

## Hubungan Curah Hujan dengan Pola Ketersediaan Air Tanah terhadap Produksi Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Dataran Tinggi

Fitra Syawal Harahap<sup>1\*</sup>, Jesman Purba<sup>2</sup>, dan Abdul Rauf<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi,  
Universitas Labuhan Batu, Sumatera Utara

<sup>2</sup>Staf Agri Research Advisory Biotech Services (ARABIS) Malaysia

<sup>3</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara

\*Alamat korespondensi: fitrasyawalharahap@gmail.com

| INFO ARTIKEL   | ABSTRACT/ABSTRAK   |
|--|--|
| Diterima: 9-5-2020<br>Direvisi: 1-5-2021<br>Dipublikasi: 10-5-2021 | <p align="center"><b>Relationship Between Rainfall and Groundwater Availability Pattern on Oil Palm (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq) Production in Highland Region</b></p>  |
| Keywords:<br>Available groundwater patterns, Production, Rainfall  | <p>The study was conducted to evaluate the relationship between rainfall conditions, available groundwater patterns and oil palm production. This research was conducted on the area of oil palm land suitability crops using survey method by collecting rainfall data and oil palm production at Bah Birung Ulu Plantation, PT Perkebunan Nusantara IV, Sidamanik District, Simalungun Regency, North Sumatra Province. Bah Birung Ulu plantation has a climate type A (very wet) with a value of <math>Q = 1.46\%</math>, an average annual rainfall of 3153 mm per year, 132 rainy days, and a water deficit about 6.03 mm/year. The mean fresh fruit bunches (FFB) and the average number of bunches for the 1996, 2004, 2005, 2006 and 2008 planting years fluctuated around the standard of production potential with S3 land class. Realization of production (tonnes/ha) for the planting years 1996, 2004, 2005, 2006 and 2008 and the number of bunches per staple in the last five years was in the range of Land Suitability Class of S3 land class, but the realization of production (tonnes/ha) and the number of bunches per staple in the planting year of 2008 was very far below the range of Land Suitability Class of S3 land class. The productivity based on age per year was categorized very low for the altitude of <math>&gt;900</math> m above sea level. The FFB averages were 0.25 and 3.08 tonnes/ha/year at four and five years old plants, respectively. The average production for the 1996 planting year showed that the mean production (tonnes/ha/year) decreased with increasing height per oil palm plant.</p> |
| Kata Kunci: Curah hujan, Pola air tanah tersedia, Produksi         | <p>Penelitian dilakukan untuk mengevaluasi hubungan antara kondisi curah hujan, pola air tanah tersedia dengan produksi kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan pada areal tanaman kesesuaian lahan kelapa sawit menghasilkan dengan metode survey dengan mengumpulkan data curah hujan dan produksi tanaman kelapa sawit di Kebun Bah Birung Ulu, PT Perkebunan Nusantara IV, Kecamatan Sidamanik, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara. Kebun Bah Birung Ulu memiliki tipe iklim A (sangat basah) dengan nilai <math>Q = 1,46\%</math>, rerata curah hujan tahunan 3153 mm per tahun, 132 hari hujan, serta defisit air sekitar 6,03 mm/tahun. Rerata tandan buah segar (TBS) dan rerata jumlah tandan untuk tahun tanam 1996, 2004, 2005, 2006 dan 2008 berfluktuasi sekitar standar potensi produksi dengan kelas lahan S3. Realisasi produksi (ton/ha) untuk tahun</p>  |

tanam 1996, 2004, 2005, 2006 dan 2008 serta jumlah tandan per pokok lima tahun terakhir berada pada kisaran Kelas Kesesuaian Lahan kelas lahan S3, tetapi realisasi produksi (ton/ha) dan jumlah tandan per pokok pada tahun tanam 2008 sangat jauh di bawah kisaran Kelas Kesesuaian Lahan tersebut. Produktivitas berdasarkan umur per tahun termasuk sangat rendah untuk ketinggian tempat >900 m di atas permukaan laut. Rerata TBS sebesar 0,25 dan 3,08 ton/ha/tahun pada masing-masing umur tanaman empat dan lima tahun. Rerata produksi tahun tanam 1996 diperoleh bahwa rerata produksi (ton/ha/tahun) menurun dengan meningkatnya ketinggian tempat per tanaman kelapa sawit.

