyatakan bahwa output (Y) besar kecilnya tergantung dari sejumlah input ( $X_1, \dots, X_n$ ) yang digunakan untuk menghasilkan output tersebut. Menurut Soekartawi (1990), berbagai macam fungsi produksi telah dikenal dan dipergunakan oleh berbagai peneliti, tetapi yang umum digunakan dan sering dipakai adalah sebagai berikut:

### 2.2.1. Fungsi Produksi Linier

Fungsi produksi linier biasanya dibedakan menjadi dua, yaitu fungsi produksi linier sederhana dan fungsi produksi linier berganda. Perbedaan kedua fungsi ini terletak pada jumlah variabel X (input) yang dipakai dalam model. Formulasi model linier sederhana variabel input yang dipakai dalam model hanya satu. Berikut ini adalah model fungsi produksi linier sederhana:

$$Y = a + bX$$

Keterangan :

- Y = output produksi
- X = input produksi
- a = nilai konstanta
- b = nilai parameter yang diduga

Berbeda dengan fungsi produksi linier sederhana, pada fungsi produksi linier berganda ini variabel X (input) yang digunakan lebih dari satu. Berikut ini adalah model fungsi produksi linier berganda:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + \dots + b_nX_n$$

Keterangan:

- Y = output produksi
- $X_1, X_2, \dots, X_n$  = input produksi
- a = nilai konstanta
- $b_1, b_2, \dots, b_n$  = nilai parameter yang diduga

### 2.2.2. Fungsi Produksi Kuadratik

Model fungsi produksi kuadratik secara spesifik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$$

Keterangan :

Y = output produksi  
 X = input produksi  
 $b_0, b_1, b_2$  = Nilai parameter yang diduga

Kelebihan yang dimiliki kuadratik ini adalah mempunyai nilai maksimum, akan tercapai dengan cara turunan pertama dari fungsi spesifik tersebut sama dengan nol.

### 2.2.3. Fungsi Produksi Polinomial Akar Pangkat Dua

Bentuk spesifik dari fungsi produksi polinomial akar pangkat dua ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y = b_0 + b_1X^{1/2} + b_2X^2$$

Keterangan :

Y = output produksi  
 X = input produksi  
 $b_0, b_1, b_2$  = Nilai parameter yang diduga

Kelebihan yang dimiliki fungsi ini adalah mempunyai nilai maksimum, akan tercapai dengan cara turunan pertama dari fungsi spesifik tersebut sama dengan nol.

### 2.2.4. Fungsi Produksi Cobb-Douglas

Fungsi produksi ini sering disebut sebagai fungsi produksi eksponensial atau fungsi pangkat. Bentuk spesifik dari fungsi produksi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y = aX^b$$

Keterangan :

Y = variabel dependen

X = variabel independen

a = nilai konstanta

b = tingkat elastisitas produksi dari input

Kelebihan fungsi produksi Cobb-Douglas adalah koefisien pangkat dari variabel independen menunjukkan tingkat elastisitas produksi. Sedangkan kelemahannya adalah data perlu dilinierkan dengan proses logaritma ( $\log Y = \log a + b \log X$ ) terlebih dahulu sebelum diolah menggunakan analisis regresi.

### 2.3. Fungsi Produksi Cobb Douglass

Fungsi produksi Cobb-Douglas adalah suatu fungsi atau persamaan yang melibatkan dua atau lebih variabel, yaitu variabel dependen, yang dijelaskan (Y) dan variabel independen, yang menjelaskan (X). Menurut Soekartawi (1990), bentuk umum dari fungsi produksi cobb-douglas adalah sebagai berikut:

$$Y = aX_1^b X_2^c$$

Keterangan:

Y = Output

$X_1, X_2$  = Jenis input yang digunakan dalam proses produksi dan dipertimbangkan untuk dikaji

a = indeks efisiensi penggunaan input dalam menghasilkan output

b, c = elastisitas produksi dari input yang digunakan

Agar data yang diperoleh dapat dianalisis menggunakan fungsi produksi Cobb-Douglas, maka data tersebut harus ditransformasikan terlebih dahulu ke dalam bentuk linier dengan cara menggunakan logaritma natural (ln) yang selanjutnya dapat diolah lebih lanjut menggunakan analisis regresi linier berganda. Sehingga persamaanya menjadi:

$$\ln Y = \ln a + b \ln X_1 + c \ln X_2$$

Dengan mengubah persamaan ke dalam logaritma natural maka secara mudah akan diperoleh parameter efisiensi (a) dan elastisitas inputnya.

Menurut Sunaryo (2001), fungsi produksi Cobb-Douglas adalah tampilan elegan antara input dan output. Dengan fungsi ini, karakteristik-karakteristik fungsi

produksi yang esensial seperti *marginal rate of technical substitution* dan *constant/increasing/decreasing return to scale* bisa ditampilkan dengan mudah. Parameter dari masing - masing input fungsi produksi Cobb-Douglas merupakan elastisitas masing – masing input. Nilai elastisitas fungsi ini adalah konstan (*constant elasticity production function*). Pemahaman fungsi produksi adalah salah satu faktor penting dalam melakukan perencanaan yang optimal.

Menurut Soekartawi (1990), ada tiga alasan pokok mengapa fungsi produksi Cobb Douglas banyak dipakai oleh para peneliti, yaitu:

- 1) Penyelesaian fungsi Cobb Douglas relatif lebih mudah dibandingkan dengan fungsi lain, misalnya lebih mudah ditransfer ke dalam bentuk linear.
- 2) Hasil pendugaan melalui fungsi produksi Cobb Douglas akan menghasilkan koefisien regresi yang sekaligus juga menunjukkan besaran elastisitas.
- 3) Jumlah dari besaran elastisitas pada masing – masing variabel independen sekaligus juga menunjukkan tingkat besaran *return to scale*.

## **2.4. Uji Asumsi Klasik**

Uji asumsi klasik model fungsi produksi menggunakan beberapa teknik yaitu uji normalitas, uji multikolinearitas, uji heteroskedastisitas, dan uji autokorelasi.

### **2.4.1. Uji Normalitas**

Uji normalitas adalah uji yang digunakan untuk mengukur apakah data memiliki distribusi normal sehingga bisa digunakan dalam statistik parametrik. Model regresi yang baik adalah model dengan data berdistribusi normal atau mendekati normal. Uji normalitas dapat dilakukan dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dengan bantuan SPSS. Dasar pengambilan keputusan normalitas data dengan melihat angka probabilitas, yaitu jika probabilitas  $> 0,05$  maka data tersebut berdistribusi normal dan jika probabilitas  $\leq 0,05$  maka data tidak berdistribusi normal (Ghozali, 2011).

