

Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produksi Dan Rendemen Tebu di Kabupaten Malang

Nadhi Rotur Rochimah¹, Soemarno², Abdul Wahib Muhaimin³

¹Mahasiswa Magister Program Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan, Universitas Brawijaya

²Jurusan Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

³Jurusan Sosial Ekonomi Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

Abstrak

Perubahan iklim disebut-sebut sebagai salah satu faktor penyebab kegagalan swasembada gula pada tahun 2014. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis pengaruh unsur iklim : curah hujan, suhu, kelembaban dan radiasi matahari terhadap produksi dan rendemen tebu dan menganalisis pendapatan petani sesuai dengan perubahan iklim yang dialami. Metode penelitian menggunakan analisis regresi berganda untuk mengetahui pengaruh unsur iklim terhadap produksi dan rendemen tebu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan curah hujan 1 satuan akan menaikkan nilai produksi sebesar 0,206 %, peningkatan suhu sebesar 1 satuan akan menurunkan produksi sebesar 0,089 %, peningkatan kelembaban sebesar 1 satuan akan menurunkan produksi sebesar 0,375 % dan peningkatan radiasi matahari sebesar 1 satuan akan menurunkan produksi sebesar 0,316%. Peningkatan curah hujan 1 satuan akan menurunkan nilai rendemen sebesar 0,645 %, peningkatan suhu sebesar 1 satuan akan menaikkan rendemen sebesar 0,016 %, peningkatan kelembaban sebesar 1 satuan akan meningkatkan rendemen sebesar 0,659 % dan peningkatan radiasi matahari sebesar 1 satuan akan meningkatkan rendemen sebesar 0,102 %. Sedangkan untuk tujuan kedua diketahui bahwa terdapat perbedaan yang signifikan tiap periode tanam tebu namun belum ada upaya adaptasi yang maksimal terhadap perubahan iklim.

Kata kunci: perubahan iklim, produksi tebu, rendemen tebu

Abstract

Climate change have been reasons as one of the factors the failures self sufficient sugar at the end of 2014. The purpose of this research to analyze the influence of climate unsures : rainfall, air temperature, humidity and sun radiation to production and yield of sugarcane. Multiple regression analysis research method uses a double to find out the influence elements climate change to production and yield of sugarcane. Results of the study showed that the increase rainfall 1 units to raise the production of 0.206 %, temperature increase of 1 units will reduce production of 0.089%, the increase humidity of 1 units will reduce production of 0.375 % and the sun radiation increase of 1 units will reduce production of 0.316 %. Rainfall 1 units increase will reduce the yield of 0.645 %, temperature increase of 1 units to raise yield of 0.016 %, the increase humidity of 1 units will increase yield of 0.659 % and the sun radiation increase of 1 units will increase yield of 0.102 %. For second purpose known that significant difference in every period of sugarcane plant, but nothing maximal efforts to adaptation for confront the climate change.

Keywords: climate change, sugarcane production, yield of sugarcane

PENDAHULUAN

Perubahan iklim ditengarai sebagai salah satu faktor penyebab kegagalan swasembada gula pada tahun 2014. Peningkatan konsumsi gula secara nasional berbanding lurus dengan peningkatan rendemen dan permintaan produksi tebu, sedangkan produksi gula di tahun 2014 belum sesuai dengan kebutuhan nasional. Dari target produksi 2,8 juta ton hanya tercapai 89,9% atau sebanyak 2,5 juta ton.

Gula merupakan hasil hablur (sukrosa) dari tanaman tebu. Hablur yang dihasilkan mencerminkan rendemen tebu. Pendapatan petani tebu sangat tergantung pada rendemen tebu. Rendemen merupakan berat gula yang dihasilkan dibanding berat tebu yang diproses yang dinyatakan dengan persen [1].

Beberapa tahun terakhir ini petani tebu khususnya di Malang Raya meresahkan terjadinya penurunan produksi tebunya. Salah satu penyebab penurunan produksi tersebut ditengarai akibat perubahan cuaca [2].

Berdasarkan data dari BMKG Karangploso pada satu dasawarsa terakhir, curah hujan tertinggi terjadi pada sepanjang tahun 2010 dan curah hujan terendah terjadi pada sepanjang tahun 2014. Hal tersebut cukup mempengaruhi hasil produksi dan rendemen tebu di Kecamatan Bululawang, Kabupaten Malang dimana kecamatan tersebut menjadi sentra tebu di kawasan Malang Raya.

Tujuan dari penelitian ini: (1) Untuk menganalisis curah hujan, suhu, kelembaban dan radiasi matahari terhadap produksi dan

rendemen tebu (2) Menganalisis pendapatan usahatani tanaman tebu dan upaya adaptasi petani terhadap perubahan iklim.

METODE PENELITIAN

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Menganalisis Pengaruh Unsur Iklim : Curah Hujan, Kelembaban dan Radiasi Matahari terhadap Produksi Tebu.

Analisis yang digunakan adalah analisis regresi berganda. Fungsi unsur iklim terhadap produksi tebu di daerah penelitian sebagai berikut :

$$Y_1 = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4$$

Keterangan :

Y_1 = Produksi (ton/ha/satu musim tanam)

X_1 = Curah hujan

X_2 = Suhu

X_3 = Kelembaban

X_4 = Radiasi matahari

α = Intersep

β_1 = Koefisien regresi dari X_1, X_2, X_3, X_4

Pengujian hipotesis menggunakan uji F, dengan ketentuan hipotesis sebagai berikut :

$$H_0 = b_1 = 0$$

H_1 = minimal ada satu nilai b_1 yang tidak sama dengan nol

Kaidah pengujian :

1. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka tolak H_0 , berarti terdapat pengaruh nyata (signifikan) antara variabel dependen.
2. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka tolak H_1 , berarti tidak terdapat pengaruh nyata (signifikan) antara variabel dependen.