---

## PENDAHULUAN

Secara komersial perluasan perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada dataran tinggi (altitude >600 meter di atas permukaan laut/m dpl) mulai dilakukan pada tahun 1996 di Kebun Bah Birung Ulu, Sumatera Utara. Penanaman kelapa sawit di dataran tinggi sampai dengan 850 m dpl dimungkinkan karena faktor pembatas utama telah berubah yaitu terjadi peningkatan rerata temperatur udara minimum menjadi 18°C sejak tahun 1990, namun temperatur minimum bulanan <18°C masih berpeluang terjadi pada bulan Desember – Januari (Darmosarkoro dkk., 2001). Widodo dan Dasanto (2010) menyebutkan bahwa perkembangan luas areal perkebunan kelapa sawit berdampak nyata terhadap lingkungan, diantaranya adalah semakin berkurangnya ketersediaan air. Tanaman kelapa sawit secara ekologis merupakan tanaman yang paling banyak membutuhkan air dalam proses pertumbuhannya dan akan tumbuh dengan baik apabila air tanah tersedia secara cukup (curah hujan tahunan 2000 – 2500 mm).

Hal ini tentu saja berpengaruh terhadap produksi kelapa sawit di dataran tinggi karena kendala stres suhu udara rendah (Santoso dkk., 2006). Penelitian Harahap dan Darmosarkoro (1999), mengemukakan bahwa kelapa sawit memerlukan air berkisar 1.500-1.700 mm setara curah hujan per tahun untuk mencukupi kebutuhan pertumbuhan dan produksinya. Dengan demikian, tanaman kelapa sawit memang memerlukan ketersediaan air relatif banyak dibanding tanaman keras atau perkebunan lainnya.

Tanaman kelapa sawit dapat tumbuh baik pada lahan dengan curah hujan yang cukup 1750-3000 mm/tahun dengan penyebaran hujan yang merata sepanjang tahun dan tidak mengalami bulan kering (curah hujan <60 mm). Perhitungan kecukupan air untuk tujuan praktis di lapangan

dapat dilakukan dengan metode Tailliez (1973) yaitu evapotranspirasi diasumsikan bernilai 150 mm/bulan jika hari hujan  $\leq 10$  hari/bulan dan bernilai 120 mm/bulan jika hari hujan >10 hari/bulan. Asumsi lain yang digunakan adalah kemampuan tanah dalam menyimpan air/cadangan air dalam tanah adalah maksimum 20 mm. Keseimbangan air dengan nilai <0 mm menunjukkan adanya defisit air, sedangkan keseimbangan air dengan >0 mm menunjukkan tidak adanya defisit air. Keseimbangan air dalam perhitungan bernilai >200 mm, maka kelebihan air akan disimpan dalam tanah sebagai cadangan awal untuk bulan berikutnya dengan nilai maksimum 200 mm (Darmosarkoro dkk., 2001).

Nutrisi berperan penting dalam berat tandan dan sangat berhubungan dengan kesuburan tanah, aplikasi pupuk dan status hara kelapa sawit (Turner & Gillbanks, 2003). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa faktor curah hujan dan hari hujan sangat memengaruhi produksi pertanian. Curah hujan dan hari hujan akan memengaruhi proses pertumbuhan dan produksi tanaman pada setiap tahunnya. Menurut Simanjuntak dkk. (2014), curah hujan dan hari hujan berpengaruh nyata terhadap peningkatan produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit pada umur lima tahun. Menurut Depari dkk. (2015), curah hujan memiliki hubungan yang kuat, nyata dan positif terhadap produksi TBS pada umur 12, 15, dan 18 bulan. Sementara itu, jumlah tandan per pohon per tahun selalu berkurang berdasarkan umur, mulai dari 28 tandan pada umur lima tahun sampai lebih kurang delapan tandan pada umur 25 tahun, namun beratnya meningkat mulai dari 10 – 27 kg. Sebelum mencapai periode produksi tinggi akan ditemukan tandan yang berkembang dan memerlukan asimilat yang tinggi (Corley & Tinker, 2003).