### **2.4.2. Uji Multikolinearitas**

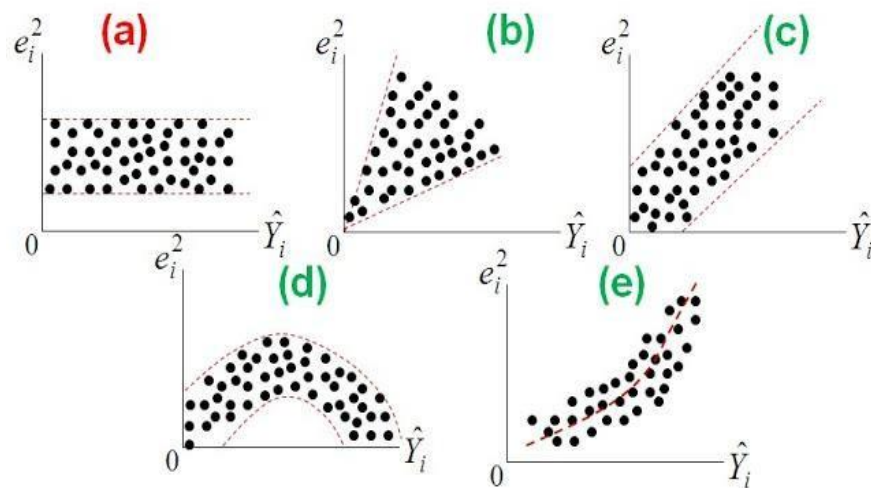
Uji multikolinearitas merupakan bagian dari uji asumsi klasik (normalitas dan heteroskedastisitas) dalam analisis regresi linear berganda. Tujuan uji

multikolinearitas untuk menguji apakah model regresi ditemukan adanya korelasi (hubungan kuat) antar variabel bebas atau variabel independent. Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi korelasi diantara variabel bebas atau tidak terjadi gejala multikolinearitas. Diagnosis untuk mengetahui adanya multikolinearitas adalah menentukan nilai Variance Inflation Factor (VIF). Batas *tolerance value* adalah  $> 0,10$  dan  $VIF < 10$ . Jika nilai *tolerance* dibawah  $0,10$  atau VIF di atas  $10$  maka terjadi korelasi antar variabel independen sebesar minimal  $10\%$  (Ghozali, 2011).

### **2.4.3. Uji Heteroskedastisitas**

Uji heteroskedastisitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi terjadi ketidaksamaan *variance* (variasi) dari nilai residual satu pengamatan ke pengamatan yang lain. Jika *variance* dari nilai residual satu pengamatan ke pengamatan lain bersifat tetap, maka disebut homoskedastisitas, namun jika *variance* dari nilai residual satu pengamatan ke pengamatan lain berbeda maka disebut heteroskedastisitas. Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi gejala heteroskedastisitas (Ghozali, 2011).

Uji heteroskedistas dapat dilakukan dengan menggunakan *scatterplot* diagram menggunakan *software SPSS version 25*. Diagnosis adanya heteroskedastisitas dalam uji regresi dapat dilihat dari pola *scatterplot* diagram pada hasil SPSS. Apabila tidak ada pola tertentu dalam pola *scatterplot* diagram, maka tidak ada heteroskedastisitas dari model regresi yang digunakan. Pola yang dapat terjadi pada *scatterplot* diagram disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola *scatterplot* diagram (Statistic ceria, 2012)

Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui bahwa (a) tidak menunjukkan pola pada varians sehingga (a) disebut homoskedistas. Pada (b), (c), (d), dan (e) menunjukkan pola masing-masing yaitu fluktuasi, trend, dan logaritma sehingga pola tersebut disebut dengan heteroskedistas.

#### 2.4.4. Uji Autokorelasi

Salah satu asumsi model regresi linier adalah tidak adanya autokorelasi. Autokorelasi adalah korelasi antara sesama urutan pengamatan dari waktu ke waktu. Tujuan dari uji autokorelasi ini adalah untuk menguji apakah dalam suatu regresi linier ada korelasi antara residual pada periode  $t$  dengan periode  $t-1$ . Jika terjadi autokorelasi maka dalam persamaan regresi linier tersebut terdapat masalah, karena hasil yang baik seharusnya tidak ada indikasi autokorelasi. Untuk memeriksa adanya autokorelasi biasanya menggunakan metode Durbin Watson (Ghozali, 2011).

Menurut Ghozali (2011), untuk mendeteksi adanya autokorelasi dapat dilihat dari nilai Durbin-Watson ( $dW$ ) dan tingkat signifikan ( $\alpha$ )=5%, dengan kriteria berikut:

##### a. Uji autokorelasi positif

1. Jika nilai Durbin-Watson ( $dW$ ) lebih kecil dari nilai Durbin Lower ( $dL$ ), maka terdapat autokorelasi positif ( $dW < dL$ ) sehingga persyaratan tidak terpenuhi untuk model regresi linier.



2. Jika nilai Durbin-Watson ( $dW$ ) lebih besar dari nilai Durbin Upper ( $dU$ ) dan lebih kecil dari nilai empat dikurang nilai Durbin Upper ( $dU$ ) maka tidak terdapat autokorelasi positif ( $dU < dW < (4-dU)$ ) sehingga persyaratan terpenuhi untuk model regresi linier.
  3. Jika nilai Durbin-Watson ( $dW$ ) lebih besar dari nilai Durbin Lower ( $dL$ ) dan lebih kecil dari nilai Durbin Upper ( $dU$ ), maka pengujian tidak meyakinkan atau tidak dapat disimpulkan ( $dL < dW < dU$ ) sehingga persyaratan terpenuhi untuk model regresi linier.
- b. Uji autokorelasi negatif
1. Jika nilai Durbin-Watson ( $dW$ ) lebih besar dari nilai empat dikurang nilai Durbin Lower ( $dL$ ), maka terdapat autokorelasi negatif ( $dW > (4-dL)$ ) sehingga persyaratan tidak terpenuhi untuk model regresi linier
  2. Jika nilai Durbin-Watson ( $dW$ ) lebih kecil dari nilai empat dikurang nilai Durbin Upper ( $dU$ ) dan lebih besar dari nilai Durbin Lower ( $dL$ ), maka tidak terdapat autokorelasi negative ( $dL < dW < (4-dU)$ ) sehingga persyaratan terpenuhi untuk model regresi linier.
  3. Jika nilai Durbin-Watson ( $dW$ ) lebih besar dari nilai empat dikurang nilai Durbin Upper ( $dU$ ) dan lebih kecil dari nilai empat dikurang Durbin Lower ( $dL$ ), maka pengujian tidak meyakinkan atau tidak dapat disimpulkan ( $(4-dU) < dW < (4-dL)$ ) sehingga persyaratan terpenuhi untuk model regresi linier. Nilai Durbin Upper ( $dU$ ) dan nilai Durbin Lower ( $dL$ ) didapat menggunakan tabel Durbin-Watson ( $dW$ ) dengan tingkat signifikan ( $\alpha$ ) = 5%. Untuk membaca tersebut diperlukan informasi jumlah variable bebas ( $k$ ) dan banyaknya observasi atau jumlah sample ( $n$ ). Pada penelitian ini jumlah variable bebasnya sebanyak 7 maka nilai  $k = 7$ . Data produksi yang diobservasi selama 25 tahun terakhir maka nilai  $n = 25$ .

