

APLIKASI METODE TREN WAKTU SATU RAGAM DALAM PERAMALAN TOLERANSI KOMODITAS PANGAN TERHADAP PERUBAHAN IKLIM DI PAPUA

Estimation of Food Crop Tolerance to Climate Change in Papua Using Single Variance Time Series Method

Sitti Raodah Garuda¹ dan Yuliantoro Baliadi²

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Papua, Jl. Yahim No. 49 Sentani, Jayapura, Papua 99352, Indonesia

² Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Jl. Raya Kendalpayak, PO Box 66 Malang 65101, Indonesia

Telp. (0967) 592179, Faks. (0967) 591235

E-mail: garudasittiraodah@gmail.com

(Makalah diterima, 12 September 2017 – Disetujui, 04 Juni 2018)

ABSTRAK

Perubahan iklim berdampak terhadap penurunan produksi pertanian, terutama tanaman pangan. Tingkat penurunan produksi pertanian akibat perubahan iklim berkisar antara 5-20%. Pengkajian ini bertujuan untuk meramalkan tanaman pangan yang toleran terhadap perubahan iklim di Provinsi Papua dengan metode trend satu ragam. Pengkajian menggunakan empat model analisis tren, yakni *least square pola linear, quadratic, exponential*, dan *moving average* dengan basis data sekunder produksi padi, jagung, kedelai dan ubi jalar; data iklim yakni curah hujan; dan data produktivitas dan perkembangan luas panen tanaman pangan di Provinsi Papua dalam periode 1970-2015. Hasil analisis menunjukkan kedelai paling sensitif terhadap perubahan iklim karena memiliki dampak penurunan produksi, baik pada kondisi iklim *El Nino* (10,7%) maupun *La Nina* (11,4%). Padi sawah yang umumnya diusahakan pada lahan basah mengalami penurunan produksi 2,9% pada kondisi iklim *El Nino* dan sebaliknya produksi meningkat 2,4% pada saat terjadi *La Nina*. Produksi jagung mengalami penurunan 7,4% pada saat *El Nino* dan meningkat 3,9% pada saat *La Nina*. Ubi jalar paling toleran terhadap perubahan iklim karena memperoleh dampak peningkatan produksi 2,5% pada kondisi *El Nino*. Dari pengkajian dapat disimpulkan *model tren moving average* ordo 2 dinilai paling sesuai digunakan untuk menduga nilai ekspektasi produksi padi dan kedelai pada periode 1970-2015. *Model tren quadratic* lebih sesuai digunakan untuk menduga nilai ekspektasi produksi jagung dan ubi jalar yang didasarkan atas nilai MAPE, MAD, dan MSD.

Kata kunci: tanaman pangan, anomali iklim, produksi, proyeksi

ABSTRACT

Climate change has an impact on decreasing agricultural production, especially food crops. The rate of decline in agricultural production due to climate change ranges from 5-20%. The objective of this study was to forecast food-crops at Papua Province that are tolerance and adaptable to climate change using trend method. This study used four models of trend analysis, i.e: linear least square pattern, quadratic, exponential, and moving averages, with secondary data base of rice, maize, soybean and sweet potato production; climate data (rainfall); productivity and harvested areas from 1970-2015. These data were used to estimate food crop production in the year of climate change to determine their impact on food-crop production. Results showed that soybean was the most sensitive crop to climate change. It has the biggest impact on production, yield declined on both *El Nino* (10.7%) and *La Nina* (11.4%). The lowest impact was on rice crop, which is generally cultivated on the wetlands, *El Nino* decreased of production of 2.9% and *La Nina* increased production 2.4%, respectively. Two other crops, maize production decreased 7.4% on the *El Nino* and 3.9% increased during the *La Nina*. Furthermore, the the analysis revealed that sweet potato is the most resistant crop to climate change since its production increase by 2.5% during *El Nino*. As conclusion, moving average trend of order 2 model was most appropriate to estimate the value of rice and soybean production in the 1970-2015 period. The quadratic trend model was appropriate to estimate maize and sweet potato production based on its the MAPE, MAD, and MSD values.

Key words: food crops, climate anomaly, production, projection

PENDAHULUAN

Sektor pertanian paling rentan terhadap perubahan iklim dan bersifat dinamis. Kerentanan dipengaruhi oleh tingkat keterpaparan bahaya, kapasitas adaptif, dan dinamika iklim itu sendiri. Sebagai dampaknya adalah kerugian dari segi produksi dan kualitas produk maupun sosial dan ekonomi (Las *et al.* 2011; Herdiani 2012). Perubahan iklim merupakan suatu kondisi yang ditandai oleh berubahnya pola iklim dunia yang mengakibatkan fenomena cuaca yang tidak menentu (Hidayati dan Suryanto 2015). Pertanian di Indonesia nyata dipengaruhi oleh variasi hujan tahunan dan antartahun yang disebabkan oleh Australia-Asia Monsoon and *El Nino*-Southern (ENSO) (NAS 2007). Perubahan iklim menyebabkan peningkatan suhu udara, kenaikan muka air laut, dan perubahan pola hujan yang artinya terjadi pergeseran musim, juga menyebabkan perubahan pola iklim ekstrim seperti *El Nino* dan *La Nina* menjadi lebih sering terjadi, dari siklus 3-7 tahun menjadi 2-5 tahun sekali (As-syakur 2007; Herdiani 2012).

Di Provinsi Papua yang dilintasi oleh ekuator dan dalam wilayah kolom air hangat Pasifik Barat (*Western Pacific Warm Pool*), perubahan iklim tidak berdampak terhadap perbedaan curah hujan yang mencolok antarmusim dan berada dalam kondisi sangat basah. Pada sebagian besar wilayah di Papua, curah hujan maksimum terjadi antara bulan Januari dan April (musim barat laut) dan minimum antara bulan Mei dan Agustus (musim tenggara). Akan tetapi, wilayah dengan curah hujan tertinggi justru terjadi pada daerah dengan pola musim sebaliknya, yakni curah hujan maksimum terjadi pada musim tenggara (Mei-Agustus) (Permana 2011).

Perubahan iklim berdampak pada penurunan kesuburan lahan dan kekeringan yang mempengaruhi tingkat toleransi tanaman pangan yang berdampak pada penurunan produksi padi 4%, kedelai 10%, dan jagung 50% per tahun, yang berujung pada penurunan kesejahteraan petani (Hadi *et al.* 2000; Angles *et al.* 2011; Ariyanto 2010). Tingkat penurunan produksi pertanian akibat perubahan iklim berkisar antara 5-20% (Suberjo 2009; Utami *et al.* 2011) dan bahkan dalam jangka panjang berakhirnya profesi petani di lahan kering (*off-farm employment*) (Angles *et al.* 2011) serta beralihnya fungsi lahan sawah ke nonsawah dan nonpertanian (Asnawi 2015).

Analisis tren merupakan metode analisis untuk mengestimasi atau meramal dampak perubahan iklim pada masa yang akan datang dengan berbagai data dan informasi yang diamati dalam periode yang cukup panjang. Dari hasil analisis dapat diketahui fluktuasi yang terjadi dan faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan tersebut. Secara teoritis, aspek yang paling menentukan dalam analisis time series adalah kualitas atau keakuratan

data dan informasi yang diperoleh serta waktu atau periode dari data dan informasi tersebut dikumpulkan (Santoso 2008). Empat model analisis tren yakni *least square pola linear*, *quadratic*, *exponential*, dan *moving average* telah dimanfaatkan untuk meramalkan populasi ayam buras (Nasoetion 2009), produksi tanaman pangan (Santoso 2016), dan kemampuan daya dukung pakan terhadap kapasitas peningkatan populasi ternak (Santoso dan Nurfaizin 2017).

Pengkajian bertujuan untuk meramal tingkat toleransi tanaman pangan terhadap perubahan iklim di Provinsi Papua dalam kurun waktu 1970-2015 melalui aplikasi empat model analisis tren.