2. Menganalisis Pengaruh Unsur Iklim : Curah Hujan, Kelembaban dan Radiasi Matahari terhadap Rendemen Tebu

Analisis yang digunakan adalah analisis regresi linier berganda. Fungsi unsur iklim terhadap rendemen tebu di daerah penelitian sebagai berikut :

$$Y_2 = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4$$

Keterangan :

Y_2 = Rendemen tebu (%/satu musim tanam)

X_1 = Curah hujan

X_2 = Suhu

X_3 = Kelembaban

X_4 = Radiasi matahari

A = Intersep

β_1 = Koefisien regresi dari X_1, X_2, X_3, X_4

Pengujian hipotesis menggunakan uji F, dengan ketentuan hipotesis sebagai berikut :

$$H_0 = b_1 = 0$$

H_1 = minimal ada satu nilai b_1 yang tidak sama dengan nol

Kaidah pengujian :

1. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka tolak H_0 , berarti terdapat pengaruh nyata (signifikan) antara variabel dependen.
2. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka tolak H_1 , berarti tidak terdapat pengaruh nyata (signifikan) antara variabel dependen.

3. Analisis Usahatani Tebu dan Upaya Adaptasi Petani terhadap Perubahan Iklim.

Analisis usahatani menggunakan metode survei. Tujuan survei untuk memperoleh informasi tentang usahatani yang diterapkan oleh pemilik lahan dan hasil akhirnya untuk menghitung pendapatan petani tebu. Pengumpulan data digunakan metode wawancara dengan sampel petani sebagai responden.

1. Informasi yang dikumpulkan dalam survei usahatani meliputi :

- Sumberdaya lahan yang tersedia, dalam hal ini termasuk : luas lahan, jumlah pengelola, umur, pendidikan, pengalaman kerja
- Penggunaan sumberdaya, meliputi : jenis penggunaan lahan dan jumlah tenaga kerja
- Koefisien masukan – hasil (input-output), meliputi produksi persatuan luas tanaman, serta alokasi waktu penggunaan tenaga kerja
- Biaya, penerimaan dan pendapatan, meliputi : biaya penggunaan tenaga kerja, biaya dan pendapatan hasil produksi
- Informasi sikap, terhadap teknologi produksi yang baru, program penelitian dan penyuluhan
- Pola tanam dan pola usahatani, meliputi varietas, pola tanam yang digunakan, yang mencakup seluruh komponen fisik, biologi, kimia, kerja teknologi dan pengelolaan serta kaitannya dengan lingkungan sosial sekitarnya (ekonomi, sosial, budaya)

2. Perencanaan analisis dilakukan dengan membuat tabulasi data pada masing-masing kondisi iklim
3. Pembuatan daftar pertanyaan agar memudahkan proses wawancara
4. Pengambilan contoh
5. Pelaksanaan kerja lapangan
6. Pengolahan data

Keuntungan usahatani didapat dengan mengurangkan nilai produksi/luas dengan total biaya yang dikeluarkan. Secara sederhana keuntungan usahatani untuk setiap komoditas tanaman dapat ditulis persamaan :

$$KUT = NP - TB$$

Dimana :

KUT = Keuntungan usahatani (Rp/ha)

NP = Nilai produksi (Rp/ha)

TB = Total biaya yang dikeluarkan (Rp/ha)

Nilai produksi dicari dari hasil perkalian kuantitas produksi dengan harga satuan. Biaya yang dikeluarkan berupa pembelian sarana produksi (pupuk, bibit, obat-obatan), tenaga dan transportasi. Semua pengeluaran dan biaya merupakan total biaya usahatani.

Sistem usahatani dianalisis secara deskriptif untuk menyusun rekomendasi bagi petani agar adaptif terhadap perubahan iklim.

Metode Pengumpulan Data

Tahap penelitian terdiri dari tahap persiapan meliputi pegumpulan data sekunder, survei dan pengambilan sampel, analisa data, pengambilan kesimpulan, penentuan rekomendasi dan pelaporan. Penentuan jumlah sampel menggunakan rumus Issac dan Michael (1981) dengan tingkat kesalahan 10%, diperoleh jumlah responden di daerah penelitian sebanyak 31 orang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Curah Hujan terhadap Produksi dan Rendemen Tebu di Desa Bakalan tahun 2005-2014

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh model regresi sebagai berikut:

$$Y = 9,109 + 0,206 + (-0,089) + (-0,375) + (-0,316)$$

Persamaan di atas dapat diartikan sebagai berikut:

- a. Koefisien regresi Curah Hujan (X_1) sebesar 0,206, artinya jika Curah Hujan (X_1) meningkat sebesar 1 satuan, maka variabel Y akan meningkat sebesar 0,206.
- b. Koefisien regresi Suhu Rata-rata (X_2) sebesar -0,089, artinya jika Kelembaban (X_2) meningkat sebesar 1 satuan, maka variabel Y akan menurun sebesar 0,089.

- c. Koefisien regresi Kelembaban (X_3) sebesar -0,375, artinya jika Radiasi (X_3) meningkat sebesar 1 satuan, maka variabel Y akan menurun sebesar 0,375.
- d. Koefisien regresi Radiasi Matahari (X_4) sebesar -0,316, artinya jika Radiasi Matahari (X_4) meningkat sebesar 1 satuan, maka variabel Y akan menurun sebesar 0,316.