## 2.5. Uji Parameter Model

Uji parameter model merupakan uji model fungsi produksi dengan melakukan pengujian hipotesis secara statistik terhadap semua parameter dalam model (Ghozali, 2011). Beberapa pengujian secara statistik yang dilakukan terhadap

parameter model adalah uji koefisien determinasi ( $R^2$ ), Uji koefisien regresi secara menyeluruh (uji F), dan uji koefisien regresi secara parsial (uji t).

### 2.5.1. Uji koefisien determinasi ( $R^2$ )

Uji koefisien determinasi ( $R^2$ ) dilakukan untuk mengukur seberapa jauh kemampuan sebuah model dalam menerangkan variasi variabel dependen. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) berada diantara nol dan satu. Nilai  $R^2$  semakin mendekati nol menyatakan bahwa informasi yang diberikan variabel independen sangat terbatas. Sedangkan nilai  $R^2$  semakin mendekati satu menyatakan bahwa variabel independen dapat memberikan informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variabel dependen.

### 2.5.2. Uji F dan Uji t

Uji F dikenal sebagai uji model atau uji anova. Uji F dilakukan untuk melihat pengaruh semua variabel bebasnya secara bersama-sama terhadap variabel tak bebas. Dengan kata lain uji F dilakukan untuk menguji signifikansi model regresi. Jika model signifikan, maka model regresi dapat digunakan melakukan suatu peramalan atau prediksi, namun jika model tidak signifikan, model regresi tidak dapat digunakan untuk melakukan peramalan.

Uji t dikenal sebagai uji parsial. Uji t dilakukan untuk melihat pengaruh semua variabel bebasnya secara sendiri-sendiri terhadap variabel tak bebas. Uji t dapat dilakukan dengan melihat nilai signifikansi atau membandingkan nilai t hitung dengan t tabel

Langkah-langkah yang dilakukan untuk uji F dan uji t sebagai berikut:

#### a. Merumuskan hipotesis

##### 1. Uji F

Ho:  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7 = 0$ , (maka curah hujan, hari hujan, luas areal, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti giling) secara simultan tidak berpengaruh terhadap produksi gula.

Ha: Minimal satu dari  $\beta_i \neq 0$ , (maka curah hujan, hari hujan, luas areal, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti giling) secara simultan berpengaruh terhadap gula pasir.

## 2. Uji t

Ho:  $\beta_i = 0$ , maka secara parsial tidak berpengaruh terhadap produksi gula.

Ha:  $\beta_i \neq 0$ , maka secara parsial berpengaruh terhadap produksi gula.

### b. Menentukan *level of significance* ( $\alpha$ )

Menentukan *level of significance* (tingkat signifikansi) sebesar 5% dengan *level of confidence* (tingkat kepercayaan) sebesar 95%.

### c. Menentukan kriteria pengujian

Berdasarkan F tabel dan t tabel dengan nilai signifikansi  $\alpha = 0,05$  serta selang kepercayaan 0,95.

#### 1. Berdasarkan F tabel untuk uji F dan t tabel untuk uji t

Ho ditolak untuk uji F jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  dan berlaku juga untuk uji t jika  $t_{hitung} > t_{tabel}$  Ho diterima untuk uji F jika  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$  dan berlaku juga untuk uji t jika  $t_{hitung} \leq t_{tabel}$ .

#### 2. Berdasarkan probabilitas

Ho ditolak jika nilai probabilitas  $<$  tingkat signifikan 0,05 ( $\alpha$ ) Ho diterima jika nilai probabilitas  $>$  tingkat signifikan 0,05 ( $\alpha$ ).

## 2.6. Tanaman Tebu

Tanaman tebu merupakan tanaman yang berkembang maksimal pada daerah beriklim tropis hingga subtropis yaitu di sekitar garis khatulistiwa sampai garis isotherm. Menurut Pramuhadi (2011), tebu dapat ditanam di dataran rendah sampai dataran tinggi atau pegunungan dengan ketinggian 1000 m di atas permukaan laut. Tebu banyak dibudidayakan dataran rendah yang memiliki musim kering lebih banyak dari pada musim hujan. Suhu terbaik untuk pertumbuhan vegetatif tanaman tebu adalah 26-33°C pada siang hari, sedangkan pada malam hari harus dibawah 18°C agar pembentukan kandungan sukrosa pada tebu semakin tinggi. Curah hujan yang diperlukan tanaman tebu agar dapat

tumbuh dengan baik adalah sekitar 1700-2500 mm per tahun. Tebu akan tumbuh maksimal pada tanah yang gembur, memiliki aliran irigasi yang baik, memiliki pH antara 5 – 8, memiliki kandungan nutrisi dan senyawa organik lainnya dalam jumlah banyak, hingga memiliki kemampuan menahan air yang baik. Tanaman tebu lebih baik ditanam di tanah lempung liat dengan solum, tanah lempung berpasir, dan tanah lempung berdebu.

Klasifikasi botani tanaman tebu (Plantamor, 2019):

Kingdom : *Plantae* (tumbuhan)  
 Subkingdom : *Tracheobionta* (tumbuhan berpembuluh)  
 Super Divisi : *Spermatophyta* (menghasilkan biji)  
 Divisi : *Magnoliophyta* (tumbuhan berbunga)  
 Kelas : *Liliopsida* (berkeping satu/monokotil)  
 Sub kelas : *Commelinidae*  
 Ordo : *Poales*  
 Famili : *Poaceae* (suku rumput-rumputan)  
 Genus : *Saccharum*  
 Spesies : *Saccharum officinarum* L.

## **2.7. Pabrik Gula XYZ**

### **2.7.1. Sejarah Pabrik Gula XYZ**

Pabrik Gula XYZ dibangun pada tahun 1982 dan mulai operasi tahun 1984 dengan kapasitas 4.000 ton tebu/hari. Tahun 2010 kapasitas ditingkatkan menjadi 5.500 ton tebu/hari dan tahun 2014 menjadi 7.000 ton tebu/hari. Perkembangan Pabrik Gula XYZ diawali pada tahun 1971 dan 1972 dengan diadakannya survey gula oleh Indonesian Sugar Study (ISS) untuk melihat kelayakan pembangunan Pabrik Gula di luar Jawa. Survei serupa juga dilakukan pada tahun 1979 dan 1980 oleh World Bank meliputi lima lokasi termasuk lokasi X di Provinsi Lampung. Pada tahun 1981 melalui Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 688/Kpts/Org/8/1981 tanggal 11 Agustus 1981, didirikan Proyek Pabrik Gula CM dan Proyek Pabrik Gula X. Kaitannya dengan hal ini, PTP XXI-XXII (Persero) yang berkantor pusat di Surabaya mendapatkan tugas untuk melaksanakan pembangunan dua pabrik gula ini.