BAHAN DAN METODE

Tingkat toleransi tanaman pangan diramalkan dengan metode waktu satu ragam yang terdiri atas empat model analisis tren yakni *least square pola linear*, *quadratic*, *exponential*, dan *moving average* (Firdaus 2006; Santoso 2008, Supangat 2008). Data sekunder yang digunakan adalah: (1) produksi padi, jagung, kedelai dan ubi jalar di Provinsi Papua dalam periode 1970-2015 (BPS 2015 dan Pusdatin Kementan 2016); (2) curah hujan (BMKG 2016) untuk mengetahui perubahan iklim di Provinsi Papua, seiring dengan fenomena *El Nino* dan *La Nina* secara global; dan (3) produktivitas dan perkembangan luas panen tanaman pangan (BPS 2015). Pengkajian diawali dengan mendeskripsikan pola produksi dan perkembangan luas panen tanaman pangan dengan data iklim, penetapan model tren, pemilihan model yang sesuai, dan peramalan toleransi komoditas pangan terhadap perubahan iklim.

Kondisi iklim *El Nino* dan *La Nina* diketahui dari nilai SOI (*Southern Oscillation Index*). Kejadian *El Nino* diketahui bila nilai SOI berada dalam posisi minus dalam jangka waktu >6 bulan dan sebaliknya pada *La Nina*. Semakin negatif nilai SOI semakin kuat kejadian cuaca panas. Sebaliknya, semakin positif nilai SOI semakin kuat kejadian cuaca dingin (Effendy 2001; Syaifullah 2010).

Pada tahun 1972 terjadi peristiwa *El Nino* dengan nilai SOI rata-rata -7,3 selama sembilan bulan berturut-turut (Tabel lampiran 1). Selanjutnya pada tahun 1975 terjadi peristiwa *La Nina* dengan nilai SOI rata-rata 13,6 selama tujuh bulan berturut-turut. Iklim *El Nino* terjadi pada tahun 1972, 1977, 1982, 1987, 1994, 1997, 1998, 2002 dan 2015. Sementara iklim *La Nina* terjadi pada tahun 1975, 2008, 2010, dan 2011. Pada tahun 1998, peristiwa *El Nino* terjadi di awal tahun dan *La Nina* di akhir tahun (Santoso 2016).

Bentuk umum persamaan metode waktu satu ragam adalah:

1. *Linear*
 $\hat{Y}_t = a + b(T) + \epsilon_t$; \hat{Y}_t adalah nilai peramalan pada periode t , sedangkan T adalah periode terjadinya perubahan iklim.
2. *Quadratic*
 $\hat{Y}_t = a + b_1(T) + b_2(T)^2 + \epsilon_t$; \hat{Y}_t adalah nilai peramalan pada periode t ; a , b_1 , dan b_2 merupakan konstanta; T adalah periode terjadinya perubahan iklim.
3. *Exponential*
 $\hat{Y}_t = a + e^{bT}$; di mana e adalah bilangan natural, persamaan ini ditransformasi menjadi: $\ln(\hat{Y}_t) = \ln(a) + b(T)$
4. *Moving average*
 Moving Average atau Rata-rata Bergerak diperoleh melalui penjumlahan dan pencarian nilai rata-rata dari sejumlah periode tertentu, kemudian menghilangkan nilai terlamanya dan menambah nilai baru.

Moving average ordo 2 (MA 2)

$$\hat{Y}_t = \frac{(Y_{t-1} + Y_{t-2})}{2}$$

Moving average ordo 3 (MA 3)

$$\hat{Y}_t = \frac{(Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-3})}{3}$$

Model terbaik dipilih dengan membandingkan nilai error dari masing-masing model (Sofyan 1991). Menurut Junaidi (2009), ukuran yang digunakan untuk memilih model adalah MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), MAD (*Mean Absolute Deviation*), atau MSD (*Mean Square Deviation*) yang merupakan komponen evaluasi teknik-teknik peramalan berbagai parameter. Semakin kecil nilai-nilai MAPE, MAD atau MSD, semakin kecil nilai kesalahan. Oleh karenanya, dalam menetapkan model yang akan digunakan dalam peramalan, dipilih model dengan nilai MAPE, MAD atau MSD yang paling kecil.

MAPE mengukur ketepatan nilai dugaan model, yang dinyatakan dalam bentuk rata-rata persentase absolut kesalahan.

$$MAPE = \frac{\sum |(Y_t - \hat{Y}_t)/Y_t|}{n} \times 100$$

MAD, mengukur ketepatan nilai dugaan model, dinyatakan dalam bentuk rata-rata absolut kesalahan.

$$MAD = \frac{\sum |Y_t - \hat{Y}_t|}{n}$$

MSD, mengukur ketepatan nilai dugaan model, yang dinyatakan dalam rata-rata kuadrat kesalahan.

$$MSD = \frac{\sum (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}$$

Menurut Santoso (2016), estimasi pengaruh iklim dan dampak perubahan iklim dapat dihitung dari selisih antara nilai aktual produksi dengan nilai ekspektasi produksi. Jika dirumuskan, estimasi pengaruh iklim = nilai aktual produksi – nilai ekspektasi produksi, sedangkan dampak perubahan iklim = nilai ekspektasi produksi – batas bawah – estimasi pengaruh iklim. Batas bawah dan batas atas tersebut dirumuskan menjadi: batas bawah = nilai ekspektasi produksi – rata-rata |D| pada kondisi iklim normal; batas atas = nilai ekspektasi produksi + rata-rata |D| pada kondisi iklim normal. Penentuan model tren, pemilihan model yang sesuai, dan pendugaan atau peramalan dilakukan dengan bantuan paket program Minitab 17 dan Microsoft Excel 2010.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode deret waktu satu ragam data produksi tanaman pangan di Provinsi Papua dalam periode 1970-2015 dianalisis berdasarkan model *linear*, *quadratic*, *exponential*, dan *moving average*, dan dipilih model yang memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSD paling kecil. Nilai ekspektasi, estimasi perubahan iklim, dan dampak perubahan iklim dengan peubah produksi jagung pada tahun terjadinya perubahan iklim di Papua dalam periode 1972-2015 disajikan pada Tabel 1.

Model tren moving average yang paling sesuai untuk menduga peubah produksi padi dan kedelai adalah dengan persamaan $\hat{Y}_t = (Y_{t-1} + Y_{t-2})/2$ karena memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSD terkecil, yakni 19, 8695, dan 192108582 untuk padi, dan 30, 940, dan 2224937 untuk kedelai. *Model tren quadratic* yang paling sesuai untuk menduga peubah produksi jagung dan ubi jalar adalah dengan persamaan $Y_t = -241 + 336,8t - 3,92t^2$ dan $Y_t = 324761 - 9978t + 258,4t^2$ dengan nilai MAPE, MAD, MSD masing-masing 24, 858, 1202882 dan 26, 53362, 6349817140.

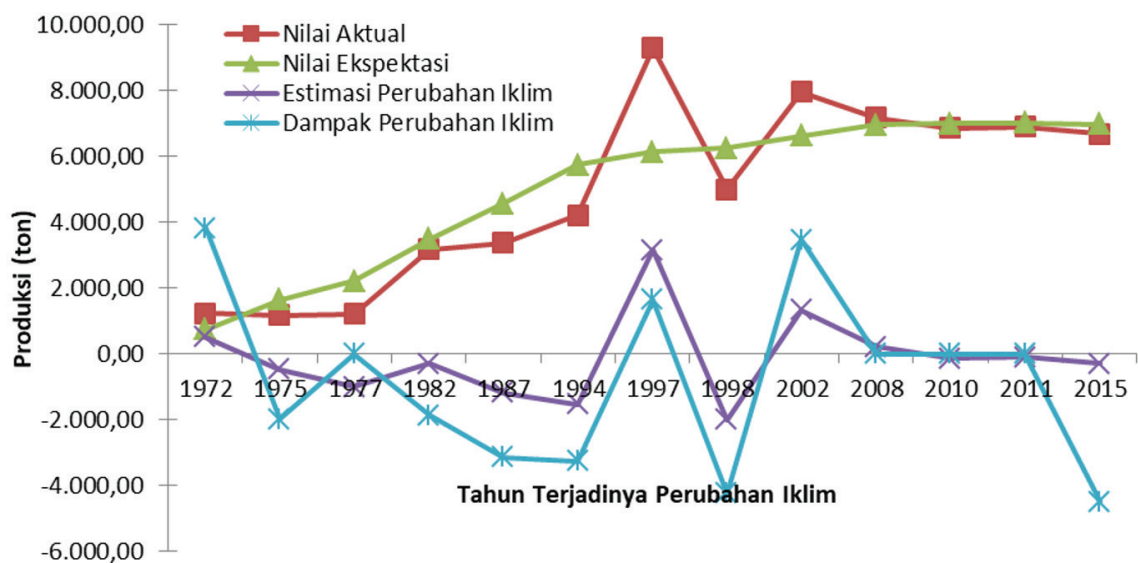
Model Tren Quadratic

Model tren quadratic dengan persamaan $Y_t = -241 + 336,8t - 3,92t^2$ sesuai untuk menentukan nilai ekspektasi produksi jagung di Provinsi Papua (Tabel 1 dan Gambar 1) dan persamaan $Y_t = 324761 - 9978t + 258,4t^2$ sesuai untuk menentukan nilai ekspektasi produksi ubi jalar. Hasil yang diperoleh dari model tren $Y_t = 324761 - 9978t + 258,4t^2$ untuk menduga produksi ubi jalar pada tahun terjadinya perubahan iklim dibandingkan dengan nilai produksi aktual (Tabel 2 dan Gambar 2).

