

Perbandingan Metode *Moving Average* untuk Prediksi Hasil Produksi Kelapa Sawit

Surya Agustian¹, Heru Wibowo²

Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau^{1,2}
Jl. H.R. Soeberantas km 11.5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru
e-mail: sagustian@uin-suska.ac.id¹; heruw.08@gmail.com²

Abstrak

Kelapa sawit menjadi salah satu produk utama dari Propinsi Riau, yang turut menyumbangkan PAD (Pendapatan Asli Daerah) dan devisa yang tinggi. Namun demikian, produksi sawit setiap bulan tidaklah selalu stabil atau meningkat, melainkan mengalami naik dan turun yang dipengaruhi oleh banyak faktor. Produksi yang turun tentu saja tidak bagus untuk perkembangan bisnis. Agar produksi sawit tetap bertumbuh dalam rate yang baik, mempelajari pola hasil panen setiap bulannya menjadi penting. Salah satu tujuannya adalah untuk memprediksi hasil panen di bulan berikutnya, agar dapat mengantisipasi lebih awal bila terjadi penurunan produksi. Penelitian ini mendiskusikan beberapa hasil dari empat metode prediksi berbasis *moving average* (MA), yaitu *simple MA*, *double MA*, *exponential MA*, dan *weighted MA*. Hasil pengujian terhadap data produksi bulanan PTPN V selama 5 tahun menunjukkan bahwa metode *weighted moving average* merupakan metode yang memiliki error terkecil berdasarkan parameter *mean absolute percentage error* (MAPE). Pengujian berdasarkan pergerakan data horizontal (produksi bulanan pada satu tahun) memiliki rata-rata persentase error sebesar 12.53%, dilakukan untuk mengamati trend hasil panen. Sedangkan hasil prediksi berdasarkan pergerakan data vertikal (produksi bulan yang sama dari data berurut tahunan) memiliki rata-rata persentase error sebesar 7.35%, yang dilakukan untuk pengamatan musim.

Kata kunci: *moving average*, *mean absolute percentage error* (MAPE)

Abstract

Palm oil becomes a main product of Riau Province, which has contributed to a high value of gross domestic product. Even so, the monthly production of palm oil is not so stable moreover increasing, but rather ripple which are influenced by many factors. Products which are declining, is certainly not good for business development. In order to increase the palm oil products, learning the pattern of its' monthly harvests become important. One of the purpose is to predict harvests in the following months, so that some anticipation can be early implemented when the harvests declined. This work discusses some results of four different prediction methods based on *moving average* (MA), i.e. *simple MA*, *double MA*, *exponential MA*, and *weighted MA*. From the experiments on monthly harvests report from PTPN V in 5 years show that *weighted MA* is the method which has the lowest error based on *mean absolute percentage error* (MAPE). Based on moving step in horizontal direction (monthly predictions in a certain year), it yields the average error of 12.53%, is used to analyze the trend of palm harvest. While the predictions on the vertical direction (same months at the consecutive years) have the average error of 7.35%, is used to analyze the seasons.

Keywords: *moving average*, *mean absolute percentage error* (MAPE)

1. Pendahuluan

Menurut Ditjen Perkebunan RI, Riau merupakan propinsi dengan luasan perkebunan sawit terbesar di Sumatera¹. Bila dahulu Riau dikenal sebagai propinsi penghasil minyak bumi terbesar di Indonesia, namun saat ini Riau justru menjadi penghasil minyak sawit yang lebih besar, seiring dengan merosotnya produksi karena berkurangnya cadangan minyak bumi. Tidak mengherankan, bila devisa yang dihasilkan oleh minyak sawit di Indonesia telah mengalahkan minyak bumi sejak tahun 2010 [1]. Namun demikian, produksi sawit tidaklah konstan setiap bulan, tetapi mengalami naik-turun yang dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti iklim, curah hujan, kesuburan tanah, harga jual, dan lain-lain.

Langkah-langkah antisipasi seperti pemberian pupuk dan lainnya dapat dilakukan dengan mengamati pola hasil produksi apabila hanya mengamati faktor alamiah, seperti iklim dan kesuburan tanah. Sedangkan faktor ekonomi dan politik perdagangan lebih sulit diprediksi, karena bersifat sangat dinamis dan lebih banyak lagi kaitannya dengan bidang-bidang lain.

