

**MODEL MATEMATIK HUBUNGAN VARIABEL IKLIM DAN PRODUKSI PADI GOGO :  
STUDI KASUS DI GUNUNG KIDUL  
(MATHEMATICAL MODEL ON CLIMATIC VARIABLES AND RICE YIELD RELATIONSHPS :  
CASE STUDY IN GUNUNG KIDUL)**

**Putu Sudira \*, Sukirno\*, dan Sunarwanto \*\***

**ABSTRACT**

The study was conducted in Playen, Gunung Kidul District, Yogyakarta Province. The daily climatic data gathered including rainfall, sunshine duration, and relative humidity. These data was analysed by taking into account the average 5 (five) days climatic data. The first mathematical model developed by Fisher that relates climatic data to the yield of the crops was used in this study by transferring the model into the polynomial orthogonal equation. The results indicated that the only rainfall model is significant during the study. Meanwhile, the model of sunshine duration and relative humidity are not significant. The availability of rainfall during the growing period of upland rice in Playen, Gunung Kidul is more than enough for the plantation of rice.

**Key words :** mathematical model, rainfall, sunshine duration, relative humidity, polynomial orthogonal.

**PENDAHULUAN**

**Latar Belakang Masalah**

Beras merupakan bahan makanan pokok bagi penduduk Indonesia. Oleh sebab itu budidaya tanaman padi perlu terus dikembangkan termasuk di daerah tadah hujan yang belum ada irigasi teknis seperti halnya di Gunungkidul.

Walaupun tidak dapat dimodifikasi, kebutuhan optimum variabel cuaca bagi pertumbuhan dan produksi tanaman padi dapat dipenuhi atau paling sedikit diperkecil kendalanya dengan melakukan penyesuaian sistem penanamannya, misalnya dengan melakukan perubahan tanggal tanam, jarak tanam dan sistem larikan yang berpengaruh terhadap tatapan angin dan radiasi surya.

Beberapa model telah dikembangkan untuk menghubungkan pengaruh variabel iklim terhadap produksi tanaman seperti Huda, dkk. (1976) yang mempelajari kontribusi variabel iklim untuk memprediksi produksi jagung, Hill, dkk. ((1979) yang mempelajari pengaruh variabel iklim terhadap produksi kedele, demikian pula Sudira, (1985) mempelajari pengaruh variabel iklim pada masing-masing tingkat pertumbuhan tanaman terhadap produksi kedele. Apabila model-model ini dikaitkan dengan model yang dapat dipergunakan untuk memprediksi saat awal musim hujan (Jollife dan Sarria, 1994, Matyasovzky, dkk. 1993, dan Krishnamurti, dkk. 1995) serta model yang dapat dipergunakan untuk memprediksi perubahan iklim regional (Willby, 1994), kiranya dapat diusahakan untuk dapat menanam padi lahan kering sesuai dengan kebutuhan variabel iklimnya.

Dalam penelitian ini akan dianalisis pengaruh beberapa variabel cuaca kumulatif lima harian, yaitu curah hujan, kelembaban relatif dan lama penyinaran terhadap hasil padi gogo dan pengaruh perubahan-perubahan variabel cuaca dalam setiap tahap pertumbuhan padi gogo yang dimanifestasikan pada produksi akhirnya.

**Tujuan Penelitian.**

Penelitian ini bertujuan :

- (1) untuk mengetahui pengaruh distribusi varabel iklim pada setiap fase pertumbuhan tanaman terhadap produksi padi gogo dan
- (2) mengembangkan model hubungan variabel iklim dan produksi padi gogo yang dapat digunakan untuk memprediksi produksi padi di Gunung Kidul khususnya padi gogo.