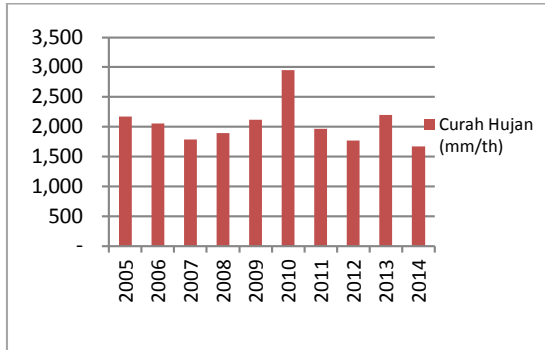
Tabel 1. Hasil Analisis Regresi Linier Berganda terhadap Produksi

Variabel Dependen	Variabel Independen	B	t _{hitung}	p-value	Keterangan
Produksi (Y1)	Konstanta	9.109			
	Curah Hujan (X_1)	0,206	3,328	0,021	Signifikan
	Suhu Rata-rata (X_2)	-0,089	-0,260	0,805	Tidak Signifikan
	Kelembaban (X_3)	-0,375	-1,326	0,242	Tidak Signifikan
	Radiasi Matahari(X_4)	-	-1,191	0,287	Tidak Signifikan
		R ²	= 0,05		
		R	= 0,900		
		Koefisien Determinasi (R ²)	= 0,810 (81%)		
		F-hitung	= 5,326		
		F-tabel	= 5,19		
		T-tabel	= 2,571		

Berdasarkan data rata-rata curah hujan tahunan sepuluh tahun terakhir yaitu tahun 2005-2014, Kecamatan Bululawang masih ideal sebagai sentra budidaya tebu. Diketahui bahwa curah hujan terendah pada tahun 2014 sebesar 1669 mm/th dimana hampir sepanjang tahun terjadi hujan namun intensitasnya rendah (Gambar 1). Pada tahun 2013 curah hujan yang terjadi lebih cenderung normal apabila dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Sedangkan untuk curah hujan yang tinggi terjadi pada tahun 2010 sebesar 2954 mm/th, hujan dengan intensitas yang tinggi turun sepanjang tahun.

Kebutuhan air tanaman tebu berbeda dalam setiap fase pertumbuhan. Berdasarkan kebutuhan air dalam setiap fase pertumbuhan maka curah hujan bulanan ideal di wilayah penanaman tebu adalah 200mm/bulan pada 5-6 bulan berturut-turut, 125 mm/bulan pada 2 bulan transisi dan kurang dari 75 mm/bulan pada 4-5 bulan berturut-turut [3]. Tanaman tebu tumbuh normal apabila pada masa pertumbuhan vegetatif (umur 6 sampai 7 bulan) cukup mendapat air. Pada fase pematangan batang memerlukan 2 hingga 4 bulan kering, curah hujan yang berlebihan pada fase ini dapat

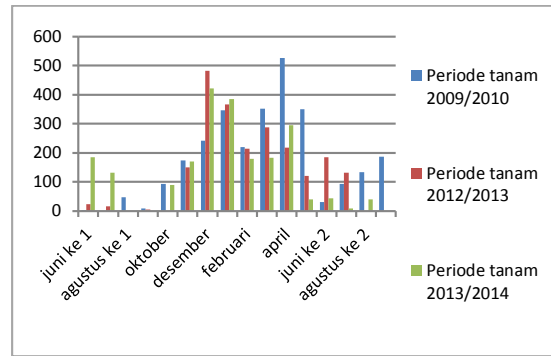
menurunkan rendemen. Berdasarkan kriteria kesesuaian lahan rata-rata curah hujan yang sangat sesuai berkisar antara 1500-4000 mm setiap tahun [4].



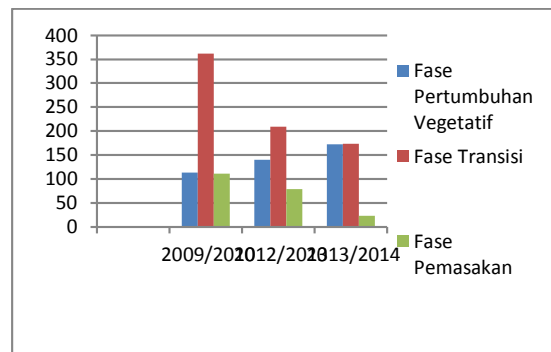
Gambar 1. Curah hujan (mm/th) di kecamatan Bululawang berdasarkan stasiun pengamatan klimatologi Karangploso

Gambar 2 menunjukkan pengamatan curah hujan tanaman tebu di daerah penelitian diamati mulai bulan Juni tahun pertama dalam satu periode tanam hingga September tahun kedua dalam satu periode tanam. Dalam satu kali periode tanam berlangsung antara bulan Juni hingga September tahun berikutnya. Fase pertumbuhan tebu di daerah penelitian dibagi menjadi tiga fase yaitu fase Pertumbuhan Vegetatif yang berlangsung pada bulan Juni tahun pertama hingga bulan Januari tahun kedua, fase Transisi yaitu pada bulan Februari hingga Mei tahun kedua sedangkan fase Pemasakan berlangsung pada bulan Juni hingga September tahun kedua.

Pada periode tanam 2009/2010 rata-rata curah hujan yang turun saat pertumbuhan vegetatif paling sedikit dibandingkan dengan dua periode tanam yang lain yaitu sebesar 113 mm/bln (Gambar 3). Sedangkan pada fase Transisi hingga fase Pemasakan curah hujan yang turun lebih tinggi dibandingkan dua periode tanam yang lain. Hal ini diduga mendorong pertumbuhan optimum batang tebu. Pada periode panen yaitu berkisar pada bulan Juni hingga September tahun 2010 curah hujan yang turun masih tinggi dengan rata-rata 111mm/bln. Hujan turun hampir setiap hari pada masa panen 2010 yang disebut juga sebagai tahun La Nina 2010, sehingga bobot tanaman tebu juga optimal saat ditebang.



Gambar 2. Curah hujan (mm/bln) pada berbagai periode Tanam



Gambar 3. Curah hujan (mm/bln) pada berbagai fase Pertumbuhan tanaman tebu

Pada periode tanam 2012/2013 dianggap peneliti sebagai kondisi iklim normal atau curah hujan yang turun pada periode penanaman tebu saat itu adalah curah hujan yang cenderung normal dibandingkan pada dua periode tanam yang lain. Pada periode ini hasil produksi juga lebih rendah dari periode tanam 2009/2010 seperti yang terlihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 2. Curah hujan (mm/bln) dan Produksi rata-rata tanaman tebu pada berbagai periode tanam.