## BAHAN DAN METODE

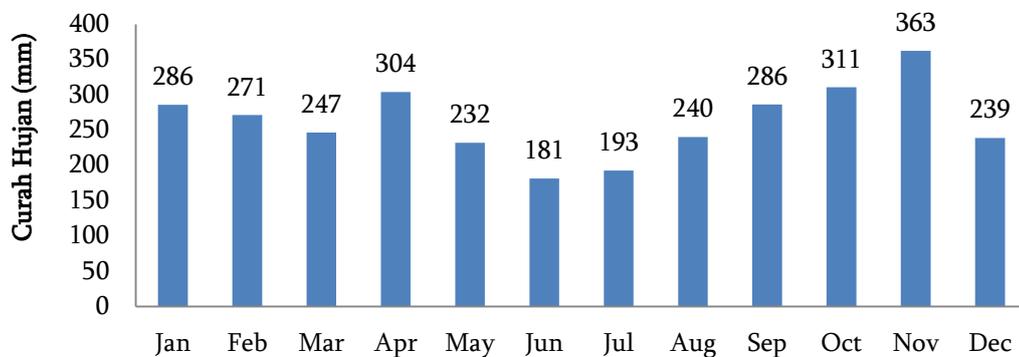
Penelitian dilaksanakan pada areal tanaman menghasilkan dengan metode survey di Kebun Bah Birung Ulu PT Perkebunan Nusantara IV, Kecamatan Sidamanik, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara. Penelitian dilakukan bulan Agustus 2014 dengan ketinggian tempat 648 – 1087 m dpl terletak pada Bujur 2° 52' 08.70" U – 99° 00' 14.96" T dan Lintang 2° 46' 12.59"U- 98° 56' 03.63" T dengan sistem pola tanam segitiga (*straight line*) dengan jarak tanam 10.24 m x 8.87 m sehingga diperoleh 110 pokok per hektar.

Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data-data seperti karakteristik fisik lahan diambil dari data sekunder peta kesesuaian lahan PTPN IV, data curah hujan dan hari hujan diperoleh dari rerata hari hujan dan curah hujan setiap afdeling selama 12 tahun dan data ini dipergunakan untuk menghitung defisit air, klasifikasi iklim menurut *Schmidt-Ferguson*, penentuan tipe iklim mempergunakan nilai  $Q = \text{rata-rata bulan kering/rata-rata bulan basah} \times 100\%$ . Realisasi produksi (ton/ha) untuk tahun tanam 1996, 2004, 2005, 2006 dan 2008, jumlah tandan per pokok lima tahun terakhir juga digunakan dalam penentuan kelas kesesuaian lahan (KKL) tanaman kelapa sawit dan data persentase serangan (*bunch rot*) dan buah partenokarpi. Alat yang digunakan yaitu GPS Magellan Explorer untuk penentuan koordinat dan ketinggian tempat. Peta kesesuaian lahan dan peta blok setiap afdeling untuk penentuan posisi blok per tahun tanam kebun Bah Birung Ulu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Iklim