**Kegunaan Penelitian.**

Selain melalui ekstensifikasi dan intensifikasi, faktor iklim sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi padi, terutama curah hujan dan penyinaran matahari. Ketidaktepatan penyediaan lengas tanah oleh hujan berpengaruh terhadap pertumbuhan padi gogo sehingga akan mempengaruhi produksi bahkan dapat menyebabkan kematian tanaman padi gogo. Selain hujan, radiasi surya memegang peranan dalam proses fotosintesis yang dapat menghasilkan karbohidrat sebagai pembentuk beras. Sedangkan kelembabaan relatif berpengaruh pada penguapan dan serangan hama dan penyakit tanaman. Dengan melakukan analisis cuaca pada setiap tingkat pertumbuhan tanaman padi gogo, maka dapat diketahui besarnya pengaruh variabel cuaca pada masing-masing tingkat pertumbuhan tanaman terhadap produksi akhir.

**METODE PENELITIAN**

**Kerangka Teori**

Orang yang pertama kali mempelajari hubungan antara variabel cuaca dan hasil tanaman adalah Fisher yang dikutip oleh Davis dan Pallessen (1940), yang menyatakan bahwa curah hujan yang terjadi setiap saat selama pertumbuhan tanaman berpengaruh terhadap hasil akhir, yang dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$Y = C + \int_0^T a(t).x(t)dt \quad (1)$$

di mana  $x(t)$  adalah curah hujan yang terjadi selama

\* Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian, UGM

\*\* Alumni Fakultas Teknologi Pertanian, UGM

periode  $t$  dan  $a(t)$  adalah fungsi waktu yang menyatakan hubungan fisiologis tanaman antara hujan pada sembarang waktu  $t$  dan hasil akhir. Persamaan (1) menunjukkan bahwa produksi akhir tanaman merupakan penjumlahan antara hasil kali curah hujan ( $x$ ) dan fungsi hasil ( $a$ ) selama pertumbuhan tanaman dengan suatu konstanta  $[C]$ . Nilai  $a(t)$  merupakan fungsi kontinu dan dapat berubah perlahan-lahan.

Dengan melihat  $a(t)$  sebagai fungsi kontinu yang dapat berubah perlahan-lahan, maka nilainya dapat didekati dengan persamaan polinomial ortogonal sebagai berikut :

$$Y = C + \int_0^T a x dt \quad (2)$$

di mana  $x$  adalah variabel iklim yang mempengaruhi tanaman pada waktu  $dt$  dan  $a$  adalah fungsi kontinu yang dapat didekati dengan persamaan polinomial berikut :

$$a = a_0 T_0 + a_1 T_1 + a_2 T_2 + \dots \quad (3)$$

di mana  $T$  adalah fungsi ortogonal waktu. Apabila persamaan (3) disubstitusikan ke persamaan (2) maka diperoleh :

$$Y = C + \int_0^T (a_0 T_0 + a_1 T_1 + a_2 T_2 + \dots) x dt$$

$$Y = C + a_0 \int_0^T T_0 x dt + a_1 \int_0^T T_1 x dt + \dots \quad (4)$$

Nilai  $\int_0^T T_i x dt$  dapat dihitung apabila polinomial dan ortogonal diplotkan terhadap keadaan cuaca berurutan setiap tahun. Dengan memasukkan nilai-nilai ini kedalam persamaan (4) maka koefisien  $a_0, a_1, a_2$  dapat dihitung menggunakan metode regresi ganda.

#### Analisis Model.

Untuk mengidentifikasi pengaruh iklim pada fase pertumbuhan tanaman, maka data meteorologi dikumpulkan mulai dari saat tanam sampai menjelang panen. Kriteria fase pertumbuhan tanaman padi mengikuti pola yang dikembangkan oleh Sudarsono, 1984 (Tabel 1)

Tabel 1. Growth stages of upland rice

No.	Growth stages	Time (days)
1.	Vegetative stage	0-55
2.	Reproduction stage	56-90
3.	Mature Stage	91-120

(Source : Sudarsono, 1984)

Data iklim mulai dari saat tanam sampai menjelang panen dikelompokkan menjadi 24 seri data iklim 5 harian ( $x_i$ ) di mana  $i = 1$  menyatakan lima hari pertama atau awal pertumbuhan dan  $i = 24$  menyatakan akhir pertumbuhan atau menjelang panen.