Periode Tanam	Curah hujan (mm/bln)			Produksi rata-rata (ku/ha)
	Fase Pertumbuhan Vegetatif	Fase Transisi	Fase Pemasakan	
2009/2010	113,7	361,5	111	1045,32
2012/2013	140,5	209,7	78,8	1016,87
2013/2014	172,5	173,8	23,3	943,77

Pada periode tanam 2013/2014 dimana curah hujan yang turun sepanjang periode tersebut paling sedikit dibanding dua periode lain didapatkan hasil produksi paling rendah. Pada fase pertumbuhan curah hujan yang turun cukup

tinggi yaitu mencapai 172,5 mm/bln hingga memasuki masa transisi curah hujan masih relatif stabil yaitu 173,8 mm/bln. Namun begitu masuk pada fase Pemasakan hampir tidak terjadi hujan, dalam rata-rata intensitas hujan sangat rendah yaitu 23,3 mm/bln. Hal tersebut dapat mengurangi kadar air dalam batang tebu sehingga dapat menurunkan produksi tebu. Sehingga dalam Tabel 2 terlihat bahwa produksi tebu pada periode tanam 2013/2014 paling rendah dibandingkan dua periode lain. Maka, produksi tebu berbanding lurus dengan intensitas curah hujan. Hal ini sesuai dengan hasil analisis regresi berganda diatas bahwa curah hujan berpengaruh signifikan terhadap produksi tebu.

Tabel 3. Hasil Analisis Regresi Linier Berganda pada variabel Rendemen (%)

Variabel Dependen	Variabel Independen	B	t _{hitung}	p-value	Keterangan
Produksi (Y1)	Konstanta	3.360			
	Curah Hujan (X ₁)	-0,645	-5,736	0,002	Signifikan
	Suhu Rata-rata (X ₂)	0,016	0,025	0,981	Tidak Signifikan
	Kelembaban (X ₃)	0,659	1,281	0,256	Tidak Signifikan
	Radiasi Matahari(X ₄)	0,102	0,211	0,841	Tidak Signifikan
α		= 0,05			
R		= 0,959			
Koefisien Determinasi (R ²)		= 0,920 (92%)			
F-hitung		= 14,282			
F-tabel		= 5,19			
T-tabel		= 2,571			

Dari Tabel diatas diperoleh model regresi sebagai berikut:

$$Y = 3,360 + (-0,645) + 0,016 + 0,659 + 0,102$$

Persamaan di atas dapat diartikan sebagai berikut :

- Koefisien regresi Curah Hujan (X₁) sebesar -0,645, artinya jika Curah Hujan (X₁) meningkat sebesar 1 satuan, maka variabel Y akan menurun sebesar 0,645.
- Koefisien regresi Suhu Rata-rata (X₂) sebesar 0,016, artinya jika Suhu Rata-rata (X₂) meningkat sebesar 1 satuan, maka variabel Y akan meningkat sebesar 0,016.
- Koefisien regresi Kelembaban (X₃) sebesar 0,659, artinya jika Suhu Rata-rata (X₃) meningkat sebesar 1 satuan, maka variabel Y akan meningkat sebesar 0,659.
- Koefisien regresi Radiasi Matahari (X₄) sebesar 0,102, artinya jika Radiasi Matahari (X₄) meningkat sebesar 1 satuan,

maka variabel Y akan meningkat sebesar 0,102.

Pengaruh curah hujan terhadap rendemen pada hasil analisis regresi berganda didapatkan bahwa curah hujan berpengaruh signifikan terhadap rendemen tebu. Untuk memperoleh rendemen yang maksimal erat kaitannya dengan fase Pemasakan. Dalam fase pemasakan air dalam batang tebu membentuk sukrose yang nantinya akan diekstraksi menjadi gula kristal di Pabrik Gula. Pada fase ini rendemen tebu akan maksimal apabila iklim dalam keadaan kering. Pada penelitian ini pembentukan rendemen diamati pada bulan Juni hingga September tahun kedua pada tiap periode tanam.

Tabel 4. Curah hujan (mm/bln) dan Rendemen rata-rata tanaman tebu pada berbagai periode tanam.

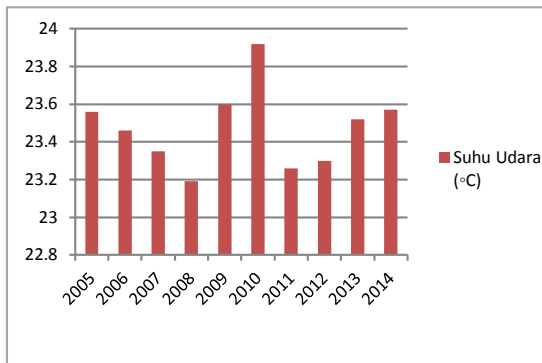
Pada Tabel 4 diatas dapat diketahui bahwa semakin tinggi curah hujan yang turun pada fase Pemasakan semakin rendah rendemen dan semakin rendah curah hujan yang turun akan menaikkan rendemen tanaman tebu. Hal ini disebabkan air hujan akan mengganggu pembentukan sukrose dalam batang, karena sukrose dibentuk melalui proses fotosintesis yang optimal dikebun. Selain itu air hujan juga dapat meluruhkan rendemen dalam batang tebu sehingga menyebabkan penurunan kadar rendemen.

2. Pengaruh Suhu Udara terhadap Produksi dan Rendemen Tebu

Periode Tanam	Curah hujan (mm/bln)			Rendemen (%)
	Fase			
	Fase Pertumbuhan Vegetatif	Fase Transisi	Fase Pemasakan	
2009/2010	113,7	361,5	111	6,10
2012/2013	140,5	209,7	78,8	7,51
2013/2014	172,5	173,8	23,3	8,32

Hasil dari analisis uji parsial suhu terhadap produksi tebu diperoleh nilai t hitung sebesar -0.260 sedangkan nilai t tabel dengan derajat bebas 5 (n-k-1)= 2,571. Bila dibandingkan maka nilai t hitung < t tabel (-0.260 < 2,571). Pengujian ini menunjukkan bahwa Ho diterima sehingga disimpulkan bahwa Kelembaban (X₂) berpengaruh tidak signifikan terhadap Produksi (Y₁). Hal ini disebabkan perbedaan suhu udara

pada setiap tahun tidak berbeda signifikan.