Pada tahun 1982 – 1989 manajemen dikelola oleh PTPN XXI-XXII (Persero), tahun 1990-1995 manajemen dikelola oleh PTPN XXXI (Persero) dan sejak 11 Maret 1996 – hingga sekarang manajemen dikelola oleh PTPN VII yang merupakan penggabungan dari PTPN X, PTPN XXXI, PTPN XI, dan PTPN XXIII. Sejak tahun 2018 industri gula Pabrik Gula XYZ dijadikan anak perusahaan PTPN VII bersama Pabrik Gula Cinta Manis yang berada di Kabupaten Ogan Komering Ilir Provinsi Sumatera Selatan (PT Perkebunan Nusantara VII, 2019).

### **2.7.2. Letak Geografis Pabrik Gula XYZ**

Menurut (PT Perkebunan Nusantara VII, 2019), Pabrik Gula XYZ terletak pada wilayah operasional PT Buma Cima Nusantara Provinsi Lampung yang bergerak budidaya tanaman Tebu dan Pabrik Gula. Pabrik Gula XYZ terletak di Desa Negara Tulang Bawang, Kabupaten Lampung Utara. Pabrik Gula XYZ dapat ditempuh sejauh 157 Km dari Bandar Lampung (Ibukota Provinsi Lampung) dan 45 km dari Kotabumi (Ibukota Kabupaten Lampung Utara).

Adapun batas areal Pabrik Gula XYZ sebagai berikut:

- Utara : Negeri Besar
- Selatan : Kecamatan Sungkai Selatan
- Timur : Kecamatan Muara Sungkai
- Barat : Kecamatan Kotabumi Utara

### **2.7.3. Faktor Mempengaruhi Pencapaian Produksi**

Produksi gula dari bahan baku tebu dipengaruhi oleh banyak faktor baik dari *on farm* maupun *off farm*. Beberapa diantaranya adalah:

#### **a. Curah hujan**

Curah hujan rata-rata yang diperlukan tanaman tebu adalah sekitar 1800 - 2500 mm/tahun. Tanaman tebu memerlukan banyak air saat tanam dan pertumbuhan serta sedikit air pada saat akan dipanen. Anakan tebu akan banyak, ruas tebu akan panjang dan diameternya akan besar apabila mendapatkan suplai air yang

cukup. Apabila curah hujan tidak terpenuhi maka pertumbuhan tidak sempurna dan produksi tebu rendah.

**b. Hari hujan**

Tanaman tebu daerah tegalan membutuhkan hari hujan yang cukup saat pertumbuhannya khususnya areal yang jauh dari embung dan sulit dilakukan irigasi. Tebu akan tumbuh dengan baik pada areal dengan drainase yang baik. Sebaliknya jika hari hujan terlalu banyak dan drainase kurang baik maka akan menimbulkan genangan air sehingga jumlah batang yang tumbuh saat tanam terhambat. Saat musim panen hari hujan yang terlalu banyak akan menyulitkan kegiatan tebang muat angkut sehingga produksi tidak optimal.

**c. Luas areal tanaman tebu**

Luas areal tanaman tebu mempengaruhi suplai bahan baku yang akan diolah di Pabrik Gula. Semakin luas maka ketersediaan bahan baku tebu akan terpenuhi sehingga kapasitas giling akan optimal. Luas areal yang akan ditanam harus memperhitungkan kapasitas pabrik terpasang dan jumlah hari gilingnya. Musim giling dimulai pada awal musim kemarau dan berakhir sebelum musim hujan, biasanya tidak lebih dari 6 bulan. Perkalian jumlah hari giling dengan kapasitas pabrik dibagi dengan produkti tebu ton/Ha merupakan luasan tebu KTG yang akan ditanam. Selain itu juga perlu disiapkan areal bibitan untuk tanaman plane cane hasil bongkar tanaman ratoon.

**d. Produktivitas tanaman tebu**

Produktivitas tanaman tebu merupakan banyaknya tebu yang dihasilkan tiap hektar. Semakin tinggi produktivitas maka semakin banyak produksi yang dihasilkan. Produktivitas erat kaitannya dengan kegiatan pengolahan lahan, jenis bibit yang ditanam dan perawatan. Irigasi dan suplai pupuk yang tepat waktu dan tepat dosis, serta penanganan gulma dan hama yang baik akan meningkatkan produktivitas tanaman tebu. Produktivitas tanaman tebu daerah tegalan biasanya lebih rendah dibandingkan dengan lahan sawah yang memiliki irigasi yang baik. Daya dukung tanah, kandungan unsur hara dan bahan organik yang terkandung merupakan faktor pendukung lainnya dalam upaya pencapaian produktivitas yang optimal.

**e. Pol tebu**

Pol tebu merupakan potensi gula yang terdapat pada batang tebu. Analisa pol menggunakan polarimeter dan satuannya dalam persen. Jika diperoleh pol 12 artinya dalam 100 gram larutan terkandung 12 gram gula, sisanya 87 gram adalah air dan zat terlarut bukan gula. Di laboratorium pol tebu dianalisa menggunakan alat jefco sedangkan pada core sampler menggunakan alat NIRS dalam bentuk solid. Pol tebu dapat juga diketahui melalui neraca yaitu hasil penjumlahan antara pol NM%Tebu dengan pol ampas%Tebu.

**f. *Over all recovery***

Nilai *Over all recovery (OR)* menandakan efisiensi pabrik yaitu perkalian antara *Mill Extraction (ME)* dengan *Boiling House Recovery (BHR)*.

$$OR = ME \times BHR$$

*ME* merupakan kinerja bagian Teknik sedangkan *BHR* merupakan kinerja bagian pengolahan. Bagian teknik bertugas mengekstraksi nira dari tebu, semakin banyak nira yang diperoleh maka semakin tinggi nilai *ME*. Bagian pengolahan bertugas mengolah nira tersebut untuk menjadi gula kristal putih. Semakin banyak gula yang dihasilkan maka semakin tinggi nilai *BHR*. Pabrik gula yang mempunyai efisiensi tinggi mempunyai nilai  $OR > 80\%$ . Dengan jumlah bahan baku yang sama, pabrik gula yang mempunyai *OR* lebih tinggi akan menghasilkan gula lebih banyak.

**g. Jam berhenti giling**

Jam berhenti giling merupakan banyaknya stagnasi pabrik saat musim giling. Semakin banyak berhenti maka losses pabrik semakin tinggi. Stagnasi pabrik secara tiba-tiba akan menurunkan kualitas tebu yang telah tertebang dan terjadi inversi nira di pabrik. Nira yang banyak mengandung sukrosa akan terinversi menjadi monosakarida yang sulit dikristalkan dan akan menjadi tetes. Untuk menekan stagnasi maka saat diluar musim giling pabrik melakukan perawatan alat secara maksimal dan melakukan preventive maintenance secara terjadwal saat musim giling.