PTPN (PT Perkebunan Negara) V adalah salah satu badan usaha milik negara yang memiliki area luasan perkebunan sawit yang sangat besar di Propinsi Riau. Sebagai BUMN, orientasi keuntungan tentu menjadi tuntutan, di samping tujuan memberdayakan masyarakat dan

¹ <https://www.infosawit.com/news/6026/5-provinsi-produsen-terbesar-sawit-nasional>

membuka lapangan kerja. Salah satu cara untuk meningkatkan keuntungan, adalah dengan menambah luas area perkebunan, atau intensifikasi hasil-hasil perkebunan yang tetap menggunakan lahan yang ada tanpa memperluas area perkebunan. Caranya adalah dengan mengoptimalkan pemeliharaan sawit yang sudah menghasilkan, misalnya pengoptimalan pemberian pupuk, membersihkan lahan dari tumbuhan pengganggu, dan lain-lainnya. Namun, perlu diketahui kapan sebaiknya kegiatan optimalisasi ini dilakukan, agar tidak terjadi inefisiensi biaya dan juga tenaga.

Salah satu cara untuk mengetahui waktu-waktu yang tepat untuk melakukan kegiatan tersebut adalah dengan mengamati pola peningkatan atau penurunan hasil panen, dan memprediksi hasil panen bulan berjalan sampai beberapa bulan ke depannya. Ada banyak metode prediksi dan peramalan yang dapat diterapkan, dari metode konvensional (seperti *autoregression*, *exponential smoothing*, *moving average*, dengan berbagai variannya masing-masing, dan lainnya) [2] sampai kepada metode-metode berbasis pembelajaran mesin (*machine learning*). Namun, untuk ketersediaan jumlah data yang terbatas dan sedikit, misalnya 5 – 10 tahun, metode konvensional berbasis *statistic time series* seperti *averaging (mean)* dan *median* lebih tepat untuk digunakan.

Metode konvensional lainnya yang digunakan untuk prediksi produksi kelapa sawit antara lain adalah dekomposisi [3] yang memecah deret berkala (*time series*) menjadi beberapa komponen dan mengidentifikasinya secara terpisah. Teknik berbasis *moving average* juga dianalisa pada [4], [5] dan [6] dalam mengestimasi produksi sawit, dengan menghitung regresi dan pergeseran nilai rerata pada data *time series* dengan rentang tertentu (Box-Jenkins ARIMA). Namun mereka tidak menganalisa berapa *error* prediksi yang dihasilkan.

Metode pembelajaran mesin untuk prediksi produksi sawit, seperti jaringan syaraf tiruan (*neural network*) diimplementasikan pada [7], [8] dan [9], dengan hasil MAPE antara 10-25%. Hal ini karena tingkat keberhasilan *neural network* sangat tergantung kepada tersedianya sejumlah data yang besar dan valid untuk digunakan pada proses belajar (*training*). Sedangkan untuk kasus-kasus prediksi produksi sawit ini, data kontinu yang tersedia baru beberapa tahun saja (terbatas).

Penelitian ini mendiskusikan beberapa pendekatan berbasis *moving average* dari data *time series* produksi sawit selama 5 tahun berturut-turut, untuk memprediksi hasil produksi PTPN V untuk beberapa bulan ke depan, maupun pada bulan tertentu berdasarkan data bulan-bulan yang sama di tahun sebelumnya. Hasil yang diperoleh cukup kompetitif dengan rentang nilai *error* prediksi MAPE berkisar antara 9-13%.

Bagian selanjutnya akan mendiskusikan mengenai metode riset yang dilakukan, dan diikuti dengan pembahasan hasil dan analisa pada Bagian 3. Paper ini ditutup dengan kesimpulan dan saran di bagian terakhir.