Gambar 4. Suhu Udara rata-rata kecamatan Bululawang berdasarkan stasiun pengamatan klimatologi Karangploso

Berdasarkan data sepuluh tahun terakhir suhu udara rata-rata di daerah penelitian adalah 23,47 °C hal tersebut masih sesuai untuk budidaya tebu. Pada Gambar 4 diatas dapat dilihat bahwa suhu udara terendah pada tahun 2008 dan tertinggi pada tahun 2010. Sedangkan pengamatan suhu pada berbagai periode tanam pada Tabel 5 dibawah terlihat bahwa pengamatan suhu udara pada berbagai periode tanam yang diamati pada fase Pemasakan tidak mempunyai korelasi.

Tabel 5. Suhu Udara, Produksi dan Rendemen pada berbagai periode tanam

Periode Tanam	Suhu Udara (°C)	Produksi (ku/ha)	Rendemen (%)
2009/2010	23,55	1045,32	6,1
2012/2013	22,675	1016,87	7,51
2013/2014	23,075	943,77	8,32

Sumber: KUD Sari Bumi (2015)

Berdasarkan hasil analisis uji parsial suhu udara terhadap rendemen diperoleh nilai t hitung sebesar 0,025 sedangkan nilai t tabel dengan derajat bebas 5 ($n-k-1= 2,571$). Bila dibandingkan maka nilai t hitung < t tabel ($0,025 < 2,571$). Pengujian ini menunjukkan bahwa H_0 diterima sehingga disimpulkan bahwa Suhu Rata-rata (X_2) berpengaruh tidak signifikan terhadap Rendemen (Y_2). Hal tersebut juga terlihat pada tabel 5 dimana tidak ditemukan korelasi antara suhu udara dan rendemen.

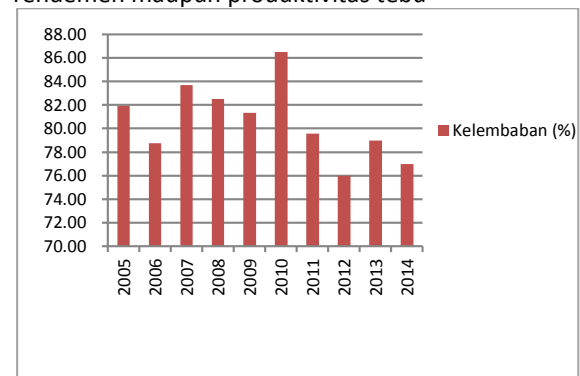
Pengaruh suhu pada pertumbuhan dan pembentukan sukrosa terjadi pada siang hari dan sukrosa yang terbentuk akan ditimbun pada batang dimulai dari ruas paling bawah pada malam hari. Maka dari itu perbedaan suhu antara siang dan malam tidak boleh lebih dari 10°C.

3. Pengaruh Kelembaban Udara terhadap Produksi dan Rendemen Tebu

Berdasarkan analisis parsial (uji t) tentang pengaruh kelembaban terhadap produktivitas tebu diperoleh t hitung sebesar -1.191 sedangkan nilai t tabel dengan derajat bebas 5 ($n-k-1= 2,571$). Bila dibandingkan maka nilai t hitung < t tabel ($-1.191 < 2,571$). Pengujian ini menunjukkan bahwa H_0 diterima sehingga disimpulkan bahwa Radiasi (X_3) berpengaruh tidak signifikan terhadap Produksi (Y_1). Hal ini disebabkan perbedaan kelembaban pada Fase Pemasakan antar periode tanaman tidak berbeda jauh.

Sedangkan hasil analisis parsial (uji t) kelembaban terhadap rendemen diperoleh nilai t hitung sebesar 1,281 sedangkan nilai t tabel dengan derajat bebas 5 ($n-k-1= 2,571$). Bila dibandingkan maka nilai t hitung < t tabel ($1,281 < 2,571$). Pengujian ini menunjukkan bahwa H_0 diterima sehingga disimpulkan bahwa Kelembaban (X_3) berpengaruh tidak signifikan terhadap Rendemen (Y_2). Hal ini disebabkan perbedaan kelembaban pada fase Pemasakan antar periode tanaman tidak berbeda jauh.

Berdasarkan data dari BMKG Karangploso kelembaban rata-rata pada sepuluh tahun terakhir di Kecamatan Bululawang masih sesuai dengan budidaya tebu. Kelembaban udara erat kaitannya dengan jumlah uap air di udara. Tanaman tebu dapat tumbuh optimal pada kelembaban kurang dari 70%. Apabila kelembaban terlalu tinggi akan memicu pertumbuhan jamur sehingga akan menurunkan rendemen maupun produktivitas tebu



Gambar 5. Kelembaban udara rata-rata kecamatan Bululawang berdasarkan stasiun pengamatan klimatologi Karangploso

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui kelembaban tertinggi pada tahun 2010 dan terendah pada tahun 2012. Pada tahun 2010 disebut juga tahun La Nina 2010 hampir terjadi hujan sepanjang tahun sehingga kelembaban

udara juga tinggi.

Pada Tabel 6 dibawah pengamatan pada fase Pemasakan ditemukan korelasi terbalik bahwa semakin tinggi kelembaban maka semakin rendah produksi dan semakin tinggi rendemen. Sebaliknya, semakin rendah kelembaban maka semakin tinggi produksi dan semakin rendah rendemen. Kelembaban udara berhubungan erat dengan curah hujan, dimana semakin tinggi intensitas hujan maka kelembaban udara semakin tinggi dan semakin rendah curah hujan maka semakin rendah tingkat kelembaban.