#### 2.7.4. Pengolahan Tebu Pabrik Gula XYZ

Tebu yang akan masuk ke pabrik diawali dengan pengecekan potensi rendemen dengan menggunakan alat *core sampler* untuk mengetahui rendemen tiap truk khususnya tebu rakyat. Tebu yang masuk ke pabrik ditimbang untuk mengetahui bobot nettoanya lalu masuk ke *cane yard*. Pembongkaran dilakukan dengan menggunakan *tripper* dan *cane lifter* serta *cane stacker*. Tebu yang dibawa menggunakan truk *bundle cane* dibongkar dengan menggunakan *tipper* dan *cane stacker*. *Tipper* yaitu alat bongkar yang menggunakan ‘lantai angkat’ hingga terbentuk sudut sekitar 45 derajat sehingga tebu jatuh atau langsung masuk ke *feeding cane*. *Cane stacker* atau traktor yang dilengkapi implemen berbentuk seperti garpu mendorong tebu-tebu dari arah samping truk sehingga tebu-tebu jatuh ke lantai *cane yard*.

Ekstraksi nira tebu diawali dengan proses di *cane preparation*. Tebu dimasukkan ke dalam meja tebu (*feeding table*) kemudian melewati *intermediate cane carrier* menuju pisau pencacah (*cane cutter* I dan II) sehingga tebu akan menjadi bagian cacahan lebih kecil. Kemudian masuk ke mesin penghancur (*cane hammer shredder* dan *heavy duty hammer shredder*) sehingga menjadi serpihan-serpihan halus yang siap dilakukan pemerahan selanjutnya. Pada proses ini belum ada nira tebu (*juice*) yang terperah. Tebu yang telah menjadi serpihan halus dari tahapan sebelumnya selanjutnya masuk ke gerbong diffuser sehingga terjadi ekstraksi melalui proses difusi dan osmosis. Selanjutnya masuk ke *Dewatering & Drying Mill*. Ampas dari penggilingan atau bagase yang diperoleh digunakan untuk bahan bakar boiler sebagai penghasil uap (*steam*). *Steam* tersebut berfungsi untuk menggerakkan turbin, memasak nira tebu, dan pembangkit tenaga listrik.

Pemurnian nira tebu di Pabrik Gula XYZ dilakukan secara sulfitasi. Nira tebu (*mixed juice*) hasil pemerahan (setelah ada penambahan asam fosfat) akan melewati *flow meter* untuk mengetahui jumlah jus yang diperoleh, menuju alat pemanasan (*juice heater*) yang akan dipanaskan pada suhu kurang lebih 75°C untuk mematikan mikroorganisme. Kemudian dipompa menuju tangki pengapuran. Susu kapur diberikan pada tangki pengapur hingga pH 8.5 (*limed juice*). Selanjutnya dipompa menuju tanki sulfitasi (*juice sulphitator*) untuk



ditambah gas SO<sub>2</sub> sehingga pH menjadi 6.8-7.2 (*sulphured juice*). Kemudian dipanaskan kembali ke *juice heater* pada suhu 105°C, menuju alat pengembang (*flash tank*) untuk dibuang gas-gas yang ada dalam juice, selanjutnya ditambah bahan pembantu penggumpal yaitu *flocculant* dan diendapkan. Pada tahap ini akan dihasilkan nira jernih (*clear juice*) dan lumpur jus (*mud*). Lumpur juice/mud dipompa menuju alat penapis (*vacuum filter*) sehingga diperoleh blotong (*filter cake*) yang digunakan sebagai pupuk, dan nira tapis (*filtrate juice*) yang akan dikembalikan ke tangki pengapuran untuk diolah lagi. Sedangkan *clear juice* dipompa untuk diuapkan ke badan penguapan (evaporator) sehingga akan diperoleh nira kental (*raw syrup*).

Kristalisasi dilakukan setelah nira dikentalkan di evaporator. Nira kental tersebut sebagai bahan untuk masakan di stasiun kristalisasi. Sistem masakan di Pabrik Gula XYZ 3 tingkat yaitu A, C dan D. Tujuan tingkat masak ini menekan kehilangan gula yang terikut dalam tetes tebu (*final molasses*). Sedangkan jumlah tingkatnya didasarkan atas kualitas bahan baku yaitu tingkat kemuniannya HK niranya.

Stasiun puteran memiliki fungsi untuk memisahkan antara larutan dengan kristal gula yang dilakukan dengan cara menyaring. Penyaringan dilakukan dengan menggunakan kekuatan putar. Mudah tidaknya pemisahan kristal dipengaruhi oleh kondisi kristal yang dihasilkan pada tahap kristalisasi, viskositas hasil masakan, kekuatan putaran, tebal tipisnya lapisan gula, dan penyiraman. Proses pemisahan ini dilakukan dengan cara sentrifugasi menggunakan alat *High Grade Centrifuge* dengan air siraman sekitar 0,5% dan suhu 80°C. Putaran D1 menggunakan *Low Grade Centrifuge* dengan siraman air dingin. Selanjutnya gula hasil putaran dikeringkan dengan *sugar dryer* dan masuk ke *vibrating screen* untuk memenuhi ukuran standar SNI lalu di *packing*.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Tempat**

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Februari 2020 sampai dengan bulan April 2020 di Pabrik Gula XYZ Kabupaten Lampung Utara.

#### **3.2. Jenis dan Sumber Data**

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara yang dilakukan terhadap 20 karyawan yang didalamnya terdapat bagian pabrik, tanaman, QA dan TUK menggunakan kuesioner berisi pengaruh curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery* dan jam berhenti terhadap produksi gula. Data sekunder dikumpulkan melalui penelusuran pustaka dan data panel yang diambil dari laporan produksi Pabrik Gula XYZ dari tahun 1997 – 2021. Pengumpulan data bertujuan untuk memperoleh informasi, gambaran dan keterangan tentang hal-hal yang berhubungan dengan penelitian sehingga data tersebut dapat digunakan untuk memecahkan masalah dan pertimbangan dalam mengambil keputusan.

#### **3.3. Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan seluruh data yang diperlukan dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa cara meliputi :

1. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan mengajukan pertanyaan secara langsung kepada pihak yang berwenang di Pabrik Gula XYZ, yang berkaitan dengan penelitian

yang dilakukan. Wawancara berisi pertanyaan curah hujan ideal untuk tanaman tebu, jumlah hari hujan ideal, upaya perluasan tanaman tebu dan peningkatan produktivitas, potensi pol tebu serta pengaruh *overall recovery* dan jam berhenti pabrik terhadap produksi gula. Borang wawancara dapat dilihat pada lampiran 176.

