

## RINGKASAN

Tanaman kelapa sawit merupakan salah satu penghasil devisa terbesar bagi Indonesia (USD 35 miliar pada tahun 2021). Luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia saat ini berkisar 14,7 juta hectare, dan di Sumatera Utara adalah 1,28 juta hektar dengan produksi CPO sebesar 5,3 juta ton (devisa sebesar Rp 59,32 triliun). Saat ini telah membuka lapangan pekerjaan setidaknya sebesar 614 ribu kepala keluarga petani dan bertambahnya infrastruktur hingga ke pelosok.

Curah hujan merupakan salah satu faktor penentu fluktuasi produksi tanaman kelapa sawit. Curah hujan di Sumatera Utara mempunyai tipe ekuatorial dengan dua puncak hujan, dan merata sepanjang tahun tanpa bulan kering ( $CH < 100\text{mm/bulan}$ ). Pola curah hujan di sentra perkebunan kelapa sawit diduga telah mengalami perubahan, dimana terjadi kekeringan Januari-Maret di tahun 2014-2015, yang mengakibatkan produksi TBS di Sumatera Utara menurun hingga 25%, dan volume ekspor CPO nasional mengalami penurunan sekitar 4 juta ton.

Anomali iklim di Indonesia kerap dikaitkan dengan kondisi ENSO dan IOD, begitu juga ketika terjadi kekeringan di pesisir timur Sumatera Utara tahun 2014-2015. Meskipun begitu, kejadian kekeringan pada awal 2014 tersebut disebutkan tidak berasosiasi dengan ENSO ataupun IOD karena pada tahun tersebut keduanya berada dalam kondisi normal, sehingga kejadian kekeringan tersebut diasosiasikan dengan kondisi suhu muka laut (SML) di Laut Cina Selatan yang lokasinya lebih dekat ke pesisir timur Sumatera Utara.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pola curah hujan secara spasial dan temporal, menganalisa keterkaitan curah hujan dengan indikator iklim global; dan membangun model penduga curah hujan berdasarkan indikator iklim global menggunakan ANN. Penelitian ini akan bermanfaat dalam pemahaman pola curah hujan di pesisir timur Sumatera Utara, dan sebagai dasar membangun sistem informasi perubahan iklim di Sumatera Utara. Hasil dari penelitian ini juga dapat dimanfaatkan perusahaan kelapa sawit dalam menyusun model proyeksi produksi. Selanjutnya pendugaan terjadinya anomali iklim akan menjadi *early warning* bagi petani agar dapat melakukan tindakan antisipasi dan adaptasi ketika akan terjadi kekeringan sehingga kehilangan produksi tanaman dapat diminimalkan.

Penelitian ini dilakukan terhadap sentra perkebunan kelapa sawit di pesisir timur Sumatera Utara, dengan menggunakan data curah hujan selama 16 tahun yang diperoleh dari 74 stasiun pengamat hujan. Indikator iklim global yang diamati yaitu *Southern Oscillation Index* - SOI, *Indian Oscillation Dipole* - IOD, dan data suhu muka laut di Laut Cina Selatan - LCS. Selanjutnya, penelitian dibagi menjadi tiga tahapan utama, tahap pertama yaitu menganalisa pola hujan serta dinamikanya secara spasial dan temporal dengan menggunakan *software* Arc GIS. Tahap kedua yaitu menentukan korelasi Indikator Iklim Global terhadap dinamika curah hujan dan kemudian menganalisisnya secara spasial. Selanjutnya tahap ketiga yaitu melakukan pendugaan tren curah hujan berdasarkan indikator iklim global.