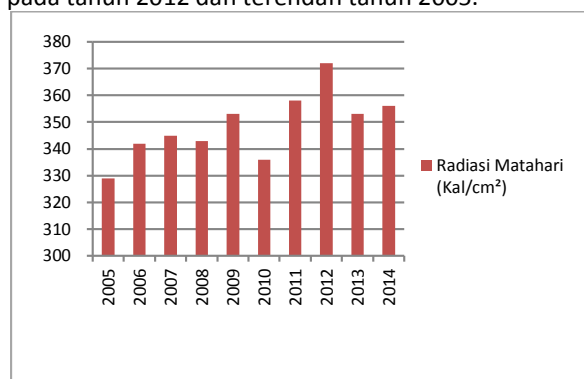
Tabel 6. Kelembaban, Produksi dan Rendemen pada berbagai periode tanam

Periode Tanam	Kelembaban (°C)	Produksi (ku/ha)	Rendemen (%)
2009/2010	79,75	1045,32	6,1
2012/2013	76,68	1016,87	7,51
2013/2014	75,21	943,77	8,32

Sumber: KUD Sari Bumi (2015)

4. Pengaruh Radiasi Matahari terhadap Produksi dan Rendemen Tebu

Tanaman tebu memerlukan radiasi matahari untuk proses pertumbuhannya, terutama dalam proses fotosintesis guna menghasilkan gula. Radiasi matahari dipengaruhi oleh intensitas dan penyebaran curah hujan. Berdasarkan Gambar 5.10 dibawah dapat diketahui intensitas Radiasi Matahari tertinggi pada tahun 2012 dan terendah tahun 2005.



Gambar 6. Radiasi Matahari rata-rata kecamatan Bululawang berdasarkan stasiun pengamatan klimatologi Karangploso

Berdasarkan analisis parsial (uji t) mengenai pengaruh radiasi matahari terhadap produksi tebu diperoleh nilai t hitung sebesar -1.191 sedangkan nilai t tabel dengan derajat bebas 5 (n-k-1)= 2,571. Bila dibandingkan maka nilai t hitung < t tabel (-1.191< 2,571). Pengujian ini menunjukkan bahwa Ho diterima sehingga

disimpulkan bahwa Radiasi (X_3) berpengaruh tidak signifikan terhadap Produksi (Y_1). Hal ini disebabkan perbedaan radiasi matahari pada fase Pemasakan antar periode tanaman tidak berbeda jauh.

Tabel 7. Radiasi Matahari, Produksi dan Rendemen pada berbagai periode tanam

Periode Tanam	Radiasi Matahari (Kal/cm²)	Produksi (ku/ha)	Rendemen (%)
2009/2010	328,55	1045,32	6,1
2012/2013	344,36	1016,87	7,51
2013/2014	352,07	943,77	8,32

Sumber: KUD Sari Bumi (2015)

Pengamatan Radiasi Matahari saat Fase Pemasakan pada Tabel 7 diatas juga dapat dilihat korelasi terbalik antara radiasi dan produksi, dimana semakin besar radiasi matahari semakin rendah produksi. Sedangkan semakin kecil radiasi matahari maka semakin tinggi produksi tebu. Korelasi lurus dengan rendemen, dimana semakin besar radiasi matahari semakin tinggi rendemen. Sedangkan semakin rendah radiasi matahari maka semakin rendah rendemen tebu.

Sedangkan analisis parsial (uji t) mengenai pengaruh radiasi matahari terhadap rendemen tebu diperoleh t hitung sebesar 0,211 sedangkan nilai t tabel dengan derajat bebas 5 (n-k-1)= 2,571. Bila dibandingkan maka nilai t hitung < t tabel (0,211< 2,571). Pengujian ini menunjukkan bahwa Ho diterima sehingga disimpulkan bahwa Radiasi Matahari (X_3) berpengaruh tidak signifikan terhadap Rendemen (Y_2). Hal ini disebabkan perbedaan radiasi matahari pada Fase Pemasakan antar periode tanaman tidak berbeda jauh.

Rendemen dibentuk melalui reaksi fotosintesis yang melibatkan klorofil dan radiasi matahari, CO₂ juga air, dengan hasil berupa gula yang kemudian ditranslokasikan dan disimpan dalam batang tebu. Apabila radiasi matahari kurang optimal karena adanya hujan berkepanjangan, dapat mengakibatkan kapasitas fotosintesis tidak optimal dan berakibat pada menurunnya rendemen.

5. Tingkat Pendapatan Petani Tebu pada Berbagai Iklim

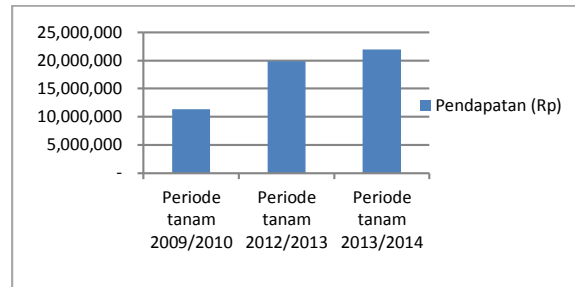
Pendapatan petani tebu berjalan seiring dengan perolehan rendemen dan produktivitas tanaman. Pendapatan petani tebu merupakan sisa dari penerimaan dikurangi output yang terdiri dari biaya tetap dan variabel. Biaya tetap berupa

biaya sewa tanah, sedangkan variabel terdiri dari harga bibit, harga pupuk, tenaga kerja, dan biaya tebang angkut (Tabel 8).