Dari nilai data iklim 5 harian setiap musim tanam padi gogo yang dinyatakan sebagai  $x_i$  ( $x_i = x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_{24}$ ) dan fungsi waktu  $t_i^s$  ( $i=1, 2, 3, 4, \dots, 24$ ) di mana  $s$  adalah pangkat dari  $t_i$  ( $s = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ ) maka distribusi data iklim dapat ditentukan sebagai :

$$\sum_{i=1}^{24} t_i^s x_i \quad (5)$$

di mana  $x$  adalah variabel iklim,  $t$  adalah fungsi waktu dan  $s$  adalah derajat polinomial yang dalam penelitian ini dianalisis derajat polinomial pangkat 2 dan pangkat 3.

Dengan melibatkan kecenderungan (trend,  $T$ ) dalam model hubungan iklim dan produksi padi gogo ini, maka model regresi ganda derajat dua dapat ditulis sebagai berikut :

$$Y = a_0 + a_1 \sum_{i=1}^n (t_i^0 x_i) + a_2 \sum_{i=1}^n (t_i x_i) + a_3 \sum_{i=1}^n (t_i^2 x_i) DT. \quad (6)$$

Model regresi ganda derajat tiga dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y = a_0 + a_1 \sum_{i=1}^n (t_i^0 x_i) + a_2 \sum_{i=1}^n (t_i x_i) + a_3 \sum_{i=1}^n (t_i^2 x_i) + a_4 \sum_{i=1}^n (t_i^3 x_i) + DT \quad (7)$$

di mana

- $y$  = Produksi padi gogo per hektar
- $a_0, a_1, a_3, a_4$  dan  $D$  = Konstanta
- $t_1$  = Jumlah periode 5 harian (nilai ini sama dengan 1 untuk 5 hari pertama dan 24 untuk 5 hari menjelang panen).
- $x$  = Variabel iklim 5 harian
- $T$  = Jumlah tahun pengamatan
- $n$  = Periode 5 harian selama pertumbuhan tanaman padi gogo

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terpilih yaitu di Playen, Kabupaten Gunung Kidul. Pemilihan lokasi tersebut dengan pertimbangan bahwa daerah tersebut merupakan penghasil padi gogo dan letaknya dekat dengan stasiun klimatologi Playen, sebagai tempat untuk mengambil data klimatologi yang dibutuhkan yaitu curah hujan, kelembaban relatif dan lama penyinaran matahari. Stasiun klimatologi Playen terletak di kecamatan Playen dengan lokasi  $07^{\circ} 56' LS$  dan  $110^{\circ} 33' BT$  dan terletak pada ketinggian 200 meter dpl.

## Analisis Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data kelembaban relatif harian (RH) dalam %, data curah hujan (CH) harian dalam mm, data lama penyinaran matahari (LPM) harian dalam % dan data hasil panen dalam satuan kwintal perhektar (kw/ha). Semua data di atas adalah data selama 11 tahun terakhir.

Data kelembaban relatif harian (RH) dan data lama penyinaran matahari (LPM) harian dihitung rata-rata setiap lima hari mulai saat tanam (15 November) hingga saat panen (pertengahan Maret disesuaikan dengan umur padi gogo 120 hari). Sedang untuk data curah hujan (CH) harian dihitung jumlahnya setiap lima hari juga dimulai saat tanam hingga saat panen. Dari data iklim yaitu rata-rata 5 harian RH dan LPM serta jumlah 5 harian CH untuk satu masa tanam maka diperoleh 24 data (n=24). Ke 24 data ini dijumlahkan sehingga ada 11 hasil penjumlahan (11 masa tanam).