2. Metodologi Riset

2.1 Moving Average

Untuk memprediksi hasil panen kelapa sawit, digunakan metode konvensional *moving average* berdasarkan *data time series* yang tersedia selama 5 tahun, yaitu dari tahun 2006 sampai 2011. *Moving average* (rerata bergerak) adalah metode menghitung rerata dari pergerakan sejumlah data berurutan dalam jangka waktu tertentu, pada sekelompok data berkala/berurut waktu (*time series*). Atau seperti dalam model yang lebih sederhana sebagaimana Persamaan 1, metode ini membentuk *window* (jendela) dari suatu barisan data y_t , yang terdiri dari n *sample* (misalnya $n=5$). *Window* ini bergerak di sepanjang t , sampai kepada batas akhir data tepat sebelum hasil prediksi \hat{y}_{t+1} . Umumnya nilai rata-rata diambil dari *window* ini, untuk mengestimasi data pada periode t berikutnya ($y_{(t+1)}$). Kemudian *window* bergerak 1 langkah ke depan, reratanya digunakan untuk memprediksi data pada periode $t+2$, dan seterusnya. Setiap ada penambahan data observasi baru, maka rata-rata dihitung kembali untuk menghasilkan prediksi yang baru.

Dari sebuah deret berkala $Y = y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9, y_{10}, \dots, y_t, y_{t+1}, \dots$

Hasil prediksi *data point* untuk ukuran *window* $n=5$ adalah:

$$\hat{y}_1 = \text{Pred}(y_1, y_2, y_3, y_4, y_5)$$

$$\hat{y}_2 = \text{Pred}(y_2, y_3, y_4, y_5, y_6)$$

⋮

$$\hat{y}_{t+1} = \text{Pred}(y_{t-n+1}, \dots, y_{t-3}, y_{t-2}, y_{t-1}, y_t) \quad (1)$$

Semakin banyak jumlah *data sample* pada kelompok bergerak (ukuran *window* observasi) yang diobservasi, maka estimasi metode *moving average* akan lebih baik. Hal ini karena ia cenderung meminimalkan efek-efek pergerakan yang tidak biasa yang muncul pada data. Dalam penelitian ini, beberapa metode prediksi (fungsi $Pred(y)$) berbasis *moving average* akan dievaluasi, yaitu *simple moving average* (SMA), *weighted moving average* (WMA), *exponential moving average* (XMA) dan *double moving average* (DMA).

Simple Moving Average (SMA)

Simple MA (atau *single moving average*) memiliki fungsi $Pred(y)$ yang sangat sederhana, yaitu menghitung nilai rata-rata dari n sample di dalam *window*, seperti Persamaan (2).

$$\hat{y}_{t+1} = Pred(y) = \frac{y_{t-n+1} + \dots + y_{t-3} + y_{t-2} + y_{t-1} + y_t}{n} \quad (2)$$

Weighted Moving Average (WMA)

Metode ini memiliki fungsi $Pred(y)$ sesuai dengan Persamaan (3), yang memberikan pembobotan w_i pada setiap sample di dalam *window*, dengan jumlah total dari bobot adalah 1. Bobot ditentukan secara empiris melalui pengalaman. Apabila bobot setiap sample sama besarnya, yaitu $1/n$, maka metode WMA menjadi SMA.

$$\hat{y}_{t+1} = Pred(y) = w_1 y_t + w_2 y_{t-1} + w_3 y_{t-2} + \dots + w_n y_{t-n+1}$$

$$\text{dengan } \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (3)$$

Exponential Moving Average (XMA)

Exponential Moving Average adalah metode MA yang populer di bidang bisnis penukaran mata uang atau valuta asing (*foreign currency exchange*). Kuncinya terletak pada penempatan bobot yang lebih besar dan signifikan pada *data point* yang lebih baru, terdekat dari data yang akan diprediksi. Seperti metode MA lainnya, indikator teknis ini digunakan untuk menghasilkan prediksi berdasarkan *crossover* dan *divergence* dari rata-rata historisnya. Cara kerja XMA untuk mengestimasi nilai data pada posisi $t+1$, adalah dengan:

- Menghitung terlebih dahulu SMA untuk *data point* pada $t=n+1$, dengan n adalah ukuran *window* MA. Ini menjadi nilai prediksi XMA awal.
- Kemudian dihitung faktor pengali W , dengan $W = \frac{2}{n+1}$
- Prediksi *data point* selanjutnya (\hat{y}_{t+1}), diestimasi dengan menjumlahkan XMA sebelumnya (XMA_t) dengan XMA koreksi, dengan persamaan $W(y_t - XMA_t)$, dengan y_t adalah *data point* sebenarnya pada posisi t . Prediksi XMA secara lengkap dihitung berdasarkan Persamaan (4) berikut.

$$\hat{y}_{t+1} = Pred(y) = \frac{2}{n+1}(y_t - XMA_t) + XMA_t$$

dengan prediksi pada $t = n + 1$ adalah $\hat{y}_{n+1} = XMA_n = SMA_n$ (4)

Double Moving Average (DMA)

Double MA melakukan estimasi terhadap *data point* sebanyak 2 kali (*double*) SMA. Biasanya, DMA dilakukan pada posisi *data point* yang cukup tinggi, atau dengan kata lain apabila tersedia data time series yang cukup panjang. Tahap perhitungannya, yaitu dengan menghitung nilai prediksi awal untuk setiap data point menggunakan SMA. Selanjutnya, terbentuk deret baru Y_{SMA} . Apabila deret awal seperti data pada Persamaan (1), maka deret baru SMA akan menjadi:

$$Y_{SMA} = y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, \hat{y}_6, \hat{y}_7, \hat{y}_8, \hat{y}_9, \hat{y}_{10}, \dots, \hat{y}_t, \hat{y}_{t+1}, \dots$$

DMA diestimasi dengan menerapkan kembali metode SMA terhadap deret baru Y_{SMA} ini (hasil prediksi SMA sebelumnya). Secara sederhana, dapat disebutkan bahwa DMA adalah mengestimasi ulang hasil prediksi SMA dengan menggunakan SMA lagi. Metode ini bagus dipergunakan untuk data historis yang memiliki trend tertentu tetapi bukan musiman.

2.2 Perhitungan Error

Baik atau tidaknya performa sebuah metode, dapat diukur dengan menghitung *error* (kesalahan) yang dihasilkan pada outputnya. Secara umum, kesalahan dihitung berdasarkan selisih antara nilai aktual (yang seharusnya) dengan nilai yang dihasilkan dari metode prediksi. Untuk data *time series*, di mana prediksi dilakukan pada setiap *data point* yang mungkin, maka performa unjuk kerja suatu metode prediksi dapat dihitung dengan menjumlahkan semua *error* prediksi pada setiap *data point*, dan/atau menghitung rata-ratanya.

Beberapa pengukuran kesalahan yang populer seperti *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Square Error* (MSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) [10]. MAE dan MSE lebih tepat digunakan untuk data-data yang sudah ternormalisasi, yang umumnya bernilai antara 0 dan 1. Sedangkan untuk kasus prediksi hasil panen kelapa sawit ini, data yang ada sangat bias dan besar (dalam ton), dan tidak diperlukan proses menormalisasi data. Dengan demikian, penggunaan MAPE lebih cocok untuk mengukur performa sistem.

Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE diperoleh dengan menghitung semua *error* absolut pada tiap posisi data point (selisih nilai aktual dengan nilai prediksi), dibagi dengan nilai aktual untuk posisi tersebut. Kemudian, menghitung rerata kesalahan persentase absolut tersebut. Hasilnya dikonversi ke dalam persen (dengan pengalihan 100%). Selengkapnya, MAPE dihitung sebagaimana Persamaan (5).

$$MAPE = \left(\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{y_t} \right) \times 100\% \quad (5)$$

3. Hasil dan Analisa

3.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari lokasi kebun Sungai Pagar Afdeling I, Afdeling II, dan Afdeling III milik PT. Perkebunan Nusantara V (Persero). Pada masing-masing afdeling terdapat beberapa jenis tahun tanam yang berbeda, sehingga dapat diasumsikan usia pohon sawit bervariasi, tersebar di lahan perkebunan secara merata. Data yang diperoleh berupa data produksi sawit (hasil panen dalam ton) selama 5 tahun berturut-turut, dari tahun 2007 sampai 2012. Semuanya lengkap untuk 12 bulan, yaitu dari bulan Januari 2007, sampai Desember 2012.