Tabel 8. Rata-rata biaya, penerimaan dan pendapatan petani tebu per hektar per satu kali masa tanam

No	Uraian	Periode Tanam 2009/2010	Periode Tanam 2012/2013	Periode Tanam 2013/2014
1.	Penerimaan (Rp/ha)			
	a. Produksi tebu (kw/ha)	1045,32	1016,87	943,77
	b. Rendemen (%)	6,1	7,51	8,32
	c. Produksi gula (Rp/kg)	6386,58	7637,68	7852,20
	d. Harga gula (Rp)	6350	7800	8200
	e. Produksi tetes (kg/ha)	383,19	458,26	471,13
	f. Harga tetes (Rp/kg)	1600	2750	3000
	Total penerimaan (Rp/ha)	27.379.285	40.579.021	43.909.510
2.	Biaya (Rp/ha)			
	a. Tetap (Rp/ha)			
	Sewa tanah (Rp/ha)	5.000.000	6.500.000	7.000.000
	b. Variabel (Rp/ha)			
	Bibit (Rp/ha)	139.400	0	0
	Pupuk (Rp/ha)	1.549.320	1.859.184	2.136.102
	Pestisida (Rp/ha)	454.560	505.600	505.600
	Tenaga kerja (Rp/ha)	4.320.143	5.184.171	5.184.171
	Tebang angkut (Rp/ha)	4.547.502	6.664.604	7.121.827
	Total biaya	16.010.925	20.713.559	21.947.700
3.	Pendapatan	11.368.360	19.865.462	21.961.810

Secara grafik dapat dilihat pada Gambar 7 bahwa pendapatan petani pada setiap musim tanam akan berbeda. Pada periode tanam 2009/2010 dimana terjadi La Nina biaya yang dikeluarkan akan besar terutama untuk biaya tebang angkut. Selain itu pada saat itu petani yang menanam tebu ungaran harus membeli bibit di koperasi. Namun saat ini bibit tebu dibagikan secara gratis oleh Pabrik Gula sehingga apabila petani menanam tebu ungaran tidak perlu membeli bibit. Meskipun begitu sebagian besar petani masih enggan untuk menanam tebu ungaran dikarenakan biaya tenaga kerja dan pengolahan lahan dirasa masih berat.



Gambar 7. Rata-rata pendapatan petani per satu kali periode tanam

a. Variabel Penerimaan

Penerimaan pendapatan terdiri dari :

$$\text{Produksi Gula (kg/ha)} = \text{Produksi tebu (ku/ha)} \times \text{Rendemen (\%)} \\ \text{Produksi tetes (kg/ha)} = \text{Produksi Gula (kg/ha)} \times 6\%$$

Sehingga total penerimaan terdiri dari :

$$\text{Penerimaan} = (\text{Produksi Gula (kg/ha)} \times \text{Harga Gula (Rp)} \times 66\%) + (\text{Produksi tetes (kg/ha)} \times \text{Harga Tetes (Rp)})$$

Variabel penerimaan produksi tebu dan rendemen tidak dapat terpisah. Semakin tinggi produksi dan rendemen maka semakin besar penerimaan petani. Semakin rendah produksi dan rendemen maka semakin rendah penerimaan. Namun tinggi rendahnya produksi tidak berkaitan langsung dengan tinggi rendahnya rendemen. Pada daerah penelitian diketahui tren yang sama pada ketiga periode tanam bahwa apabila produksi meningkat diikuti penurunan rendemen. Hal ini menyebabkan pendapatan petani pada satu periode tanam tidak berbeda signifikan.

b. Variabel Biaya

Variabel biaya terdiri dari biaya sewa yang merupakan biaya tetap. Biaya sewa pada tiap periode akan berbeda mengikuti nilai inflasi tanah yang berlaku pada periode tersebut. Sedangkan biaya tidak tetap meliputi pembelian bibit, pengadaan pupuk dan pestisida, biaya tenaga kerja dan tebang angkut.

Pada periode tanam 2009/2010 petani tebu yang melakukan bongkar tanaman atau penanaman tebu ungaran masih mengeluarkan biaya pembelian bibit. Namun mulai tahun 2011 bibit dibagikan gratis oleh Pabrik Gula Krebet. Sehingga setelah tahun 2011 tidak ada pengeluaran untuk biaya pembelian bibit. Biaya tenaga kerja dan tebang angkut pada musim panen 2010 juga relatif tinggi pada tahun itu dikarenakan saat panen berlangsung rata-rata

terjadi hujan. Sehingga biaya tenaga kerja meningkat karena harus menambah sumberdaya manusia di kebun. Biaya angkut juga mengalami kenaikan dikarenakan truk sulit masuk kedalam kebun dan membawa bobot tebu yang lebih berat karena basah sehingga biaya bertambah.

Pada periode tanam 2012/2013 dan periode tanam 2013/2014 petani di daerah penelitian menanam tebu keprasan sehingga tidak ada pengeluaran biaya bongkar tanaman. Namun seiring dengan nilai inflasi ekonomi terjadi kenaikan harga pupuk, pestisida dan secara otomatis biaya tenaga kerja dan tebang angkut. Biaya angkut juga beberapa kali mengalami kenaikan dikarenakan mengikuti kenaikan BBM pada tahun 2013 dan 2014.

c. Pendapatan

Untuk menghitung pendapatan petani seperti dibawah ini :

Pendapatan (Rp) = Total penerimaan (Rp) – Biaya (Rp)

Pendapatan petani setiap tahun mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan Harga Pokok Penjualan (HPP) Gula dan Tetes Tebu. Selain itu faktor-faktor dalam variabel penerimaan dan biaya juga berperan dalam menghitung pendapatan petani. Pada ketiga periode tanam ditemukan perbedaan pendapatan yang signifikan dengan dipengaruhi faktor-faktor yang telah diuraikan diatas.

Upaya Adaptasi Petani Tebu dalam Menghadapi Berbagai Kondisi Iklim

Perubahan iklim dalam skala mikro yang terjadi di daerah penelitian telah mendorong petani untuk mengambil tindakan agar kelangsungan usahatani tetap berlangsung. Hasil pengamatan adaptasi usahatani tebu di daerah penelitian terhadap perubahan iklim memang belum berdampak besar. Hal tersebut disebabkan oleh kaitan erat hasil rendemen dan produksi tebu. Dimana semakin tinggi rendemen tidak selalu diimbangi produksi yang tinggi, sebaliknya semakin tinggi produksi tebu tidak selalu diimbangi dengan rendemen yang tinggi.

Produksi tebu dan rendemen akan diserahkan Pabrik Gula untuk dihargai dengan harga gula dan pembagian hasil tetes tebu. Sehingga produksi dan rendemen harus mendapat hasil maksimal untuk memperoleh pendapatan yang tinggi. Namun dengan adanya perubahan iklim pada sepuluh tahun terakhir menyebabkan rata-rata produksi di daerah penelitian terus menurun tetapi rendemen meningkat.