Sedang hasil persamaan regresinya dapat dilihat sebagai berikut :

### a. Kelembaban Relatif (RH)

#### 1. Regresi polinomial derajat 2

$$Y = 47,82291 + 0,1202499 \sum_{i=1}^{24} (ti^0 xi) - 0,0256608 \sum_{i=1}^{24} (ti^1 xi) + 0,0009367 \sum_{i=1}^{24} (ti^2 xi) - 0,6050803 T \quad (8)$$

#### 2. Regresi polinomial derajat 3

$$Y = 42,838445 + 0,049901 \sum_{i=1}^{24} (ti^0 xi) + 0,0139207 \sum_{i=1}^{24} (ti^1 xi) - 0,0032547 \sum_{i=1}^{24} (ti^2 xi) + 0,0001156 \sum_{i=1}^{24} (ti^3 xi) + 0,7005 T \quad (9)$$

### b. Curah Hujan (CH)

#### 1. Regresi polinomial derajat 2

$$Y = 33,38905 - 0,0026957 \sum_{i=1}^{24} (ti^0 xi) + 9,689E-05 \sum_{i=1}^{24} (ti^1 xi) - 7,622E-06 \sum_{i=1}^{24} (ti^2 xi) + 0,4173785 T \quad (10)$$

#### 2. Regresi polinomial derajat 3

$$Y = 33,679027 - 0,0057371 \sum_{i=1}^{24} (ti^0 xi) + 0,0001001 \sum_{i=1}^{24} (ti^1 xi) + 9,489E-05 \sum_{i=1}^{24} (ti^2 xi) - 4,90E-06 \sum_{i=1}^{24} (ti^3 xi) - 0,458725 T \quad (11)$$

### c. Lama Penyinaran Matahari

#### 1. Regresi polinomial derajat 2

$$Y = 7,8431398 - 0,0039646 \sum_{i=1}^{24} (ti^0 xi) + 0,0055171 \sum_{i=1}^{24} (ti^1 xi) - 0,0001935 \sum_{i=1}^{24} (ti^2 xi) - 0,1934126 T \quad (12)$$

#### 2. Derajat 3

$$Y = 8,3734286 - 0,0783303 \sum_{i=1}^{24} (ti^0 xi) + 0,0394911 \sum_{i=1}^{24} (ti^1 xi) - 0,0035533 \sum_{i=1}^{24} (ti^2 xi) + 8,896E05 \sum_{i=1}^{24} (ti^3 xi) - 0,3529774 T \quad (13)$$

Dari hasil analisis tersebut hanya curah hujan yang menunjukkan hasil yang signifikan di mana tidak ada perbedaan yang nyata antara hasil produksi aktual dan prediksi padi gogo. Sedangkan hubungan antara kelembaban relatif dan lama penyinaran matahari terhadap produksi padi gogo tidak menunjukkan hasil yang signifikan. Hal ini dapat diterangkan bahwa kelembaban relatif dan penyinaran matahari yang diterima oleh tanaman padi relatif konstan di daerah tropis. Selanjutnya yang akan dibahas dalam makalah ini hanya pengaruh curah hujan saja. Hasil prediksi produksi padi gogo dengan menggunakan persamaan di atas ditampilkan pada Lampiran 1 dan 2.

Pengaruh 10 mm curah hujan di atas rata-rata diperoleh dengan mendeferensialkan nilai y terhadap curah hujan. Hasilnya ditampilkan pada Gambar 3.1 dan 3.2 (data lampiran 3).

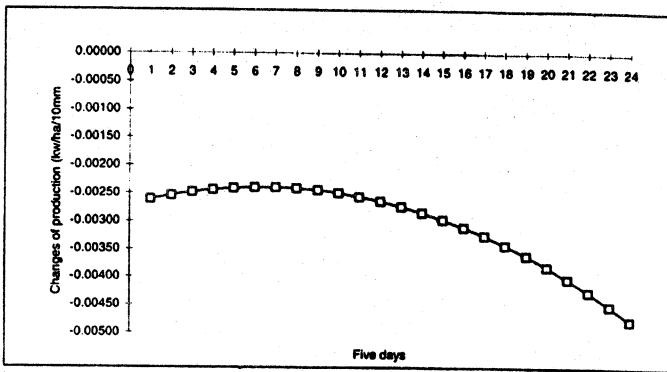


Figure 3.1. Changes of rice yield as the effects of increasing 10 mm of rainfall using second degree regression equation.