Hasil analisa spasial menunjukkan bahwa wilayah paling timur memiliki curah hujan paling rendah dan kemudian semakin meningkat ke arah lereng pegunungan Bukit Barisan. Fluktuasi curah hujan yang terjadi, baik untuk periode curah hujan 1, 3, 4, dan 6 bulan, tidak selalu bersamaan dengan kejadian anomali indikator iklim global (El Nino, La Nina, IOD positif, IOD negatif, *Cold Surge*), namun dapat mendeskripsikan anomali curah hujan yang terjadi, baik anomali positif maupun negatif. Kelompok curah hujan musiman yang sesuai bagi kondisi di pesisir timur Sumatera Utara dan dapat dimanfaatkan oleh petani, peneliti, dan pemerhati iklim adalah JFM-AMJ-JAS-OND untuk periode 3 bulan; JFMA-MJJA-SOND untuk periode 4 bulan; dan JFMAMJ-JASOND untuk periode 6 bulan.

Analisa CH spasial lebih lanjut untuk periode 1 bulan menunjukkan bahwa terdapat pola berulang kejadian anomali CH yang ekstrim rendah ( $CH < 100$  mm/bulan), yang mana setelah tahun 2004 interval kejadiannya menjadi lebih cepat dengan luasan yang lebih besar dan intensitas lebih lama. Sedangkan kejadian curah hujan ekstrim tinggi ( $CH > 300$  mm/bulan) cenderung tidak mengalami perubahan baik interval pengulangan maupun intensitasnya. Kelompok periode 4 bulan memberikan hasil yang paling informatif dengan klasifikasi yang jelas antara periode kering dengan curah hujan rendah, periode peralihan, dan periode basah dengan curah hujan tinggi.

Analisa korelasi antara curah hujan dan indikator iklim global menunjukkan bahwa terdapat keeratan korelasi antara CH dengan kondisi SOI, IOD, dan LCS, baik pada periode CH 1, 3, 4, dan 6 bulan. Wilayah yang paling dipengaruhi oleh IOD adalah di area paling timur, sementara SOI adalah di area sebelah Utara, sedangkan LCS umumnya di area sebelah Utara dan area ujung Selatan. Analisis spasial dari korelasi menunjukkan bahwa SOI merepresentasikan keeratan korelasi di musim kering (Februari-Maret), IOD merepresentasikan keeratan korelasi di musim hujan (April-Mei dan September-Oktober), dan Suhu Muka Laut di Laut Cina Selatan merepresentasikan keeratan korelasi pada kelompok periode bulanan terutama pada peralihan monsoon (Mei, Agustus, September). Terdapat anomali pada korelasi *Indian Ocean Dipole* dengan kondisi curah hujan pada bulan puncak hujan (April-Mei dan September-Oktober) di areal penelitian, dimana terjadi korelasi positif pada April-Mei, namun korelasi negatif pada September-Oktober. Anomali ini terjadi akibat keberadaan pegunungan Bukit Barisan yang membentang di Utara-Selatan pulau Sumatera dan menjadi *barrier* antara Lautan Hindia dan pesisir timur Sumatera Utara.

Analisa terhadap pembangunan model penduga curah hujan menggunakan ANN menunjukkan bahwa ketiga IIG dapat digunakan sebagai input untuk menduga pola hujan yang terjadi. Hasil pendugaan akan semakin mendekati nilai di lapangan dengan bertambahnya jumlah bulan yang diamati dalam satu periode. Uji validasi menunjukkan bahwa kelompok periode 4 bulan untuk kedua jenis data (*time series* dan rerata) memberikan hasil yang tergolong cukup atau wajar dengan nilai MAPE secara berturut 44,59% dan 31,90%, dan nilai RMSE secara berturut 0,261 dan 0,188.

## SUMMARY

Oil palm plantations are one of Indonesia's largest foreign exchange earners (USD 35 billion in 2021). The area of oil palm plantations in Indonesia is currently around 14.7 million hectares. The area of oil palm plantations in North Sumatra is 1.28 million hectares, with 5.3 million tons of CPO productivity (foreign exchange of Rp 59.32 trillion) and has created jobs for at least 614 thousand heads of farming families and increased infrastructure in remote areas.