3.2 Set Up Pengujian

Aplikasi sistem prediksi dikembangkan dalam Bahasa pemrograman *script* PHP dan HTML, untuk ditampilkan melalui web browser. Sedangkan data dikelola dengan menggunakan database MySQL. Pengujian untuk memprediksi hasil produksi dilakukan berdasarkan pergerakan MA pada 2 arah deret waktu, yaitu waktu berkala dengan *point step* arah horizontal (normal, berurutan sesuai dengan peningkatan bulan dalam tahun yang sama), dan waktu berkala *step* arah vertikal (berurutan dalam peningkatan tahun di bulan yang sama), seperti ilustrasi pada Gambar 1.

		bulan ke												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
tahun ke	2007													
	2008													
	2009													
	2010													
	2011													
	2012													

Gambar 1. Ilustrasi arah pergerakan MA

Pengukuran performa masing-masing metode dilakukan dengan membandingkan *error rate* MAPE yang dicapai dalam arah prediksi vertikal dan arah horizontal. Dengan skema

pengujian ini, penulis ingin melihat pola hasil produksi berdasarkan *trend* untuk arah horizontal, dan berdasarkan musim untuk arah vertikalnya, sekaligus membandingkan metode mana yang lebih baik beserta teknis implementasi pada arah pergerakan MA prediksinya.

3.3 Hasil Eksperimen

Untuk pengujian dengan arah normal (*step* horizontal), digunakan ukuran window $n=5$. Data prediksi yang dihasilkan adalah dimulai dari Juni 2007, sampai Desember 2012. Kemudian dihitung tingkat *error* berdasarkan MAPE untuk hasil-hasil prediksi ini. Data bulan Januari – Mei 2007 tidak diprediksi, karena masih di dalam rentang *window* pertama. Secara keseluruhan, nilai prediksi, *error* dan presentase error setiap bulan yang estimasi dapat ditelusuri pada menu yang tersedia dalam system yang dibangun, seperti tampilan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan menu hasil prediksi dan error untuk metode SMA

Untuk memudahkan Analisa, hasil prediksi dirangkum dalam *score* MAPE akhir untuk keempat untuk kebutuhan analisis kuantitatif, seperti terlihat pada Tabel 1 dan 2. Bulan-bulan lainnya dapat diamati dengan lebih mudah dalam grafik yang disajikan pada Gambar 3.

Tabel 1. Rangkuman Skor MAPE untuk arah prediksi horizontal (*monthly timestep*)

Metode	SMA	WMA	XMA	DMA
MAPE score	13.13%	11.47%	11.78%	19.70%

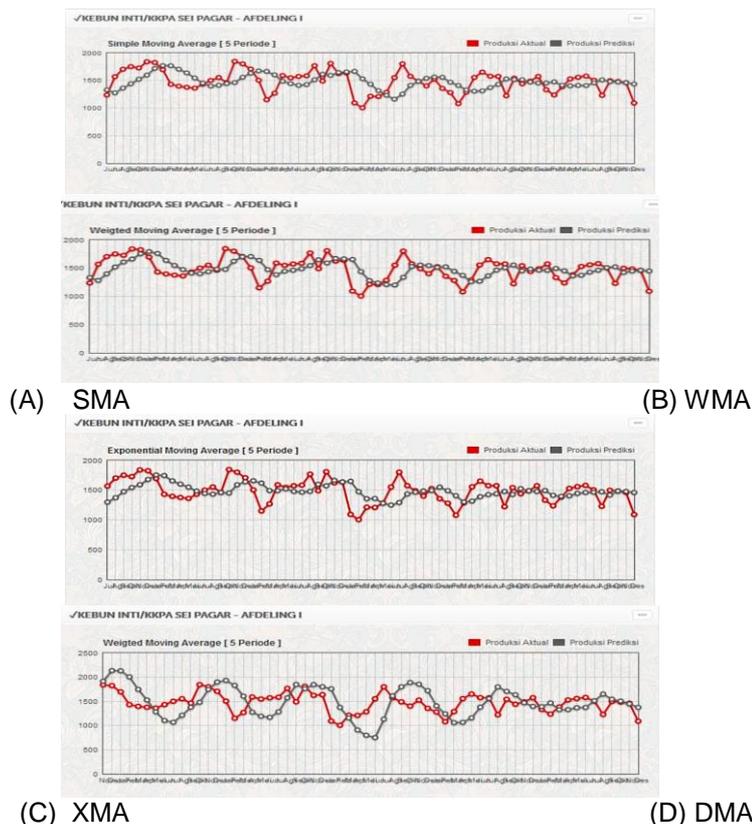
*evaluasi pada Januari 2007 - Desember 2012 (tiap bulan)