## 2. Pencatatan

Pengumpulan data dilakukan dengan teknik pencatatan hasil pertanyaan dari pihak terkait di Pabrik Gula XYZ. Pencatatan data dilakukan dengan menyalin data curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, jam berhenti pabrik dan produksi gula dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2021 yang akan diolah lanjut pada penelitian ini.

## 3. Studi literatur dan kepustakaan

Studi literatur dan kepustakaan bertujuan untuk dapat menganalisa secara teoritis terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan penulisan tesis. Studi kepustakaan dilakukan dengan membaca berbagai *text book*, jurnal dan artikel yang relevan serta sumber-sumber lain guna memperoleh data pendukung dalam penelitian ini.

### 3.4. Metode Analisis Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi peramalan faktor-faktor produksi (*forecasting*) dan fungsi produksi cobb douglas.

#### 3.4.1. Analisis Peramalan Faktor-Faktor Produksi (*Forecasting*)

Analisis peramalan faktor-faktor produksi (*forecasting*) penelitian ini dilakukan menggunakan metode *linear regression*, *moving average*, *weighted moving average*, *exponential smoothing*, dan *exponential smoothing with trend* dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Menginput data produksi 5 tahun terakhir ke *Software Excel-QM for Windows Version 5.2* meliputi data curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, jam berhenti pabrik dan produksi gula dibuat dalam

bentuk persamaan *linear regression*, *moving average*, *weighted moving average*, *exponential smoothing*, dan *exponential smoothing with trend*.

- b. Membuat satu *worksheet* berisi beberapa sheet yaitu persamaan *linear regression*, *moving average*, *weighted moving average*, *exponential smoothing*, *exponential smoothing with trend* dan rekapan MAD, MSE dan MAPE dari persamaan tersebut.
- c. Menghitung nilai MAD, MSE dan MAPE terkecil menjadi persamaan yang layak dipilih untuk peramalan.
- d. Menghitung hasil peramalan tahun 2021 - 2025 berdasarkan persamaan telah dipilih untuk curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, jam berhenti pabrik.

### 3.4.2. Uji Fungsi Cobb Douglas

Uji Fungsi Cobb Douglas dilakukan dengan menggunakan uji asumsi klasik model fungsi produksi menggunakan teknik uji normalitas, uji multikolinearitas, uji heteroskedastisitas, dan uji autokorelasi serta uji parameter model.

#### a. Uji normalitas

Menguji apakah data curah hujan, hari hujan, luas tanaman, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, jam berhenti pabrik memiliki distribusi normal dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dengan bantuan SPSS. Dasar pengambilan keputusan normalitas data dengan melihat angka probabilitas yaitu probabilitas  $> 0,05$ .

#### b. Uji multikolinearitas

Menguji apakah model regresi ditemukan adanya korelasi (hubungan kuat) antar variabel bebas atau variabel independent yaitu tidak terjadi korelasi diantara variabel bebas atau tidak terjadi gejala multikolinearitas. Batas *tolerance value* adalah  $> 0,10$  dan  $VIF < 10$ .

#### c. Uji heteroskedastisitas

Melakukan uji heteroskedastisitas dengan *scatterplot* diagram menggunakan *software SPSS version 25*. Diagnosis adanya heteroskedastisitas dalam uji regresi dilihat dari pola *scatterplot* diagram pada hasil SPSS. Apabila tidak

ada pola tertentu dalam pola *scatterplot* diagram, maka tidak ada heteroskedastisitas.

#### **d. Uji autokorelasi**

Menguji korelasi antara residual pada periode  $t$  dengan periode  $t-1$  menggunakan metode Durbin Watson. Mendeteksi adanya autokorelasi dilihat dari nilai Durbin-Watson ( $dW$ ) tingkat signifikan ( $\alpha$ )=5%, dengan kriteria berikut:

#### **3.4.3. Uji Autokorelasi Positif**

- a) Jika nilai ( $dW > dU$ ), maka tidak terdapat autokorelasi positif
- b) Jika nilai ( $dL < dW < dU$ ), maka pengujian tidak meyakinkan atau tidak dapat disimpulkan.

#### **3.4.4. Uji Autokorelasi Negatif**

- a) Jika ( $(4-dW) > dU$ ), maka tidak terdapat autokorelasi negatif.
- b) Jika ( $dL < (4-dW) < dU$ ), maka pengujian tidak meyakinkan atau tidak dapat disimpulkan.

Pada penelitian ini jumlah variable bebasnya sebanyak 7 maka nilai  $k = 7$ . Data produksi gula yang diobservasi selama 25 tahun dari tahun 1997 – 2021 maka nilai  $n = 25$ .

#### **3.4.5. Uji Parameter Model**

Melakukan uji koefisien determinasi ( $R^2$ ), Uji koefisien regresi secara menyeluruh (uji F), dan uji koefisien regresi secara parsial (uji t).

#### **3.4.6. Uji Koefisien Determinasi ( $R^2$ )**

Mengukur kemampuan fungsi model dalam menerangkan variasi variabel dependen. Nilai  $R^2$  mendekati nol artinya informasi yang diberikan variabel independen sangat terbatas, sedangkan nilai  $R^2$  mendekati satu menyatakan bahwa variabel independen memprediksi variabel dependen semakin baik.

### 3.4.7. Uji F dan Uji t

Melakukan uji F untuk mengetahui signifikansi model regresi sedangkan uji t untuk melihat pengaruh semua variabel bebasnya secara sendiri-sendiri terhadap variabel tak bebas. Uji t dilakukan dengan melihat nilai signifikansi atau membandingkan nilai t hitung dengan t tabel.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk uji F dan uji t sebagai berikut:

#### 1. Merumuskan hipotesis

##### a. Uji F

Ho:  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7 = 0$ , (maka curah hujan, hari hujan, luas areal, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti giling) secara simultan tidak berpengaruh terhadap produksi gula.

Ha: Minimal satu dari  $\beta_i \neq 0$ , (maka curah hujan, hari hujan, luas areal, produktivitas, pol tebu, *overall recovery*, dan jam berhenti giling) secara simultan berpengaruh terhadap gula pasir.

##### b. Uji t

Ho:  $\beta_i = 0$ , maka secara parsial tidak berpengaruh terhadap produksi gula.

Ha:  $\beta_i \neq 0$ , maka secara parsial berpengaruh terhadap produksi gula.

#### 2. Menentukan *level of significance* ( $\alpha$ )

Menentukan *level of significance* (tingkat signifikansi) sebesar 5% dengan *level of confidence* (tingkat kepercayaan) sebesar 95%.

#### 3. Menentukan kriteria pengujian

Berdasarkan F tabel dan t tabel dengan nilai signifikansi  $\alpha = 0,05$  serta selang kepercayaan 0,95.