Penurunan produktivitas jagung di Papua akibat perubahan iklim pada tahun 1977, 1982, 1987, 1994, 1998 dan 2015 masing-masing 0,66; 1,89; 0,05; 0,26; 0,97; dan 0,61 t/ha. Hal ini terjadi karena nilai SOI pada tahun-tahun tersebut di bawah -8 sehingga intensitas

Tabel 1. Hasil analisis statistik metode deret waktu satu ragam untuk peubah produksi tanaman pangan di Propinsi Papua dalam periode 1970-2015

| Komoditas | Hasil analisis metode deret waktu satu ragam | | | | | |
|-----------|--|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|
| | | Linear | Quadratic | Exponential | MA (2) | MA (3) |
| Padi | Model | $Y_t = -33702 + 3460t$ | $Y_t = 7226 - 1656t + 108,8t^2$ | $Y_t = 837,822 \times (1,13699)^t$ | $\hat{Y}_t = (Y_{t-1} + Y_{t-2})/2$ | $\hat{Y}_t = (Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-3})/3$ |
| | MAPE | 388 | 50 | 40 | 19 | 21 |
| | MAD | 16860 | 9838 | 21182 | 8695 | 10642 |
| | MSD | 490184441 | 196162280 | 1151520754 | 192108582 | 279288405 |
| Jagung | Model | $Y_t = 1232 + 153t$ | $Y_t = -241 + 336,8t - 3,92t^2$ | $Y_t = 1477,66 \times (1,04370)^t$ | $\hat{Y}_t = (Y_{t-1} + Y_{t-2})/2$ | $\hat{Y}_t = (Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-3})/3$ |
| | MAPE | 25 | 24 | 28 | 20 | 20 |
| | MAD | 962 | 858 | 1298 | 1007 | 1072 |
| | MSD | 1583571 | 1202882 | 3050879 | 2040795 | 2256739 |
| Kedelai | Model | $Y_t = 1175 + 112t$ | $Y_t = -2474 + 567,9t - 9,70t^2$ | $Y_t = 276,15 \times (1,0889)^t$ | $\hat{Y}_t = (Y_{t-1} + Y_{t-2})/2$ | $\hat{Y}_t = (Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-3})/3$ |
| | MAPE | 369 | 315 | 129 | 30 | 32 |
| | MAD | 1842 | 1274 | 2957 | 940 | 1056 |
| | MSD | 4633004 | 2295696 | 15368481 | 2224937 | 2567452 |
| Ubi jalar | Model | $Y_t = 227586 + 2169t$ | $Y_t = 324761 - 9978t + 258,4t^2$ | $Y_t = 221660 \times (1,00688)^t$ | $\hat{Y}_t = (Y_{t-1} + Y_{t-2})/2$ | $\hat{Y}_t = (Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-3})/3$ |
| | MAPE | 33 | 26 | 32 | 29 | 28 |
| | MAD | 66715 | 53362 | 68574 | 68116 | 66738 |
| | MSD | 8007368309 | 6349817140 | 8243945718 | 8212203795 | 7814944353 |



Gambar 1. Nilai aktual, ekspektasi, estimasi perubahan iklim, dan dampak perubahan iklim di Provinsi Papua dalam periode 1972-2015 dengan peubah produksi jagung

curah hujan tergolong rendah (*El Nino* kuat) dan varietas jagung yang tersedia pada saat itu relatif tidak toleran kekeringan. Hasil jagung menurun karena kenaikan suhu dan pola curah hujan berubah sehingga tanaman mengalami cekaman kekeringan atau genangan. Dalam kondisi kekeringan, produksi jagung turun 13,5% (Naylor *et al.* 2007).

Salah satu strategi dalam mengantisipasi dampak perubahan iklim terhadap penurunan produksi jagung adalah menanam varietas toleran kekeringan atau genangan. Dalam kondisi kekeringan atau tergenang, jagung toleran kekeringan dan genangan masih mampu berproduksi.

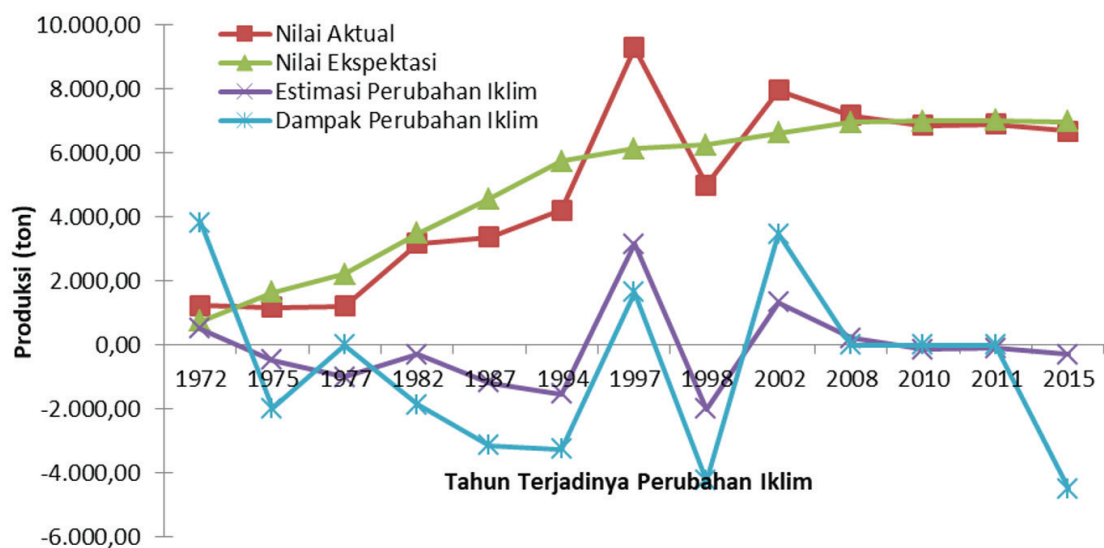
Pada tahun 1975, 2008, 2010 dan 2011, perubahan iklim tidak berpengaruh negatif terhadap produksi jagung di Papua karena pada tahun-tahun tersebut terjadi fenomena

La Nina sehingga air tersedia untuk pertanaman jagung. Menurut Ramadhana (2016), *La Nina* identik dengan kemarau basah, fenomena ini berdampak pada penurunan luas tanam beberapa komoditas, di antaranya tembakau, bawang, dan cabai. Namun kondisi basah akibat curah hujan yang tinggi membawa keuntungan bagi budi daya padi dan jagung. Fenomena *La Nina* juga membuat hangat suhu muka laut sehingga berdampak positif pada panen ikan tuna.