Tabel 2. Rangkuman Skor MAPE untuk arah prediksi vertikal (*yearly timestep*)

Metode	SMA	WMA	XMA	DMA
MAPE score	11.86%	7.26%	9.51%	**

*evaluasi pada bulan yang sama saja pada tahun 2012

**tidak dilakukan (tidak cukup data, hanya 5 data untuk tiap bulannya)



Gambar 3. Perbandingan hasil estimasi bulanan untuk keempat metode (arah prediksi horizontal)

3.4 Diskusi dan Analisa

Data yang disajikan dalam Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan rangkuman rata-rata dari nilai MAPE untuk ketiga area produksi PTPN V (Afdeling I, II, dan III). Nilai akhir pada tabel 1, yaitu untuk pengujian *monthly prediction*, hanya menampilkan rata-rata MAPE keseluruhan dari prediksi bulannya. Sedangkan MAPE prediksi bulanan (*horizontal timestep*) tidak signifikan untuk ditampilkan dalam laporan ini, karena datanya terlalu banyak (sekitar 60 data untuk setiap metode, dikali 3 area produksi, Afdeling I, II dan III).

Demikian juga dengan data prediksi tahunan, hanya ditampilkan prediksi untuk bulan November saja, di tahun 2012, karena tahun-tahun sebelumnya data aktual dipakai untuk *sample window*, dan pengujian ini mengambil ukuran window $n=5$, sehingga tidak dilakukan prediksi untuk tahun-tahun sebelumnya (2007 – 2011). Sedangkan data untuk bulan-bulan lainnya juga tidak signifikan untuk ditampilkan, karena cukup banyak, yaitu 12 bulan dikali 3 metode (36 data prediksi).

Berdasarkan hasil pengujian dan rangkuman skor MAPE di atas, metode WMA memiliki skor MAPE yang lebih kecil dibandingkan dengan metode lainnya, pada prediksi bulanan (MA bergerak secara horizontal), yaitu sebesar 11.47%. Sedangkan XMA tidak berbeda jauh dari WMA, yaitu 11.78%. Dalam pengujian untuk kasus lainnya, boleh jadi XMA akan lebih baik, disebabkan pemilihan nilai bobot untuk WMA adalah secara empiris atau coba-coba, sedangkan bobot pada XMA *fix* menggunakan formula tertentu (Persamaan (4)). Pada saat pemilihan bobot WMA tidak optimal, sangat mungkin performanya akan drop jauh di bawah yang lain.

Untuk pengujian MA yang bergerak secara vertikal, hanya 1 prediksi dapat dihasilkan untuk tiap-tiap bulan, disebabkan ketersediaan data yang terbatas (periode 6 tahun). Data bulanan 5 tahun sebelumnya digunakan untuk menghitung prediksi di tahun ke-6, karena kita telah

menetapkan ukuran *window* MA yang dipakai adalah $n=5$. DMA tidak dapat dilakukan, karena akan membutuhkan jumlah periode data tahun yang lebih besar lagi, sekurang-kurangnya 10 tahun. Perbandingan ketiga metode MA untuk MA yang bergerak vertikal ini, menunjukkan hasil yang konsisten, yaitu MAPE terkecil diperoleh saat menggunakan metode WMA. Namun, perbedaan yang agak jauh dengan XMA (sekitar 2%) tidak dapat menjadi justifikasi kalau WMA lebih baik, karena kita melakukan eksperimen dengan ukuran data yang kecil, dan pemilihan bobot yang tidak optimal dapat menyebabkan hasil prediksi menjadi buruk.