Data curah hujan dan hari hujan diperoleh dari data kebun Bah Birung Ulu yang diperoleh dari rerata hari hujan dan curah hujan setiap afdeling selama 12 tahun terakhir (tahun 2002 – 2013). Hasil data ini digunakan untuk menentukan klasifikasi iklim menurut Schmidt-Ferguson. Penentuan tipe iklim mempergunakan nilai  $Q = \text{rata-rata bulan kering/rata-rata bulan basah} \times 100\%$ . Menurut Siregar dkk. (2006a), dari perhitungan diperoleh kebun Bah Birung Ulu termasuk tipe iklim A (sangat basah) dengan nilai  $Q=1.46 \%$ . Mempunyai curah hujan 3153 mm/tahun dengan hari hujan 132 hari. Menurut kriteria Schmidt dan Ferguson (1975) disitir Handoko (1993), bulan basah ditandai dengan rata-rata curah hujan >100 mm/bulan, sedangkan bulan kering rata-rata curah hujannya <60mm/bulan. Penghitungan defisit air hampir tidak ada defisit 6,03 mm/tahun. Kehilangan air yang besar dari lahan akan memengaruhi ketersediaan air. Ada dua factor yang secara dominan menentukan ketersediaan air dalam tanah. Menurut Harahap dan Daromosarkoro (1999), neraca masukan dan keluaran air di suatu tempat dikenal sebagai neraca air yang bersifat dinamis sehingga nilai neraca air selalu berubah dari waktu ke waktu, kemungkinan bisa terjadi kelebihan air ataupun kekurangan air. Data pada Gambar 1 menunjukkan bahwa Kebun Bah Birung Ulu memiliki dua puncak curah hujan yaitu di bulan April dan bulan November. Pola puncak produksi di Kebun Bah Birung Ulu juga mengikuti pola puncak curah hujan juga.

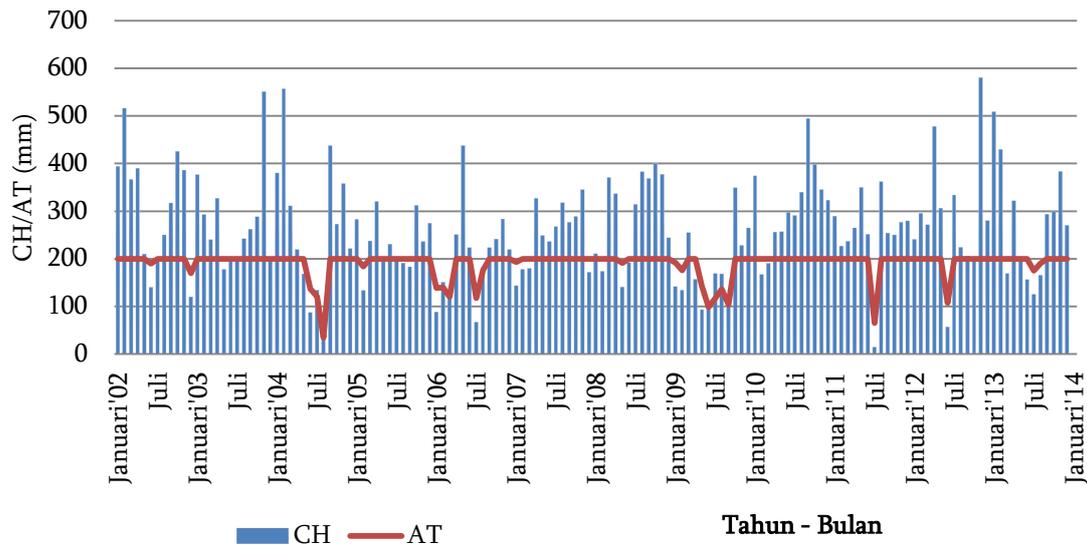


Rata-rata curah hujan setiap bulan sepanjang tahun 2002-2013

Gambar 1. Sebaran rerata curah hujan bulanan Kebun Bah Birung Ulu tahun 2002– 2013 (Kantor Unit Bah Birung Ulu, 2013).