Peningkatan produksi jagung terjadi pada tahun 1972, 1997, dan 2002 karena tanaman ini adaptif pada kondisi kekeringan. Produksi jagung relatif lebih baik pada kondisi kering dibandingkan dengan kondisi basah. Pengujian Aqil *et al.* (2013) terhadap sejumlah jagung hibrida nasional dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan peningkatan hasil dalam kondisi cekaman

Tabel 2. Nilai ekspektasi, estimasi perubahan iklim, dan dampak perubahan iklim dengan peubah produksi jagung pada tahun terjadinya perubahan iklim di Propinsi Papua, 1972-2015.

| Tahun | Nilai aktual | Nilai ekspektasi | Batas bawah | Batas atas | Estimasi pengaruh iklim | Dampak perubahan iklim |
|-------|--------------|------------------|-------------|------------|-------------------------|------------------------|
| 1972 | 1.230 | 734 | 4.049 | 5.518 | 496 | 3,811 |
| 1975 | 1.170 | 1.163 | 3.145 | 6.422 | -469 | 0 |
| 1977 | 1.198 | 2.203 | 2.581 | 6.986 | -1.005 | -1.383 |
| 1982 | 3.173 | 3.475 | 1.308 | 8.259 | -302 | -1.865 |
| 1987 | 3.369 | 4.552 | 231 | 9.336 | -1.183 | -3.138 |
| 1994 | 4.204 | 5.731 | 947 | 10.514 | -1.527 | -3.257 |
| 1997 | 9.269 | 6.118 | 1.335 | 10.902 | 3.151 | 1.632 |
| 1998 | 4.978 | 6.231 | 1.453 | 11.009 | 1.253 | -3.525 |
| 2002 | 7.940 | 6.608 | 1.824 | 11.391 | 1.332 | 3.451 |
| 2008 | 7.154 | 6.937 | 2.153 | 11.720 | 217 | 0 |
| 2010 | 6.834 | 6.983 | 2.200 | 11.766 | -149 | 0 |
| 2011 | 6.885 | 6.995 | 2.212 | 11.779 | -110 | 0 |
| 2015 | 6.666 | 6.964 | 2.180 | 11.747 | 289 | -4.486 |



Gambar 2. Nilai aktual, ekspektasi, estimasi perubahan iklim, dan dampak perubahan iklim di Propinsi Papua dalam periode 1972-2015 dengan peubah produksi ubi jalar.

kekeringan yang ekstrim, hanya mendapat air hingga 3 minggu sesudah tanam. Kalau sebelumnya hasil jagung hanya berkisar 5-7 t/ha, dewasa ini meningkat menjadi di atas 9 t/ha. Jagung hibrida harapan tersebut diharapkan dapat berkontribusi bagi peningkatan produksi jagung di daerah rawan kekeringan.

Pengaruh perubahan iklim berdampak negatif terhadap produksi ubi jalar. Hal ini terlihat dari nilai aktual yang lebih rendah dari nilai ekspektasi. Penurunan produktivitas terjadi pada tahun 1975, 1977, 1982, 1987, 1994, 1997, 1998, 2002, 2010 dan 2011 masing-masing 0,11 t/ha, 0,11 ton/ha 0,2 ton/ha, 0,19 t/ha, 0,22 t/ha, 0,12 t/ha, 0,12 t/ha, dan 0,13 t/ha dari nilai ekspektasi dan batas bawah dari tren *model quadratic* dalam pendugaan nilai produksi pada saat terjadinya perubahan iklim. Hal ini terjadi karena kurangnya inovasi teknologi dan varietas atau klon-klon ubi jalar spesifik lokasi Papua yang adaptif perubahan iklim dibandingkan dengan tanaman pangan lainnya (padi, jagung, dan kedelai) serta sulitnya adopsi teknologi oleh petani, terutama penggunaan varietas unggul.

Hasil kajian LPTP Koya Barat (2000) menunjukkan kendala pengembangan ubi jalar di Kawasan Timur Indonesia, termasuk Papua dan Papua Barat, adalah rendahnya penguasaan teknologi oleh petani akibat terbatasnya pengetahuan dan keterampilan mereka. Menurut Limbongan dan Soplanit (2007), sikap konservatif dan fanatisme petani terhadap varietas lama (lokal) juga menghambat adopsi varietas unggul baru. Kemampuan untuk beradaptasi luas menjadikan ubi jalar sering dimanfaatkan petani sebagai tanaman alternatif dengan input minimal, sehingga hasil yang

diperoleh bergantung pada kondisi tanah, curah hujan, dan intensitas serangan hama penyakit (Edrus 2004).

Perubahan iklim ternyata meningkatkan produksi ubi jalar pada tahun 1972, 2008, dan 2015 ditinjau dari nilai ekspektasi *model quadratic* yang menduga produksi pada tahun-tahun tersebut masing-masing 297.153 ton, 328.706 ton, dan 412.633 ton dari luas panen 26.465 ha, 34.028 ha, dan 36.091 ha. Data ini menunjukkan peningkatan produktivitas ubi jalar dalam kondisi perubahan iklim berturut-turut adalah 0,11 t/ha, 0,12 t/ha, dan 0,15 t/ha masing-masing pada tahun 1972, 2009, dan 2015. Hasil penelitian Limbongan dan Soplanit (2007) menunjukkan ubi jalar memiliki daya adaptasi yang luas, baik terhadap lahan maupun lingkungan budi daya.

Model Moving Average Ordo 2 (MA2)

Model moving average ordo 2 (MA2) sesuai untuk menentukan nilai ekspektasi produksi padi dan kedelai di Papua. Tren model $\hat{Y}_t = (Y_{t-1} + Y_{t-2})/2$ dapat digunakan untuk menduga produksi padi dan kedelai pada tahun terjadinya perubahan iklim dibandingkan dengan nilai produksi aktual pada (Tabel 4, Tabel 5, Gambar 3, Gambar 4).

Perubahan iklim tidak mempengaruhi produksi padi tahun 1972 dan 2008 di Papua, nilai aktual produksi padi pada tahun tersebut masih berada di wilayah model tren MA(2). Nilai aktual masih lebih tinggi dari nilai ekspektasi dan nilai SOI masih normal sehingga tidak berdampak negatif terhadap produksi padi (Tabel Lampiran 1). Produksi padi tahun 1972 adalah 1.076 ton dari luas panen 590 ha, lebih tinggi dari tahun 1971

Tabel 3. Nilai ekspektasi, estimasi perubahan iklim, dan dampak perubahan iklim dengan peubah produksi ubi jalar pada tahun terjadinya perubahan iklim di Propinsi Papua.

| Tahun | Nilai aktual | Nilai ekspektasi | Batas bawah | Batas atas | Estimasi pengaruh iklim | Dampak perubahan iklim |
|-------|--------------|------------------|-------------|------------|-------------------------|------------------------|
| 1972 | 304.260 | 297.153 | 15.296 | 579.009 | 7.107 | 274.750 |
| 1975 | 247.903 | 274.196 | 7.661 | 556.052 | -26.293 | -240.242 |
| 1977 | 260.340 | 261.476 | 20.381 | 543.332 | -1.136 | -239.959 |
| 1982 | 166.997 | 238.722 | 43.135 | 520.578 | -71.725 | -123.864 |
| 1987 | 189.840 | 228.890 | 52.967 | 510.746 | -39.050 | -136.873 |
| 1994 | 92.438 | 236.835 | 45.022 | 518.691 | -144.397 | -47.416 |
| 1997 | 229.838 | 247.993 | 33.864 | 529.849 | -18.155 | -195.974 |
| 1998 | 218.322 | 258.590 | 23.267 | 540.446 | -40.268 | -213.392 |
| 2002 | 257.297 | 276.927 | 4.930 | 558.783 | -19.630 | -252.367 |
| 2008 | 337.096 | 328.706 | 46.849 | 610.562 | 8.390 | 273.467 |
| 2010 | 349.135 | 350.101 | 68.244 | 631.957 | -966 | -280.891 |
| 2011 | 348.438 | 361.574 | 79.717 | 643.430 | -13.136 | -268.721 |
| 2015 | 446.925 | 412.633 | 130.776 | 694.489 | 34.162 | 247.595 |

dengan produksi 961 ton pada luas panen 519 ha. Pada tahun 2008 produksi padi mencapai 85.669 ton dari luas panen 24.461 ha dan pada tahun 2007 produksi 81.678 ton dari luas panen 22.957 ha (BPS 2015, Pusdatin Kementan 2016).