##### a) Berdasarkan F tabel untuk uji F dan t tabel untuk uji t

Ho ditolak untuk uji F jika  $F \text{ hitung} > F \text{ tabel}$  dan berlaku juga untuk uji t jika  $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$  Ho diterima untuk uji F jika  $F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel}$  dan berlaku juga untuk uji t jika  $t \text{ hitung} \leq t \text{ table}$

b) Berdasarkan probabilitas

$H_0$  ditolak jika nilai probabilitas < tingkat signifikan 0,05 ( $\alpha$ )  $H_0$  diterima jika nilai probabilitas > tingkat signifikan 0,05 ( $\alpha$ ).

4. Mengambil kesimpulan

- a) Semakin kecil nilai signifikansi pada uji F (Sig. < 0,05) hubungan antara variable tak bebas dengan semua variabel bebas secara menyeluruh dalam sebuah persamaan model regresi semakin kuat. Sebaliknya jika nilai Sig. > 0,05 maka hubungan variable tak bebas dengan semua variabel bebas tidak kuat atau tidak ada hubungan.
- b) Semakin kecil nilai signifikansi pada uji t (Sig. < 0,05) hubungan antara variable tak bebas dengan semua variabel bebas secara terpisah dalam model regresi semakin kuat. Sebaliknya jika nilai Sig. > 0,05 maka hubungan variable tak bebas dengan semua variabel bebas tidak kuat atau tidak ada hubungan.

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode peramalan yang paling tepat digunakan Pabrik Gula XYZ untuk memprediksi curah hujan, hari hujan, luas areal, pol tebu, dan *overall recovery* di masa yang akan datang adalah metode *moving average*, untuk jam berhenti giling menggunakan metode *weighing moving average*, sedangkan produktivitas dengan metode *linear regression* yaitu  $y = -2,7633x + 77,067$  dengan nilai MAD, MSE, dan MAPE terkecil dibandingkan metode yang lain.
2. Model fungsi produksi Cobb Douglas di Pabrik Gula XYZ menggunakan data sekunder tahun 1997 – 2021 yang dianalisis dan memenuhi uji klasik adalah  $y = 0.000115048 X_1^{0,107} X_2^{-0,098} X_3^{0,763} X_4^{0,982} X_5^{0,971} X_6^{1,432} X_7^{0,018}$ . Dengan hasil peramalan produksi gula pada tahun 2021 sampai dengan 2023 berturut-turut sebesar 37.274; 39.426 dan 36.611 ton gula.

### 5.2. Saran

Peneliti menyarankan perlu diadakan penelitian lanjutan dengan menggunakan kombinasi faktor-faktor produksi gula lainnya untuk mendapatkan prediksi produksi gula yang lebih baik di Pabrik Gula XYZ.



## DAFTAR PUSTAKA

- Apriawan. D. C. Irham. dan Jangkung. H. M. 2015. Analisis Produksi Tebu dan Gula di PT. Perkebunan Nusantara VII (PERSERO). *Jurnal Agro Ekonomi Universitas Gajah Mada*. 26(2). 159–167.
- Ardiyansyah. B. dan Purwono. 2015. Mempelajari Pertumbuhan dan Produktivitas Tebu (*Saccharum officinarum* L) dengan Masa Tanam Sama pada Tipologi Lahan Berbeda. *Jurnal Bul. Agrohorti*. 3(3). 357–365.
- Asmarantaka. R. W. 2012. *Pemasaran Agribisnis (Agrimarketing)*. Departemen Agribisnis Fakultas Ekonomi dan Manajemen IPB : Bogor. 14 -16.
- Assauri. S. 2004. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia: Jakarta. 26-28.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Produksi Tanaman Perkebunan Menurut Propinsi dan Jenis Tanaman. Indonesia (000 Ton). 2012-2018*. <https://www.bps.go.id/dynamictable/2015/09/04/839/produksi-tanaman-perkebunan-menurut-propinsi-dan-jenis-tanaman-indonesia-000-ton-2012-2018-.html>
- Bahagia. S. N. 2006. *Sistem Inventory*. Institut Teknologi Bandung : Bandung. 23-24
- Dianpratiwi. T. Evan. P. W. dan Wibowo. H. 2018. Daya Saing Usahatani Tebu terhadap Komoditas Eksisting di Wilayah Kerja Pabrik Gula Wonolangan Kabupaten Probolinggo Tahun 2018. *Journal of Sustainable Agriculture*. 33(1). 57-67.
- Djie. I. S. J. 2013. Analisis Peramalan Penjualan dan Penggunaan Metode Linear Programing dan Decision Tree guna Mengoptimalkan Keuntungan pada PT Primajaya Pantes Garment. *Journal The Winners*. 14(2). 113–119.
- Ferhat. A. Mulyo. J. H. dan Irham. 2018. Dampak Regrouping Lahan Terhadap Produksi Tebu Petani Berdasarkan Penggunaan Input di Pabrik Gula Gempolkrep Jawa Timur. *Jurnal Habitat*. 29(3). 113–121. <https://doi.org/10.21776/ub.habitat.2018.029.3.14>
- Frans. M. G. S. Irsal. dan Kardhinata. E. H. 2015. Pengaruh Curah Hujan dan Hari Hujan Terhadap Produksi Tebu (*Saccharum officinarum* Linn) Di Kebun Kwala Bingai PT. Perkebunan Nusantara II. *Jurnal Agroteknologi*. 3(4). 1539–1545.

- Ghozali. I. 2011. *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program SPSS*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro: Semarang. 45 - 48.
- Gitosudarmo. H. I. 2002. *Manajemen Operasi*. Fakultas Ekonomi Universitas Gajah Mada: Yogyakarta. 23 - 26.
- Handoko. T. H. 2014. *Dasar Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. BPFE-Yogyakarta: Yogyakarta.16-18.
- Heizer. J. dan Render. B. 2010. *Manajemen Operasi Edisi 9*. Salemba Empat: Jakarta.34-36.
- Herjanto. 2009. *Manajemen Operasi dan Produksi*. Grasindo: Jakarta. 33-35.
- Hermawan. I. dan Rasbin. 2012. Analisis Penggunaan Luas Lahan Tebu dan Padi Terkait Dengan Pencapaian Swasembada Gula Di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Dan Kebijakan Publik*. 3(1). 47–63.
- Indarwati. L. D. Fajriani. S. dan Soelistyono. R. 2018. Pengaruh El Nino dan La Nina Terhadap Produktivitas dan Rendemen Tebu ( *Saccharum officinarum* L .) ( Studi Kasus di Kecamatan Pitu Kabupaten Ngawi ). *Jurnal Produksi Tanaman*. 6(10). 2633–2639.
- Indrajit. R. E. dan Djokopranoto. R. 2003. *Manajemen Persediaan Barang Umum dan Suku Cadang Untuk Keperluan Pemeliharaan Perbaikan dan Operasi*. PT. Grasindo: Jakarta.
- Iswardhani. D. 2015. *Analisis Efisiensi PG. Watoetoelis Kabupaten Sidoarjo*. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Jember. 78-80
- Joesron. M. F. dan Suhartati. T. 2012. *Teori Ekonomi Mikro:Dilengkapi Beberapa Fungsi Produksi*. Graha Ilmu: Yogyakarta. 44-46.
- Masyhuri. M. 2007. *Dasar-Dasar Ekonomi Mikro*. Prestasi Pustakaraya: Jakarta. 33-36.
- Muin. M. 2017. Pengaruh Faktor Produksi Terhadap Hasil Produksi Merica di Desa Era Baru Kecamatan Tellulimpoe Kabupaten Sinjai. *Jurnal Economix*. 5(1). 203–214.
- Mulyono. D. 2011. Analisis Kesesuaian Lahan dan Evaluasi Jenis Tanah dalam Budidaya Tanaman Tebu untuk Pengembangan Daerah Kabupaten Tegal. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*. 13(2). 116–123.
- Nachrowi. D. N. dan Usman. H. 2004. *Teknik Pengambilan Keputusan: Dilengkapi Teknik Analisis dan Pengolahan Data Menggunakan Paket Program LINDO dan SPSS*. Gramedia Widiasarana Indonesia: Jakarta. 27-29.
- Nasution. Hakim. A. dan Prasetyawan. Y. 2008. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi Edisi Pertama*. Graha Ilmu: Jakarta. 43-45.