Data pada Gambar 2 memperlihatkan rerata curah hujan dan hari hujan tahunan yang tinggi dengan distribusi hujan bulanan yang merata sepanjang tahun sehingga perhitungan defisit air sangat kecil 6,03 mm/tahun. Hal ini menurut Siregar (2003), rendahnya curah hujan pada periode tertentu akan menyebabkan berkurangnya ketersediaan air serta pada tingkat tertentu akan

menyebabkan kekeringan. Hal ini didukung Harahap dan Darmosarkoro (1999) yang menyebutkan bahwa kelapa sawit memerlukan air berkisar 1.500 – 1.700 mm setara curah hujan per tahun untuk mencukupi kebutuhan pertumbuhan dan produksinya. Tanaman kelapa sawit termasuk tanaman yang memerlukan ketersediaan air relatif banyak (Agustiana dkk., 2019).



Gambar 2. Rerata curah hujan per bulan per tahun (CH) dengan pola ketersediaan air dalam tanah (AT) (Kantor Unit Bah Birung Ulu, 2013).

### Produktivitas Tanaman Kelapa Sawit

Data Tabel 1 merupakan produktivitas tanaman kelapa sawit Kebun Bah Birung Ulu berdasarkan umur per tahun tanam yang menunjukkan rerata produksi tandan buah segar (TBS) ton per hektar per tahun (ton/ha/tahun) dan rerata jumlah tandan per pokok per tahun untuk tahun tanam 1996, 2004, 2005, 2006 dan 2008 berfluktuasi di sekitar standar potensi produksi kelas lahan S3. Menurut Mangoensoekarjo dan Semangun (2008), fluktuasi iklim dan curah hujan merupakan penyebab adanya fluktuasi produksi yang terjadi pada semua kelompok umur tanaman.

Ketinggian tempat berkorelasi dengan temperatur udara sehingga dapat berubah dengan adanya pemanasan global yang memengaruhi lingkungan iklim mikro kelapa sawit. Menurut Santoso *et al.* (2006), secara umum areal yang berada pada ketinggian 600 – 850 m dpl mempunyai kelas kesesuaian lahan S3 (agak sesuai) dengan faktor pembatas berat (tingkat 3) berupa ketinggian tempat yang berkorelasi dengan iklim mikro.

Tahun tanam 2008 areal tanaman kelapa sawit Kebun Bah Birung Hulu ketinggian tempat 900 – 1100 m dpl dengan produktivitas sangat rendah dan keterlambatan matang panen. Hal ini menurut Simangunsong dkk. (2005) dan Siregar *et al.* (2006b) disebabkan adanya temperatur udara minimum kurang dari 18°C yang masih mungkin terjadi secara fluktuatif pada bulan Desember dan Januari yang dapat mengganggu proses metabolisme serta perkembangan bunga dan buah kelapa sawit (terjadi stres temperatur udara rendah). Akibat stres tersebut dapat dianalogikan dengan 'stres kekeringan' yaitu aborsi meningkat, gagal tandan atau busuk tandan, produktivitas berfluktuasi dan relatif rendah, serta perkembangan bunga menjadi buah lebih lama (8-9 bulan) (Simangunsong dkk., 2005; Siregar *et al.*, 2006b). Menurut Harahap dan Darmosarkoro (1999), kelapa sawit memerlukan air berkisar 1.750 mm setara dengan curah hujan per tahun yaitu 1.700 – 2.000 mm/tahun untuk mencukupi kebutuhan pertumbuhan dan produksinya.