Untuk mengetahui informasi trend dan musim dari hasil produksi sawit, dapat diekstrak dari plot data dalam arah MA horizontal dan vertikal seperti Gambar 1. Prediksi hasil panen menggunakan metode *moving average* dengan memanfaatkan pergerakan MA vertikal, dapat dilakukan untuk bulan-bulan yang masih jauh dari waktu saat ini. Misalnya memprediksi hasil panen pada akhir musim penghujan 6 bulan kedepan, dapat dilakukan saat ini, karena data yang dipakai bergerak secara tahunan.

4. Kesimpulan

Metode *moving average* dengan berbagai variannya, dapat dilakukan untuk memprediksi suatu nilai di masa depan berdasarkan data *time series* di masa sebelumnya, dengan tingkat kesalahan yang cukup kompetitif dibanding metode-metode berbasis pembelajaran mesin seperti *neural network*.

Dalam penelitian ini, metode weighted MA memiliki tingkat error terkecil dibandingkan varian lainnya, dan konsisten untuk kedua model eksperimen. Namun demikian, pemilihan nilai bobot yang optimal akan menjadi suatu tugas yang cukup berat karena harus dilakukan secara coba-coba berdasarkan pengalaman.

Untuk kebutuhan real di lapangan, kita dapat memadukan hasil prediksi metode *moving average* berdasarkan pergerakan *data point* horizontal (*time step* bulanan) dengan pergerakan vertikal (*time step* tahunan), untuk melihat *trend* dan musim, sehingga memudahkan dalam mengambil langkah-langkah antisipasi untuk menjaga agar hasil aktual yang diperoleh sesuai dengan yang diharapkan.

Daftar Pustaka

- [1] GAPKI, *Industri Minyak Sawit Merupakan Industri Strategis Nasional*, 2016, pranala online: <https://gapki.id/news/1860/industri-minyak-sawit-merupakan-industri-strategis-nasional>, diakses 29 September 2019.
- [2] Jason Brownlee, *Introduction to Time Series Forecasting With Python*, 2019, Machine Learning Mastery Pty. Ltd., Vermont Victoria 3133, Australia, 2019
- [3] Irma Christiani, Neva Satyahadewi, *Peramalan Produksi Kelapa Sawit Pada PT Perkebunan Nusantara XIII (Persero) dengan Metode Dekomposisi*, Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster) Volume 05, No. 02 tahun 2016, hal 119 – 126
- [4] Tri Oktarina dan Rasmila, *Peramalan Produksi Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Metode ARIMA pada PT. Sampoerna Agro Tbk*, Prosiding Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesia, 5 Nov 2018
- [5] Sendy Parlinsa Elvani, Anis Rachma Utary, Rizky Yudaruddin, *Peramalan Jumlah Produksi Tanaman Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)*, Jurnal Manajemen, Volume 8, (1), 2016
- [6] Devi Windasari Saragih, Siti Sunendiari, *Pemilihan Metode Terbaik dalam Meramalkan Produksi Kelapa Sawit PTPN XIII Kalimantan Timur*, Prosiding Statistika Vol 4 No. 1, 2018
- [7] Muhammad Hamdani, *Peramalan Pasokan Tandan Buah Segar Dan Penjualan Minyak Sawit Kasar Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik*, Skripsi S1, Ilmu Komputer, IPB, 2012
- [8] Eka Irawan, *Analisis Penambahan Nilai Momentum Pada Prediksi Produktivitas Kelapa Sawit Menggunakan Backpropagation*, Tesis S2, Magister Teknik Informatika, USU, 2017
- [9] Retiana Fadma Pertiwi Sinaga, Budi Darma Setiawan, Marji, *Peramalan Produksi Kelapa Sawit Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan Metode Backpropagation*, Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Vol. 2, No. 11, 2018, hlm. 4613-4620
- [10] Hyndman, Rob J., and Anne B. Koehler (2006). "Another look at measures of forecast accuracy." *International Journal of Forecasting*, 22(4):679-688 doi:10.1016/j.ijforecast.2006.03.001.