Rainfall is one of the determinants of fluctuations in oil palm production. Rainfall in North Sumatra has an equatorial type with two rain peaks and is evenly distributed throughout the year without dry months (rainfall <100mm/month). Rainfall patterns in oil palm plantation centers in North Sumatra are suspected to have changed due to a drought in January-March 2014-2015, which resulted in FFB production in North Sumatra decreasing by 25%, and the national CPO export volume decreasing by around 4 million tons. Climate anomalies in Indonesia are often associated with ENSO and IOD conditions, as well as when there was a drought on the east coast of North Sumatra in 2014-2015. However, the drought in early 2014 was not associated with ENSO or IOD because both were in normal conditions that year. Furthermore, the drought event was associated with sea surface temperature (SST) conditions in the South China Sea, which is located closer to the east coast of North Sumatra.

This study aims to analyze rainfall spatially and temporally; analyze the relationship between rainfall and global climate indicators; build a rainfall prediction model based on global climate indicators using an Artificial Neural Network. This research will be helpful in understanding rainfall patterns on the east coast of North Sumatra and as a basis for building a climate change information system in North Sumatra. Oil palm companies can also use this study's results to develop a production projection model. Furthermore, estimating the occurrence of climate anomalies will be an early warning for farmers to take anticipatory and adaptation actions when there is a drought so that crop production losses can be minimized.

This research was conducted in the center of oil palm plantations in North Sumatra, located on the east coast, using rainfall data for 16 years obtained from 74 rain observation stations. The observed global climate indicators are the Southern Oscillation Index - SOI, Indian Oscillation Dipole - IOD, and sea surface temperature data in the South China Sea - SCS. Furthermore, the research is divided into three main stages; the first stage is analyzing rain patterns and their dynamics spatially and temporally using Arc GIS software. The second stage is determining the correlation of Global Climate Indicators to rainfall dynamics and then analyzing it spatially. Then the third stage is estimating the rainfall trend based on global climate indicators.

The spatial analysis results show that the eastern most region has the lowest rainfall and then increases towards the slopes of the Bukit Barisan mountains. The rainfall fluctuations that occur during rainfall periods of 1, 3, 4, and 6 months do not always coincide with global climate indicator anomalies (El Nino, La Nina,

positive IOD, negative IOD, Cold Surge) but can describe rainfall anomalies that occur, both positive and negative anomalies. Seasonal rainfall groups that are suitable for conditions on the east coast of North Sumatra and can be utilized by farmers, researchers, and climate observers are JFM-AMJ-JAS-OND for three months; JFMA-MJJA-SOND for four months; and JFMAMJ-JASOND for six months.

Further spatial rainfall analysis for one month showed a recurring pattern of extreme low rainfall anomalies (rainfall < 100 mm/month). After 2004 the occurrence interval became faster with a larger area and more prolonged intensity. Meanwhile, extreme high rainfall (rainfall >300 mm/month) tends not to change the repetition interval or intensity. . The four months group gave the most informative results with a precise classification between a dry period with low rainfall, a transitional period, and a wet period with high rainfall.

Correlation analysis between rainfall and global climate indicators shows that there is a close correlation between CH and SOI, IOD, and LCS conditions, both in CH 1, 3, 4, and 6 months. The area most affected by IOD is in the easternmost area, while SOI is in the northern area, and the LCS is generally in the northern and southern areas. Spatial correlation analysis shows that SOI represents the closeness of the correlation in the dry season (February-March), and IOD represents the closeness in the rainy season (April-May and September-October). Sea surface temperature in the South China Sea represents a strong correlation in the monthly period group, especially during the monsoon transition (May, August, and September). There is an anomaly in the correlation of the Indian Ocean Dipole with rainfall conditions in the peak rainy months (April-May and September-October) in the study area, where there is a positive correlation in April-May but a negative correlation in September-October. This anomaly occurs due to the Bukit Barisan mountains, which stretch in the north-south of the island of Sumatra and become a barrier between the Indian Ocean and the east coast of North Sumatra.

Analysis of the construction of a rainfall estimator model using ANN shows that the three IIGs can be used as input to predict the the rainfall pattern. The estimation results will be closer to the values in the field as the number of months observed in one period increases. The validation test showed that the four months group for both types of data (time series and average) gave results classified as sufficient or reasonable with MAPE values of 44.59% and 31.90%, respectively, and RMSE values of 0.261 and 0.188, respectively.