Upaya petani di daerah penelitian untuk meningkatkan rendemen disaat produksi menurun merupakan upaya adaptasi terhadap perubahan iklim. Adapun upaya yang dilakukan petani antara lain :

- Menyesuaikan waktu tanam khusus untuk tebu bongkar ratun atau tebu ungaran.
- Pemilihan varietas dan bibit unggul. Pemilihan varietas tebu berumur pendek untuk menghadapi kondisi musim hujan yang panjang dan varietas tebu berumur panjang untuk menghadapi kondisi musim kemarau yang panjang.
- Pemupukan organik dengan pemupukan kompos atau pupuk kandang untuk memperbaiki porositas tanah.
- Pembuatan embung didalam kebun untuk mengantisipasi kemarau panjang.

Upaya meningkatkan rendemen seharusnya tidak hanya dilakukan oleh petani saja melainkan semua stake holder yaitu petani, Koperasi Unit Desa dan Pabrik Gula. Karena dalam industri gula ketiga komponen stake holder tersebut mempunyai peran yang sama besar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dalam penelitian ini diketahui bahwa curah hujan secara signifikan mempengaruhi hasil produksi maupun rendemen tebu. Selain itu terdapat perbedaan signifikan pada pendapatan tebu untuk setiap periode tanam namun belum ada upaya adaptasi yang maksimal dari petani untuk menghadapi berbagai kondisi iklim.

Saran

Petani diharapkan mengetahui informasi iklim lebih awal untuk menunjang kegiatan usahatani tebu. Sehingga petani dapat memilih waktu yang tepat dalam melakukan penanaman atau pemanenan tebu sehingga menghasilkan produksi dan rendemen tebu sebaik mungkin. Upaya adaptasi perubahan iklim dilakukan petani sebagai upaya mempertahankan atau meningkatkan pendapatan, sehingga teknologi penyimpanan air seperti pembuatan embung harus diperbanyak untuk mempertahankan ketersediaan air dalam menghadapi musim kemarau panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diucapkan kepada dosen pembimbing dan dosen penguji atas ilmu,

saran serta motivasinya kepada penulis selama penelitian berlangsung. Selain itu kepada masyarakat desa Bakalan kecamatan Bululawang sebagai obyek penelitian, rekan-rekan PSLP dan segenap karyawan yang telah memberikan bantuannya selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1].Nuryanti, Sri. 2010. Usahatani Tebu pada Lahan Sawah Tegalan di Yogyakarta dan Jawa Tengah. *Jurnal Ekonomi Rakyat*. Available at <http://www.ekonomirakyat.org> (verified 8 Mar 2015)
- [2].Mustajab, Muslich., Fahriyah, Ifti Hana. 2012. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Pendapatan Petani Tebu (Studi Kasus pada KPTR (Koperasi Petani Tebu Rakyat) "Tani Mulya" di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur). *Jurnal Agrise* Vol. XII (1) ; 74-86
- [3].Indrawanto, dkk., 2010. Budidaya dan Pasca Panen Tebu. Jakarta : ESKA Media
- [4].Supriadi. 1992. Menduga Potensi Rendemen. P3GI. Pasuruan
- [5].Deressa, T., R. Hassan, D. Poonyth. 2005. Measuring the Impact of Climate Change on South African Agriculture : The Case of Sugarcane Growing regions. *Agrekon*, Vol. 4 No. 4
- [6].Djaenuddin, D. Basuni, Hardjowigeno, H. Subagyo, M. Soekardi. 2003. *Kesesuaian Lahan unutup tanaman pertanian dan Kehutanan*. Lap. Tek. No. 7 ver 1.0 LREP. II Part C. CSAR. Bogor.
- [7].Hermantoro. 2011. Pengaruh Perubahan Iklim pada Produktivitas Perkebunan Kelapa Sawit Menggunakan Model Jaringan Syaraf Tiruan. *Seminar Mekanisasi Pertanian 2011*. Serpong.
- [8].Boken, A.P. Cracknell, and R.L. Heathcot (Eds.). *Monitoring and Predicting Agricultural Drought: A global study*. Oxford Univ. Press.
- [9].Irianto, G. 2003. Implikasi Penyimpangan Iklim Terhadap Tataguna Lahan. Makalah pada *Seminar Nasional Ilmu Tanah dengan tema Menggagas Strategi Alternatif dalam Menyiasati Penyimpangan Iklim serta Implikasinya pada Tataguna Lahan dan Ketahanan Pangan Nasional* di Universitas Gajah Mada. Yogyakarta, 24 Mei 2003, Yogyakarta – Indonesia.
- [10].Marin, R., Fabio, James W. Jones, Abraham Singels. 2013. Climate change impacts on sugarcane attainable yield in southern Brazil. *Climate Change* (2013) 117 ; 227-239
- [11]. Boer, R. and A.R. Subbiah. 2005. Agriculture drought in Indonesia. p. 330-344. *In* V. S.
- [12].Nasrullah. 2011. Perubahan Iklim dan Tren Data Iklim. Bidang Informasi Perubahan Iklim BMKG
- [13]. Arifin. 2010. Modul Klimatologi. Fakultas Pertanian : Universitas Brawijaya. Malang
- [14].Soemarno. 2010. Bagaimana Meningkatkan Rendemen Tebu?. Program Pascasarjana Universitas Brawijaya. Malang
- [15]. Daryono. 2002. Identifikasi Unsur Iklim, Sifat Hujan, Evaluasi Zone Iklim Oldeman dan Schmidt. Ferguson Daerah Bali Berdasarkan Pemutakhiran Data. Tesis, Tidak Dipublikasikan. Program Studi Magister Pertanian Lahan Kering. Program Pascasarjana Universitas Udayana. Denpasar
- [16].World Bank. 2011. Adaptasi terhadap Perubahan Iklim. Policy Brief World Bank