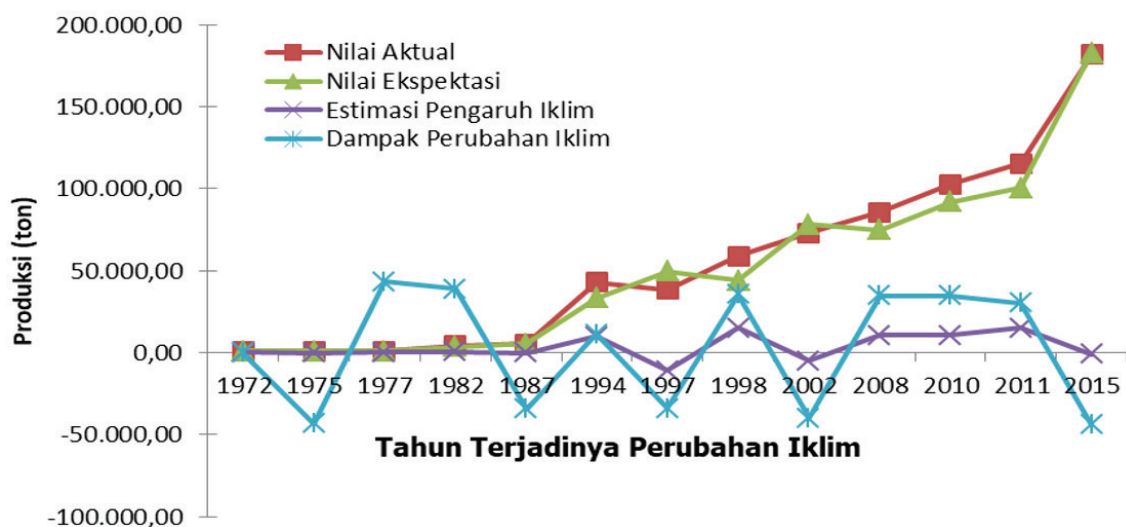
Pada kondisi perubahan iklim pada tahun 1975, 1987, 1997, 2002 dan 2015, nilai aktual produksi padi lebih kecil dari nilai ekspektasi. Penurunan produksi padi akibat kejadian *La Nina* pada tahun 1975 mencapai 43.232 ton dari batas bawah *model tren moving average* 44.215 ton. Apabila dibandingkan dengan luas panen 563 ha, maka penurunan hasil padi hanya 0,01 t/ha. Lahan rawan banjir pada tahun 1975 masih ditanami dengan varietas padi lokal yang rentan genangan.

Menurut Las *et al.* (2006) program pemuliaan pada era tahun 1970an lebih diarahkan untuk meningkatkan

potensi hasil dan memperbaiki rasa nasi, seperti Pelita I-1 dan Pelita I-2 yang dilepas tahun 1971. Selanjutnya Las *et al.* (2011) menyatakan kejadian iklim *La Nina* meningkatkan luas areal pertanaman pada lahan rawan banjir dari 0,75-2,68% menjadi 0,90-2,99% dan meningkatkan luas areal pertanaman yang mengakami puso akibat banjir dari 0,24-0,73% menjadi 8,70-13,80%. Penurunan produksi padi karena pengaruh iklim tertinggi pada tahun 2015 yaitu 0,9 ton/ha (luas panen 41.345 ha dan produksi 181.769 ton). Hampir semua bulan pada tahun 2015 memiliki nilai SOI negatif, kecuali pada Februari, sehingga dapat disimpulkan bahwa iklim *El Nino* pada tahun 2015 tergolong kuat. Selain menyebabkan pertanaman menderita kekeringan, kondisi ini juga mengundang munculnya hama yang mengganggu pertumbuhan padi.

Tabel 4. Nilai ekspektasi, estimasi perubahan iklim, dan dampak perubahan iklim dengan peubah produksi padi pada tahun terjadinya perubahan iklim di Provinsi Papua.

| Tahun | Nilai aktual | Nilai ekspektasi | Batas bawah | Batas atas | Estimasi pengaruh iklim | Dampak perubahan iklim |
|-------|--------------|------------------|-------------|------------|-------------------------|------------------------|
| 1972 | 1.078 | 1.002 | 44.221 | 46.225 | 76 | 0 |
| 1975 | 983 | 1.008 | 44.215 | 46.231 | -25 | -43.232 |
| 1977 | 1.092 | 1.026 | 44.197 | 46.249 | 66 | 43.237 |
| 1982 | 4.234 | 3.585 | 41.638 | 48.808 | 649 | 38702 |
| 1987 | 5.393 | 5.539 | 39.684 | 50.762 | -146 | -34.291 |
| 1994 | 42.864 | 33.100 | 12.123 | 78.323 | 9.764 | 11.213 |
| 1997 | 38.386 | 49.509 | 4.286 | 94.732 | -11.123 | -34.100 |
| 1998 | 59.064 | 48.725 | 2.809 | 94.641 | 10.339 | 35.577 |
| 2002 | 73.123 | 78.283 | 33.060 | 123.506 | -5.160 | -40.063 |
| 2008 | 85.669 | 74.999 | 29.776 | 120.222 | 10.670 | 0 |
| 2010 | 102.610 | 92.092 | 46.869 | 137.315 | 10.518 | 34.705 |
| 2011 | 115.438 | 100.562 | 55.339 | 145.785 | 14.876 | 30.347 |
| 2015 | 181.769 | 182.882 | 137.659 | 228.105 | -1.113 | -44.110 |



Gambar 3. Nilai aktual, ekspektasi, estimasi perubahan iklim, dan dampak perubahan iklim dengan peubah produksi padi dalam periode 1972-2015 di Provinsi Papua

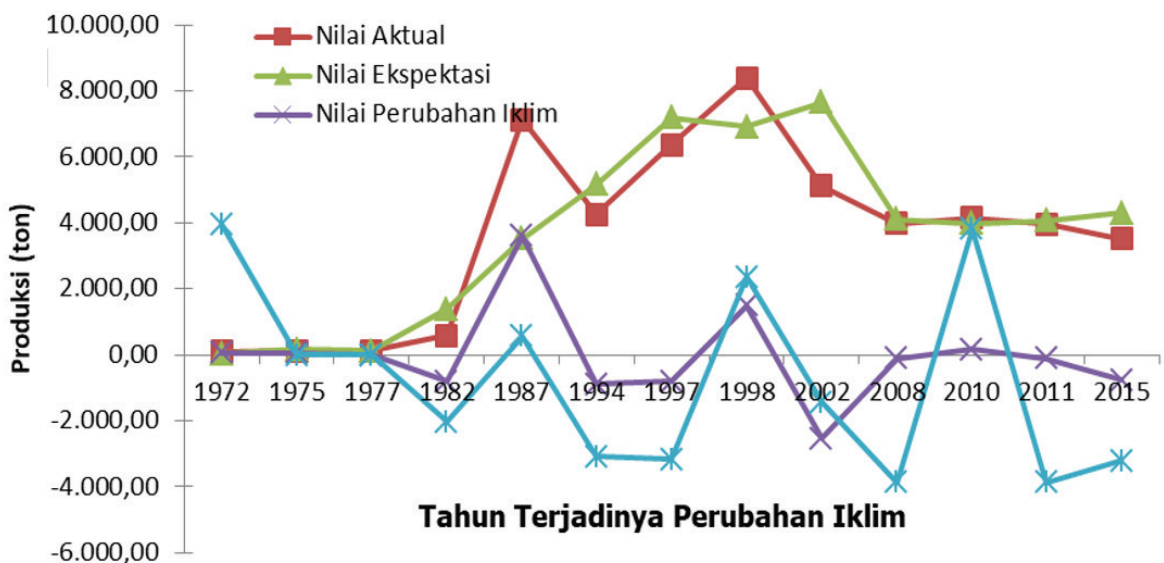
Menurut pengkajian Fitria dan Pratama (2013), nilai korelasi SOI dengan curah hujan di Biak, Papua, hampir negatif pada semua bulan, kecuali Maret dan April. Hal ini menunjukkan hubungan antara SOI dan curah hujan berlawanan arah. Artinya, apabila SOI meningkat maka curah hujan akan menurun. Dampak ikutan dari perubahan iklim dapat menyebabkan kekeringan, banjir, salinitas, dan ledakan hama dan penyakit tanaman padi seperti wereng batang cokelat, hawar daun bakteri, dan blas (Sembiring 2010).

Pada tahun 1977, 1982, 1994, 1998, 2010 dan 2011, dampak perubahan iklim relatif tidak berpengaruh terhadap produksi padi di Papua, bahkan pada tahun-tahun tersebut terjadi peningkatan produksi dari tahun sebelumnya. Pada era akhir tahun 70an sampai era tahun 2000an, Kementerian Pertanian telah melepas banyak inovasi teknologi yang adaptif perubahan iklim seperti varietas unggul, teknik budi daya, pola dan sistem tanam sampai pengendalian hama dan penyakit. Menurut Surmaini *et al.* (2011), dampak perubahan iklim memerlukan upaya antisipasi melalui strategi mitigasi dan adaptasi. Teknologi mitigasi bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dari lahan pertanian melalui penggunaan varietas rendah emisi serta teknologi pengelolaan air dan lahan. Teknologi adaptasi yang dapat diterapkan meliputi penyesuaian waktu tanam, penggunaan varietas unggul toleran kekeringan, rendaman dan salinitas, serta pengembangan teknologi pengelolaan air.