Tabel 1. Produktivitas kelapa sawit berdasarkan umur per tahun tanam

| Tahun tanam   | Ketinggian (m dpl) | Tahun tanaman | Total TBS (kg)   | Total tandan    | TBS (kg)/tandan | TBS (ton)/ha | Tandan/pohon |
|---------------|--------------------|---------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|
| 1996          | 600-800            | 12            | 274930,77        | 12837,77        | 21,42           | 16,14        | 5,93         |
|               |                    | 13            | 288334,23        | 13137,96        | 21,95           | 16,92        | 6,21         |
|               |                    | 14            | 328714,23        | 13653,15        | 24,08           | 19,29        | 6,52         |
|               |                    | 15            | 348843,46        | 12734,08        | 27,39           | 20,47        | 6,79         |
|               |                    | 16            | 351232,31        | 12613,92        | 27,84           | 20,61        | 6,72         |
|               |                    | 17            | 298405,38        | 9939,62         | 30,02           | 17,51        | 5,30         |
|               |                    | <b>Rerata</b> | <b>315076,73</b> | <b>12486,08</b> | <b>25,45</b>    | <b>18,49</b> | <b>6,24</b>  |
| 2004          | 700-750            | 4             | 170186,00        | 21225,00        | 8,02            | 9,35         | 11,20        |
|               |                    | 5             | 295310,00        | 40374,60        | 7,31            | 16,23        | 21,30        |
|               |                    | 6             | 379240,00        | 31592,20        | 12,00           | 20,84        | 16,66        |
|               |                    | 7             | 421100,00        | 28559,40        | 14,74           | 23,14        | 15,19        |
|               |                    | 8             | 392626,00        | 25548,80        | 15,37           | 21,57        | 13,59        |
|               |                    | 9             | 376720,00        | 20920,60        | 18,01           | 20,70        | 11,13        |
|               |                    | <b>Rerata</b> | <b>339197,00</b> | <b>28036,77</b> | <b>12,58</b>    | <b>18,64</b> | <b>14,84</b> |
| 2005          | 650-900            | 3             | 27059,83         | 4161,89         | 6,50            | 1,60         | 2,34         |
|               |                    | 4             | 244716,90        | 41107,40        | 5,95            | 14,51        | 22,73        |
|               |                    | 5             | 296094,58        | 31614,60        | 9,37            | 17,56        | 17,53        |
|               |                    | 6             | 324272,16        | 24840,68        | 13,05           | 19,23        | 14,19        |
|               |                    | 7             | 299501,96        | 21027,56        | 14,24           | 17,76        | 12,00        |
|               |                    | 8             | 296018,14        | 17202,04        | 17,21           | 17,55        | 9,75         |
|               |                    | <b>Rerata</b> | <b>247943,93</b> | <b>23325,69</b> | <b>11,05</b>    | <b>14,70</b> | <b>13,09</b> |
| 2006          | 750-850            | 3             | 8303,67          | 2575,67         | 3,22            | 1,04         | 3,04         |
|               |                    | 4             | 118755,33        | 13401,67        | 8,86            | 14,84        | 15,82        |
|               |                    | 5             | 115150,00        | 14697,33        | 7,83            | 14,39        | 18,23        |
|               |                    | 6             | 141520,00        | 15158,67        | 9,34            | 17,69        | 18,80        |
|               |                    | 7             | 130120,00        | 10849,67        | 11,99           | 16,27        | 11,03        |
|               |                    | <b>Rerata</b> | <b>102769,80</b> | <b>11336,60</b> | <b>8,25</b>     | <b>12,85</b> | <b>13,38</b> |
|               |                    | 2008          | 900-1100         | 4               | 3217,06         | 334,41       | 9,62         |
| 5             | 40104,71           |               |                  | 5596,18         | 7,17            | 3,08         | 4,08         |
| <b>Rerata</b> | <b>21660,88</b>    |               |                  | <b>20219,56</b> | <b>8,39</b>     | <b>1,67</b>  | <b>2,16</b>  |

Keterangan: Data diolah dari data produksi LM76 Kantor Unit Bah Birung Ulu (2013)

### SIMPULAN

Kebun Bah Birung Ulu memiliki tipe iklim A (sangat basah) dengan nilai Q 1,46% dengan rerata curah hujan tahunan 3153 mm per tahun dengan 132 hari hujan dan defisit air hampir tidak ada defisit 6,03 mm/tahun. Rerata tandan buah segar (TBS) ton per hektar per tahun dan rerata jumlah tandan per pokok per tahun untuk tahun tanam 1996, 2004, 2005, 2006 dan 2008 berfluktuasi sekitar standar potensi produksi kelas lahan S3. Dari hasil