- Oktavia. E. 2014. *Analisis Proses Kerja dalam Efisiensi Produksi DI PTPN VII Unit Usaha Bungamayang*. Skripsi. Fakultas Ekonomi dan Manajemen Institut Pertanian Bogor. 20-22.
- Plantamor. 2019. *Informasi Spesies Tebu*. <http://plantamor.com/species/info/saccharum/officinarum>
- Pramuhadi. G. 2011. Faktor Iklim Pada Budidaya Tebu Lahan Kering. *Jurnal PANGAN*. 19(4). 331–344.
- PT Perkebunan Nusantara VII. 2019. *Profil Distrik Bungamayang*. PT Perkebunan Nusantara VII (Persero) Distrik Bungamayang: Lampung Utara. 8-10.
- Purfadila. S. dan Andriani. D. R. 2018. Analisis Peramalan Produksi dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Gula Kristal Putih pada Pabrik Gula Modjopangoong Kabupaten Tulung Agung. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis (JEPA)*. 2(1). 52–61.
- Rangkuti. F. 2004. *Manajemen Persediaan Aplikasi di Bidang Bisnis*. PT. Raja Grafindo Persada: Jakarta. 31-33
- Ristono. A. 2009. *Manajemen Persediaan Edisi Pertama*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Rochimah. N. R. Soemarno. dan Muhaimin. A. W. 2015. Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produksi Dan Rendemen Tebu di Kabupaten Malang. *Jurnal Pembangunan Dan Alam Lestari*. 6(2). 171–180.
- Rokhman. H. Taryono. dan Supriyanta. 2014. Jumlah Anakan dan Rendemen Enam Klon Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Asal Bibit Bagal. Mata Ruas Tunggal. dan Mata Tunas Tunggal. *Jurnal Vegetalika*. 3(3). 89–96.
- Santoso. B. E. Martoyo. T. dan Bahri. S. 2009. Development of New Rendemen Formula as an Effort to Control the Performance of Sugar Factory. *Jurnal IPTEK*. 20(1). 37–44.
- Savitri. R. dan Widyastutik. 2013. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Gula PTPN VII (PERSERO). *Jurnal Manajemen Dan Agribisnis Institut Pertanian Bogor*. 10(3). 175–181.
- Sekaran. U. 2006. *Metodologi Penelitian Untuk Bisnis Buku 1 Edisi 4*. Salemba Empat: Jakarta. 44-47.
- Simanjuntak. L. N. Rosita. S. dan Irsal. 2014. Pengaruh Curah Hujan dan Hari Hujan Terhadap Produksi Kelapa Sawit Berumur 5, 10, dan 15 Tahun di Kebun Begerpang Estate PT. London Sumatra Indonesia. Tbk. *Jurnal Online Agroteknologi Universitas Sumatra Utara*. 2(3). 1141–1151.
- Soekartawi. 1990. *Teori Ekonomi Produksi: Dengan Pokok Bahasan Analisis fungsi Cobb-Douglas*. Radar Jaya Offset: Jakarta. 37-39.

- Sofyan. D. 2013. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi Edisi Pertama*. Graha Ilmu: Yogyakarta. 26-28.
- Statistikceria. 2012. *Mendeteksi Heteroskedastis*.  
<https://statistikceria.blogspot.com/2012/12/penyebab-dampak-dan-mendeteksi.html>
- Subagya. M. 1994. *Manajemen Logistik*. PT. Gunung Agung: Jakarta. 33-35.
- Subiyanto. 2017. Analisis Keragaman Parameter Penentu Rendemen Gula Kristal Putih Pada Pabrik Gula BUMN. *Jurnal MPI*. 11(1). 1–10.
- Sunaryo. T. 2001. *Ekonom Manajerial Aplikasi Teori Ekonomi Mikro*. Erlangga: Jakarta. 28-30.
- Susila. W. R. dan Hutagaol. M. P. 2005. Model Keterpaduan Jadwal Tanam dan Tebang Tebu: Pendekatan Kompromi. *Jurnal Manajemen Dan Agribisnis Institut Pertanian Bogor*. 2(2). 129–144.
- Syafri. A. dan Sudrajat. I. S. 2018. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Gula di PT. Madubaru (Madukismo) Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Agritas*. 2(2). 13–26.
- Tunjungsari. R. 2014. Analisis Produksi Tebu di Jawa Tengah. *Journal of Economics and Policy*. 7(2). 100–202.
- Thamrin. M. Novita. D. dan Sari. D. A. 2018. Analisis Nilai Tambah Tebu Di Pabrik Gula Kwala Madu PTPN II. *Journal of Agribusiness Sciences*. 01(02). 90–100.
- Widarwati. T. 2008. *Analisis Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Produksi Gula di PG. Pagotan*. Skripsi. Fakultas Manajemen dan Ekonomi Institut Pertanian Bogor. 56-58.
- Yamit. Z. 2003. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Ekonisia: Yogyakarta. 24-25.
- Yulius. H. dan Yetti. I. 2014. Peramalan Kebutuhan Manajemen Logistik pada Usaha Depot Air Minum Isi Ulang Al Fitrah. *Jurnal Edik Informatika Universitas Putra Indonesia Padang*. 1(11). 5–14.
- Zainuddin. A. dan Wibowo. R. 2018. Analisis Potensi Produksi Tebu dengan Pendekatan Fungsi Produksi Frontir di PT Perkebunan Nusantara X. *Jurnal PANGAN*. 27(1). 33–42.