Dampak perubahan iklim pada tahun 1972, 1987, 1998, dan 2010 berpengaruh positif terhadap peningkatan hasil kedelai, berturut-turut 0,03 t/ha; 0,08 t/ha; 0,3 t/ha; dan 0,98 t/ha dibandingkan dengan tahun

sebelumnya. Peningkatan produksi tertinggi pada tahun 2010 berkaitan dengan terjadi kondisi *La Nina* dengan curah hujan 193,58 mm/bulan (BMKG 2016). Kondisi ini memenuhi syarat tumbuh kedelai, sesuai dengan pendapat Andrianto dan Indarto (2004) bahwa tanaman kedelai dapat tumbuh baik pada curah hujan 100-200 mm/bulan. Perubahan iklim yang berdampak terhadap penurunan produksi kedelai terjadi pada tahun 1982, 1994, 1997, 2002, 2008, 2011, dan 2015. Sebagian besar petani mengusahakan kedelai pada lahan kering sehingga pasokan air bagi tanaman bergantung pada hujan. Produksi nasional kedelai ditentukan oleh dua sumber pertumbuhan utama, yaitu pertumbuhan luas tanam/panen dan produktivitas. Produktivitas tanaman menggambarkan kesesuaian terhadap lahan dan iklim serta penerapan teknologi produksi.

Dampak perubahan iklim terhadap produksi tanaman terbagi atas dua, yaitu dampak karena pengaruh *El Nino* dan *La Nina*. Dampak *El Nino* terhadap penurunan produksi pangan umumnya terjadi melalui penurunan curah hujan yang selanjutnya menimbulkan kegagalan panen akibat tanaman menderita kekeringan. Sebaliknya, *La Nina* dapat menunjang keberhasilan panen karena meningkatnya curah hujan. Dengan demikian, potensi dampak *El Nino* dan *La Nina* terhadap penurunan produksi berbeda menurut komoditas pangan yang diusahakan (Irawan 2006) dan bergantung pada beberapa faktor (Yokoyama 2003, Irawan 2003), mencakup (1) ketersediaan air agar tanaman dapat tumbuh optimal, (2) toleransi tanaman terhadap keterbatasan suplai air, (3) tipe lahan yang dimanfaatkan untuk budi daya tanaman pangan, (4) pola tanam menurut musim tanam, dan (5) pola kejadian *El Nino* dan *La Nina* menurut bulan atau musim tanam.



Gambar 4. Nilai aktual, ekspektasi, estimasi perubahan iklim, dan dampak perubahan iklim dengan peubah produksi kedelai dalam periode 1072-2015 di Provinsi Papua

Tabel 5. Nilai ekspektasi, estimasi perubahan iklim, dan dampak perubahan iklim dengan peubah produksi kedelai pada tahun terjadinya perubahan iklim di Provinsi Papua

| Tahun | Nilai Aktual | Nilai Ekspektasi | Batas Bawah | Batas Atas | Estimasi Pengaruh Iklim | Dampak Perubahan Iklim |
|-------|--------------|------------------|-------------|------------|-------------------------|------------------------|
| 1972 | 97 | 37,5 | 3.947 | 4.022,1 | 59,5 | 3.969 |
| 1975 | 121 | 170 | 3.815 | 4.154 | -49 | 0 |
| 1977 | 120 | 120,5 | 3.864 | 4.105 | -0,5 | 0 |
| 1982 | 573 | 1.384 | 2.601 | 5.368 | -811 | -2.028 |
| 1987 | 7.122 | 3.511,5 | 437 | 7.496 | 3.610 | 572 |
| 1994 | 4.261 | 5.156 | 1.171 | 9.140 | -895 | -3.090 |
| 1997 | 6.376 | 7.183,5 | 3.199 | 11.168 | -807,5 | -3.177 |
| 1998 | 8.398 | 6.914 | 3.063 | 10.765 | 1.484 | 2.367 |
| 2002 | 5.126 | 7.664 | 3.679 | 11.648 | -2.538 | -1.447 |
| 2008 | 3.983 | 4102 | 117 | 8.086 | -119 | -3866 |
| 2010 | 4.152 | 3.990,5 | 6 | 7.975 | 161,5 | 3.823 |
| 2011 | 3.958 | 4.075,5 | 91 | 8.060 | -117,5 | -3867 |
| 2015 | 3.522 | 4.296,5 | 312 | 8.281 | -774,5 | -3.210 |

Kelebihan Model Tren Quadratic dan Moving Average Ordo 2 (MA2)

Keakuratan dalam time series forecasting (peramalan) berperan penting dalam pengambilan keputusan. Hasil dari peramalan bisa digunakan untuk mengantisipasi produksi dalam beberapa bulan atau beberapa tahun ke depan. Penggunaan model *tren quadratic* dan *moving average* ordo 2 (MA2) relatif lebih akurat dalam memprediksi produksi tanaman pangan di Papua pada tahun terjadinya perubahan iklim dengan menggunakan data dalam rentang waktu 1970-2015.

Hasil analisis peramalan dengan kedua metode ditunjukkan dalam bentuk grafik, MAPE, MAD, dan MSD dari semua uji coba terhadap variabel yang digunakan. Dengan mengetahui model time series yang sesuai untuk masing-masing tanaman pangan di Papua, dapat dilakukan peramalan yang mampu memprediksi produksi ke depan. Hasil prediksi diharapkan dapat membantu petani mengantisipasi penurunan produksi. Model yang diperoleh sebagai output peramalan dapat digunakan dalam meningkatkan produksi. Penggunaan model *tren quadratic* dan *moving average* ordo 2 (MA2) menghasilkan nilai peramalan yang mendekati data aktual.

KESIMPULAN

Model *tren moving average* ordo 2 sesuai untuk menduga nilai ekspektasi produksi padi dan kedelai

pada periode 1970-2015. Model *tren quadratic* sesuai untuk menduga nilai ekspektasi produksi jagung dan ubi jalar yang didasarkan atas nilai MAPE, MAD, dan MSD. Perubahan iklim pada tahun 2002 berdampak terhadap penurunan produksi padi, kedelai, dan ubi jalar, sementara produksi jagung mengalami peningkatan. Ubi jalar paling toleran terhadap perubahan iklim yang tercermin dari peningkatan produksi 2,5% pada kondisi *El Nino* dan kedelai paling peka terhadap iklim *El Nino* maupun *La Nina*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kepala BPTP Papua Dr. Ir. Muhammad Thamrin, M.Si, Kepala Dinas Pertanian TPH Provinsi Papua, Kepala BMKG Provinsi Papua, Kepala BPS Provinsi Papua, Koord Program BPTP Papua Dr. Ir. Martina Sri Lestari, MP atas dukungan, saran serta masukan positif sehingga tulisan ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto, T. T dan N. Indarto. 2004. Budidaya dan Analisis Usahatani; Kedelai, Kacang Hijau, Kacang Panjang. Yogyakarta : Absolut. 124 hal.
- Angles, S., M. Chinnadurai and A. Sundar. 2011. Awarenesson impact of climate change on dryland agriculture and coping mechanisms of dryland farmers. Indian Journal of Agricultural Economics 66 : 365-372.