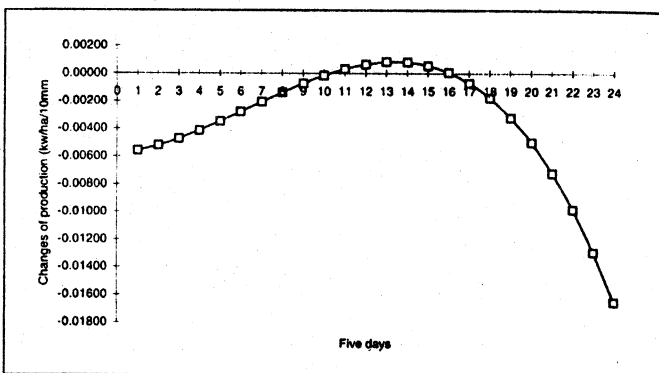


Figure 3.2. Changes of rice yield as the effects of increasing of 10 mm of rainfall using third degree regression equation.

Hasil itu menunjukkan bahwa dengan kenaikan curah hujan lima harian setebal 10 mm justru akan menurunkan produksi padi gogo di Playen, Gunung Kidul. Hal ini menunjukkan bahwa curah hujan yang tersedia sudah mencukupi bahkan sudah melebihi kebutuhan hidup tanaman padi gogo. Untuk itu agar dapat mengoptimalkan produksi padi gogo di Playen, Gunung Kidul, maka perlu untuk merubah saat tanam padi dan disesuaikan dengan jumlah hujan yang tersedia.

## KESIMPULAN

Dari tiga model yang diterapkan yaitu model curah hujan, kelembaban relatif, dan lama penyinaran matahari terhadap produksi tanaman padi gogo, ternyata hanya curah hujan yang memberikan hasil yang signifikan, baik analisis dengan regresi polinomial derajat dua maupun derajat tiga. Hasil analisis model hubungan curah hujan dengan produksi padi gogo menunjukkan bahwa curah hujan yang tersedia di lokasi penelitian dengan saat tanam padi pada pertengahan bulan November menunjukkan bahwa curah hujan yang tersedia sudah mencukupi untuk pertumbuhan tanaman padi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Davis, F.F. dan J.E. Pallesen 1940. Effect of the amount and distribution of rainfall and evaporation during the growing season on yields of corn and spring wheat. *Journ. Agric. Res.* (60) : 1 – 23.
- Hill, R.W., D.R. Johnson dan K.H. Ryan. 1979. A model for predicting soybean yields from climatic data. *Agron. Journ.* (71) : 251 – 256.
- Huda, S.A.K., B.P. Cjhildyal, V.S. Tomar dan R.C. Jaim. 1976. Contribution of climatic variables in predicting maize yields under monsoon condition. *Agric. Meteor. Journ.* (17) : 33 – 47.
- Jollife dan Sarria-Dodd. (1994). Early detection of the start of the wet season in tropical climate. *Int. Journ. Climatology.* (14) : 71 – 76.
- Krishnamurti, T.N., Sang-Ok Han dan Misra, V. 1995. Prediction of dry and wet spell of the Australian Monsoon. *Int. Journ. Climatology* (15) : 753 - 771
- Matyasovzky, I., I. Bogardi, A. Bardasy dan L. Dukstein. 1993. Estimation of local precipitation statistics reflecting climate change. *Water Res. Res.* Vol. 29 (12) : 3955 – 3968.
- Sudarsono, D. 1984. Bercocok tanam padi. Proyek Penyuluhan Pertanian Tanaman Pangan bekerja sama dengan Lembaga Pusat Penelitian Pertanian, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Sudira, Putu. 1985. Influence of climatic variables on soybean yields in Yogyakarta, Indonesia. Unpublished Master Thesis, UPLB, Filipina.
- Willby, R.L. 1994. Stochastic weather type simulation for regional climate change impact assessment. *Water Res. Res.* Vol. 30 (12) : 3395 – 3403

Lampiran 1. Hasil produksi (Y) aktual dan (Y) prediksi menggunakan persamaan regresi curah hujan (CH) derajat 2.