- Aqil, M., Z. Bunyamin, dan N. N. Andayani. 2013. Inovasi teknologi adaptasi tanaman jagung terhadap perubahan iklim. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian. Diakses pada tanggal 8 Oktober 2016. Tersedia di: https://www.academia.edu/10237128/inovasi_teknologi_adaptasi_tanaman_jagung_terhadap_perubahan_iklim?auto=download.
- Ariyanto, S. E. 2010. Kajian dampak perubahan iklim terhadap produktivitas kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.) di lahan kering. *Jurnal Sains dan Teknologi* 3 : 1-9.
- Asnawi, R. 2015. Perubahan iklim dan kedaulatan pangan di Indonesia. tinjauan produksi dan kemiskinan. *Sosio Informa* 1 : 293-309.
- As-syakur, A. 2007. Identifikasi hubungan fluktuasi nilai soi terhadap curah hujan bulanan di kawasan Batukaru Bedugul Bali. *Jurnal Bumi Lestari* 7 : 123-129.
- Australian Bureau of Meteorology [Internet]. 2016. Southern Oscillation. [cited 2016 September 30]. Available from: [Index.http://www.bom.gov.au/climate/glossary/soi.shtml](http://www.bom.gov.au/climate/glossary/soi.shtml).
- BMKG [Internet]. 2016. Data Iklim. [diakses 30 September 2017]. Tersedia di: <http://dataonline.bmkg.go.id/home>.
- BPS Provinsi Papua. 2015. Papua dalam angka. Biro Pusat Statistik Papua. Papua. 606 hal.
- Edrus, I. N. 2004. Kebijakan pengembangan agribisnis dan agroindustri umbi-umbian di Maluku. Laporan Hasil Penelitian. BPTP Maluku 2004. Maluku. (tidak diterbitkan).
- Effendy, S. 2001. Urgensi prediksi cuaca dan iklim di bursa komoditas unggulan pertanian. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana/S3. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Firdaus, M. 2006. Analisis Deret Waktu Satu Ragam. Bogor: IPB Press.
- Fitria, W. dan M. S. Pratama. 2013. Pengaruh fenomena El Nino 1997 dan La Nina 1999 terhadap curah hujan di Biak. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* 14 : 65-74.
- Hadi, P. U., C. Saleh, A. S. Bagyo, R. Hendayana, Y. Marisa dan I. Sadikin. 2000. Studi kebutuhan asuransi pertanian rakyat. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian. Bogor.
- Herdiani, E. [Internet] 2012. Upaya mengatasi dampak perubahan iklim di sektor pertanian. [diakses 1 September 2016]. Tersedia di: <http://www.bbpp-lembang.info/index.php/arsip/artikel/artikel-pertanian/551-upaya-mengatasi-dampak-perubahan-iklim-di-sektor-pertanian>.
- Hidayati, I. N. dan Suryanto. 2015. Pengaruh perubahan iklim terhadap produksi pertanian dan strategi adaptasi pada lahan rawan kekeringan. *Jurnal Ekonomi dan Studi Pembangunan* 16:42-52.
- Irawan, B. 2003. Multilevel impact assessment and coping strategies against El Nino : case of food crops in Indonesia. CGPRT Center working Paper No. 75. United Nations.
- Irawan, B. 2006. Fenomena anomali iklim El Nino dan La Nina : kecenderungan jangka panjang dan pengaruhnya terhadap produksi pangan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi* 24: 28-45.
- Junaidi. [Internet]. 2009. Estimasi dan Pemilihan Model dengan Minitab. [diakses 6 Oktober 2018]. Tersedia di: <https://junaidichaniago.wordpress.com/2009/03/14/estimasi-dan-penentuan-model-dengan-minitab-seri-3-peramalan/>.
- Las, I., B. Suprihatno, A. A. Daradjat, Suwarno, B. Abdullah dan Satoto. [Internet]. 2006. Inovasi teknologi varietas unggul padi : perkembangan, arah, dan strategi ke depan. [diakses pada tanggal 8 Oktober 2016]. Tersedia di: <http://www.litbang.pertanian.go.id/buku/ekonomi-padi-beras/BAB-V-1.pdf>.
- Las, I., A. Pramudia, E. Runtuwuwu dan P. Setyanto. 2011. Antisipasi perubahan iklim dalam mengamankan produksi beras nasional. *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian* 4: 76-86.
- Limbongan, J dan A. Soplanit. 2007. Ketersediaan teknologi dan potensi pengembangan ubijalar (*Ipomea batatas* L) di Papua. *Jurnal Litbang Pertanian* 26: 131-138.
- LPTP Koya Barat. 2000. Paket teknologi usaha tani ubi jalar. Lembar Informasi Pertanian, Loka Pengkajian Teknologi Pertanian Koya Barat No. 08 tahun 2000. 30 hal.
- NAS (National Academy of Science). 2007. Global Warming to Cause More Severe Tornadoes, Storms, Fox News, August 31, 2007.
- Nasoetion, M.H. 2009. Peramalan populasi ayam buras di Jawa Tengah dengan menggunakan model trend least square, Hal. 712-719. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Kebangkitan Peternakan – Semarang, 20 Mei 2009*.
- Naylor, R., D.S. Battisti, W. P. Falcon, M. Burke, and D. Vimont. 2007. Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture, *PNAS (Proceeding of the National Academy of Science)* 104 :7752-7757.
- Permana, D. S. 2011. Analisis data meteorologi pemantau cuaca otomatis berbagai elevasi dan data radiosonde di Papua. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* 12: 151-162.
- Pusdatin Kementan. [Internet]. 2016. Basis data statistik pertanian. [diakses pada tanggal 7 Oktober 2016]. Tersedia di: <https://aplikasi.pertanian.go.id/bdsp/newkom.asp>.

- Ramadhana, L. A. [Internet]. 2016. BMKG imbau masyarakat tidak berlebihan menanggapi La Nina. [diakses pada tanggal 8 Oktober 2016]. Tersedia di: http://beritajatim.com/politik_pemerintahan/269256/bmkg_imbau_masyarakat_tidak_berlebihan_menanggapi_la_nina.html.
- Santoso, S. [Internet]. 2008. Analisis trend (materi x : pengertian dan metode least square). [Diakses pada tanggal 12 Juli 2017]. Tersedia di: <http://ssantoso.blogspot.co.id/2008/08/analisis-trend-materi-x-pengertian-dan.html>.
- Santoso, A. B. 2016. Pengaruh perubahan iklim terhadap produksi tanaman pangan di Provinsi Maluku. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 35: 29-38.
- Santoso, A.B dan Nurfaizin. 2017. Proyeksi daya dukung pakan dan populasi sapi di Provinsi Maluku. *Jurnal Agriekonomika* 6:1-11.
- Syaifullah, D. 2010. Kajian sea surface temperature (SST), southern oscillation index (SOI) dan dipole mode pada kegiatan penerapan teknologi modifikasi cuaca di Provinsi Riau dan Sumatera Barat Juli – Agustus 2009. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*. 11: 1-7.
- Sembiring, H. 2010. Kesiapan teknologi budidaya padi menanggulangi dampak perubahan iklim global. *Prosiding Seminar Ilmiah Hasil Penelitian Padi Nasional 2010 (Buku 1)*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi.
- Sofyan, A. 1991. *Teknik dan metode peramalan*. Jakarta: LPFE UI.
- Suberjo. 2009. *Adaptasi Pertanian dalam Pemanasan Global*. [diakses pada tanggal 4 Oktober 2016]. Tersedia di: http://eprints.umk.ac.id/89/1/KAJIAN_DAMPAK_PERUBAHAN_IKLIM.pdf.
- Supangat, A. 2008. *Statistik dalam Kajian Deskriptif, Infensi dan Paramatik*. Kencana Prenada. Jakarta. 428 hal.
- Surmaini, E., E. Runtunuwu, dan I. Las. 2011. Upaya sektor pertanian dalam menghadapi perubahan iklim. *Jurnal Litbang Pertanian* 30: 1-7.
- Utami, Jamhari, dan S. Hardyastuti. 2011. El Nino, La Nina dan penawaran pangan di Jawa, Indonesia. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*. 12 : 257-271.
- Yokoyama, S. 2003. ENSO impact on food crop production and the role of CGPRT crops in Asia and the Pasific. *Makalah Pembangunan pertanian*. Bogor 6 Maret 2003.

Tabel Lampiran 1: Nilai SOI bulanan dalam periode 1970-2015 di Samudera Pasifik

| Tahun | Bulan | | | | | | | | | | | | Rata-rata |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Agst | Sep | Okt | Nov | Des | |
| 1970 | -10,1 | -10,7 | 1,8 | -4,6 | 2,1 | 9,9 | -5,6 | 4 | 12,9 | 10,3 | 19,7 | 17,4 | 3,9 |
| 1971 | 2,7 | 15,7 | 19,2 | 22,6 | 9,2 | 2,6 | 1,6 | 14,9 | 15,9 | 17,7 | 7,2 | 2,1 | 10,9 |
| 1972 | 3,7 | 8,2 | 2,4 | -5,5 | -16,1 | -12 | -18,6 | -8,9 | -14,8 | -11,1 | -3,4 | -12,1 | -7,3 |
| 1973 | -3 | -13,5 | 0,8 | -2,1 | 2,8 | 12,3 | 6,1 | 12,3 | 13,5 | 9,7 | 31,6 | 16,9 | 7,3 |
| 1974 | 20,8 | 16,2 | 20,3 | 11,1 | 10,7 | 2,6 | 12 | 6,6 | 12,3 | 8,5 | -1,4 | -0,9 | 9,9 |
| 1975 | -4,9 | 5,3 | 11,6 | 14,4 | 6 | 15,5 | 21,1 | 20,7 | 22,5 | 17,7 | 13,8 | 19,5 | 13,6 |
| 1976 | 11,8 | 12,9 | 13,2 | 1,2 | 2,1 | 0,2 | -12,8 | -12,1 | -13 | 3 | 9,8 | -3 | 1,1 |
| 1977 | -4 | 7,7 | -9,5 | -9,6 | -11,4 | -17,7 | -14,7 | -12,1 | -9,4 | -12,9 | -14,6 | -10,6 | -9,9 |
| 1978 | -3 | -24,4 | -5,8 | -7,9 | 16,3 | 5,8 | 6,1 | 1,4 | 0,8 | -6,2 | -2 | -0,9 | -1,7 |
| 1979 | -4 | 6,7 | -3 | -5,5 | 3,6 | 5,8 | -8,2 | -5 | 1,4 | -2,5 | -4,7 | -7,5 | -1,9 |
| 1980 | 3,2 | 1,1 | -8,5 | -12,9 | -3,5 | -4,7 | -1,7 | 1,4 | -5,2 | -1,9 | -3,4 | -0,9 | -3,1 |
| 1981 | 2,7 | -3,2 | -16,6 | -5,5 | 7,6 | 11,5 | 9,4 | 5,9 | 7,5 | -5 | 2,6 | 4,7 | 1,8 |
| 1982 | 9,4 | 0,6 | 2,4 | -3,8 | -8,2 | -20,1 | -19,3 | -23,6 | -21,4 | -20,2 | -31,1 | -21,3 | -13,1 |
| 1983 | -30,6 | -33,3 | -28 | -17 | 6 | -3,1 | -7,6 | 0,1 | 9,9 | 4,2 | -0,7 | 0,1 | -8,3 |
| 1984 | 1,3 | 5,8 | -5,8 | 2 | -0,3 | -8,7 | 2,2 | 2,7 | 2 | -5 | 3,9 | -1,4 | -0,1 |
| 1985 | -3,5 | 6,7 | -2 | 14,4 | 2,8 | -9,6 | -2,3 | 8,5 | 0,2 | -5,6 | -1,4 | 2,1 | 0,9 |
| 1986 | 8 | -10,7 | 0,8 | 1,2 | -6,6 | 10,7 | 2,2 | -7,6 | -5,2 | 6,1 | -13,9 | -13,6 | -2,4 |
| 1987 | -6,3 | -12,6 | -16,6 | -24,4 | -21,6 | -20,1 | -18,6 | -14 | -11,2 | -5,6 | -1,4 | -4,5 | -13,1 |
| 1988 | -1,1 | -5 | 2,4 | -1,3 | 10 | -3,9 | 11,3 | 14,9 | 20,1 | 14,6 | 21 | 10,8 | 7,9 |
| 1989 | 13,2 | 9,1 | 6,7 | 21 | 14,7 | 7,4 | 9,4 | -6,3 | 5,7 | 7,3 | -2 | -5 | 6,8 |
| 1990 | 1,1 | -17,3 | -8,5 | -0,5 | 13,1 | 1 | 5,5 | -5 | -7,6 | 1,8 | -5,3 | -2,4 | -2,0 |
| 1991 | 5,1 | 0,6 | -10,6 | -12,9 | -19,3 | -5,5 | -1,7 | -7,6 | -16,6 | -12,9 | -7,3 | -16,7 | -8,8 |
| 1992 | -25,4 | -9,3 | -24,2 | -18,7 | 0,5 | -12,8 | -6,9 | 1,4 | 0,8 | -17,2 | -7,3 | -5,5 | -10,4 |
| 1993 | -8,2 | -7,9 | -8,5 | -21,1 | -8,2 | -16 | -10,8 | -14 | -7,6 | -13,5 | 0,6 | 1,6 | -9,5 |
| 1994 | -1,6 | 0,6 | -10,6 | -22,8 | -13 | -10,4 | -18 | -17,2 | -17,2 | -14,1 | -7,3 | -11,6 | -11,9 |
| 1995 | -4 | -2,7 | 3,5 | -16,2 | -9 | -1,5 | 4,2 | 0,8 | 3,2 | -1,3 | 1,3 | -5,5 | -2,3 |
| 1996 | 8,4 | 1,1 | 6,2 | 7,8 | 1,3 | 13,9 | 6,8 | 4,6 | 6,9 | 4,2 | -0,1 | 7,2 | 5,7 |
| 1997 | 4,1 | 13,3 | -8,5 | -16,2 | -22,4 | -24,1 | -9,5 | -19,8 | -14,8 | -17,8 | -15,2 | -9,1 | -11,7 |
| 1998 | -23,5 | -19,2 | -28,5 | -24,4 | 0,5 | 9,9 | 14,6 | 9,8 | 11,1 | 10,9 | 12,5 | 13,3 | -1,1 |
| 1999 | 15,6 | 8,6 | 8,9 | 18,5 | 1,3 | 1 | 4,8 | 2,1 | -0,4 | 9,1 | 13,1 | 12,8 | 7,9 |
| 2000 | 5,1 | 12,9 | 9,4 | 16,8 | 3,6 | -5,5 | -3,7 | 5,3 | 9,9 | 9,7 | 22,4 | 7,7 | 7,8 |
| 2001 | 8,4 | 11,9 | 6,7 | 0,3 | -9 | 1,8 | -3,7 | -8,2 | 1,4 | -1,9 | 7,2 | -9,1 | 0,5 |
| 2002 | 2,7 | 7,7 | -5,2 | -3,8 | -14,5 | -6,3 | -7,6 | -14,6 | -8,2 | -7,4 | -6 | -10,6 | -6,2 |
| 2003 | -2 | -7,4 | -6,8 | -5,5 | -7,4 | -12 | 2,9 | -1,8 | -2,2 | -1,9 | -3,4 | 9,3 | -3,2 |
| 2004 | -11,6 | 9,1 | 0,2 | -15,4 | 13,1 | -15,2 | -6,9 | -7,6 | -2,8 | -3,7 | -8,6 | -8 | -4,8 |
| 2005 | 1,8 | -28,6 | 0,2 | -11,2 | -14,5 | 2,6 | 0,9 | -6,9 | 3,9 | 10,9 | -2 | 0,1 | -3,6 |
| 2006 | 12,7 | 0,1 | 13,8 | 14,4 | -9,8 | -6,3 | -7,6 | -15,9 | -5,8 | -16 | -1,4 | -3,5 | -2,1 |
| 2007 | -7,8 | -2,7 | -1,4 | -3 | -2,7 | 5 | -5 | 2,7 | 1,4 | 5,4 | 9,2 | 14,4 | 1,3 |
| 2008 | 14,1 | 21,3 | 12,2 | 4,5 | -3,5 | 4,2 | 2,2 | 9,1 | 13,5 | 13,4 | 17,1 | 13,3 | 10,1 |
| 2009 | 9,4 | 14,8 | 0,2 | 8,6 | -7,4 | -2,3 | 1,6 | -5 | 3,9 | -14,7 | -6 | -7 | -0,3 |
| 2010 | -10,1 | -14,5 | -10,6 | 15,2 | 10 | 1,8 | 20,5 | 18,8 | 24,9 | 18,3 | 16,4 | 27,1 | 9,8 |
| 2011 | 19,9 | 22,3 | 21,4 | 25,1 | 2,1 | 0,2 | 10,7 | 2,1 | 11,7 | 7,3 | 13,8 | 23 | 13,3 |
| 2012 | 9,4 | 2,5 | 2,9 | -7,1 | -2,7 | -10,4 | -1,7 | -5 | 2,6 | 2,4 | 3,9 | -6 | -0,8 |
| 2013 | -1,1 | -3,6 | 10,5 | 0,3 | 8,4 | 13,9 | 8,1 | -0,5 | 3,9 | -1,9 | 9,2 | 0,6 | 4,0 |
| 2014 | 12,2 | -1,3 | -13,3 | 8,6 | 4,4 | -1,5 | -3 | -11,4 | -7,6 | -8 | -10 | -5,5 | -3,0 |
| 2015 | -7,8 | 0,6 | -11,2 | -3,8 | -13,7 | -12 | -14,7 | -19,8 | -17,8 | -20,2 | -5,3 | -9,1 | -11,2 |

Sumber: Australian Bureau of Meteorology (2016). SOI: Southern Oscillation Index