Tahun	Y aktual (kw/ha)	Y Prediksi (kw/ha)	Residual (kw/ha)
87/88	27.49	27.076	0.346
88/89	29.26	31.172	-0.673
89/90	33.32	30.886	-0.766
90/91	33.49	30.585	1.544
91/92	33.28	31.603	1.134
92/93	30.32	32.473	-0.744
93/94	28.74	31.411	-1.699
94/95	26.78	31.793	0.993
95/96	2942	30.903	-1.196
96/97	35.8	33.135	1.017
97/98	35.68	32.541	0.038

Lampiran 2 Hasil produksi (Y) aktual dan (Y) prediksi menggunakan persamaan regresi curah hujan (CH) derajat 3.

Tahun	Y aktual (kw/ha)	Y Prediksi (kw/ha)	Residual (kw/ha)
87/88	27.49	27.422	0.346
88/89	29.26	30.499	-0.673
89/90	33.32	30.121	-0.766
90/91	33.49	32.129	1.544
91/92	33.28	32.737	1.134
92/93	30.32	31.729	-0.744
93/94	28.74	29.712	-1.699
94/95	26.78	32.786	0.993
95/96	2942	29.707	-1.196
96/97	35.8	34.153	1.017
97/98	35.68	32.579	0.038

Lampiran 3. Perubahan produksi padi gogo sebagai akibat perubahan faktor iklim menggunakan persamaan regresi derajat 2 maupun derajat 3.

5 hari-an	Perubahan produksi persamaan regresi derajat 2			Perubahan produksi persamaan regresi derajat 3		
	RH (kw/ha/ %)	CH (kw/ha/ 10mm)	LPM (kw/ha/ %)	RH (kw/ha/ %)	CH (kw/h/1 0mm)	LPM (kw/ha/ %)
1	0.09553	-0.00261	0.00136	0.06068	-0.00555	-0.04230
2	0.07268	-0.00253	0.00630	0.06565	-0.00520	-0.01285
3	0.05170	-0.00247	0.01085	0.06549	-0.00472	0.01057
4	0.03259	-0.00243	0.01501	0.06091	-0.00413	0.02847
5	0.01536	-0.00240	0.01878	0.05259	-0.00348	0.04141
6	0.00001	-0.00239	0.02217	0.04123	-0.00278	0.04991
7	-0.01348	-0.00239	0.02517	0.02752	-0.00207	0.05451
8	-0.02509	-0.00241	0.02779	0.01215	-0.00137	0.05573
9	-0.03482	-0.00244	0.03002	-0.00417	-0.00072	0.05412
10	-0.04269	-0.00249	0.03186	-0.02076	-0.00015	0.05021
11	-0.04868	-0.00255	0.03331	-0.03693	0.00032	0.04453
12	-0.05279	-0.00263	0.03438	-0.05197	0.00066	0.03761
13	-0.05504	-0.00272	0.03506	-0.06520	0.00083	0.02999
14	-0.05541	-0.00283	0.03535	-0.07592	0.00081	0.02220
15	-0.05390	-0.00296	0.03525	-0.08345	0.00057	0.01478
16	-0.05053	-0.00310	0.03477	-0.08707	0.00008	0.00826
17	-0.04528	-0.00325	0.03390	-0.08611	-0.00069	0.00318
18	-0.03815	-0.00342	0.03265	-0.07987	-0.00177	0.00006
19	-0.02916	-0.00361	0.03101	-0.06765	-0.00320	-0.00056
20	-0.01829	-0.00381	0.02898	-0.04877	-0.00499	0.00185
21	-0.00554	-0.00402	0.02656	-0.02252	-0.00718	0.00784
22	0.00908	-0.00425	0.02376	0.01179	-0.00979	0.01792
23	0.02557	-0.00450	0.02057	0.05485	-0.01287	0.03265
24	0.04393	-0.00476	0.01699	0.10735	-0.01643	0.05254

Keterangan : RH : relative humidity ;  
 CH : curah hujan ;  
 LPM : lama penyinaran matahari