survey diperoleh bahwa tahun tanam 2008 dengan ketinggian tempat >900 m dpl produktivitas berdasarkan umur per tahun sangat rendah. Rerata TBS sebesar 0,25 ton/ha/tahun pada umur empat tahun sementara pada umur lima tahun adalah sebesar 3,08 ton/ha/tahun. Rerata produksi tahun tanam 1996 diperoleh bahwa rerata produksi (ton/ha/tahun) meningkatnya ketinggian tempat per tanaman kelapa sawit.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada manager Kebun Bah Birung Ulu) PTPN IV Kabupaten Simalungun yang telah memfasilitasi penelitian ini di Lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustiana, S, R Wandri, dan D Asmono. 2019. Performa tanaman kelapa sawit pada musim kering di Sumatera Selatan: Pengaruh defisit air terhadap fenologi tanaman. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal - Tantangan dan Solusi Pengembangan PAJALE dan Kelapa Sawit Generasi Kedua (Replanting) di Lahan Suboptimal. Universitas Sriwijaya. 18-19 Oktober 2018. Palembang. Hlm. 67-73.
- Corley, RHV, and PB Tinker. 2003. *The Oil Palm*. 4<sup>th</sup> Ed. Blackwell Science Ltd. Oxford.
- Darmosarkoro, W, IY Harahap, dan E Syamsuddin. 2001. Pengaruh kekeringan pada tanaman kelapa sawit dan upaya penanggulangannya. *Warta PPKS-Medan*. 9(3): 83-96.
- Depari, CN, Irsal, dan J Ginting. 2015. Pengaruh curah hujan dan hari hujan terhadap produksi kelapa sawit berumur 12,15,18 tahun di PTPN II unit Sawit Seberang-Babalan Kecamatan Sawit Seberang Kabupaten Langkat. *Jurnal Online Agroteknologi*. 3(1): 299-209.
- Handoko. 1993. *Klimatologi Dasar*. Jurusan Geofisika dan Meteorologi. FMIPA. IPB. Bogor.
- Harahap, I, dan Darmosarkoro. 1999. Pendugaan kebutuhan air untuk pertumbuhan kelapa sawit di lapang dan aplikasinya dalam pengembangan sistem irigasi. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 7(2): 87-104.
- Mangoensoekarjo, S, dan H Semangun. 2008. *Manajemen Agrobisnis Kelapa Sawit*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Hlm. 73-97.
- Santoso, S, Sutarta ES, dan HH Siregar. 2006. Potensi pengembangan perkebunan kelapa sawit di dataran tinggi (Kasus Konversi Tanaman Teh Menjadi Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara IV di Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara). *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 14(2): 113-126.
- Simangunsong, G, TC Hidayat, dan HH Siregar. 2005. Trend produksi kelapa sawit di dataran tinggi (kasus Kebun Bah Birung Ulu, Sumatera Utara). *Warta PPKS*. 13(3): 1-6.
- Simanjuntak, LN, R Sipayung, dan Irsal. 2014. Pengaruh curah hujan dan hari hujan terhadap produksi kelapa sawit berumur 5,10 dan 15 di kebun Begerpang Estate PT. PP London Sumatera Indonesia, Tbk. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2(3): 1141-1151.
- Siregar, HH. 2003. Model Simulasi Produksi Kelapa Sawit Berdasarkan Karakteristik Kekeringan Kasus Kebun Kelapa Sawit di Lampung. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Siregar, HH, NH Darlan, dan Y Pangaribuan. 2006a. Peranan Ilmu iklim pada masa kini dan mendatang bagi pertanaman kelapa sawit. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*. 14(2): 21-29.
- Siregar, HH, ES Sutarta, and NH Darlan. 2006b. Implication of climate change on oil palm plantation in higher altitude: A case study in North Sumatera Province. *International Oil Palm Conference - Optimum Use of Resources: Challenges and Opportunities for Sustainable Oil Palm Development*. Indonesian Oil Palm Research Institute. June 19-23 2006. Bali. Pp. 181-187.
- Tailliez, BJ. 1973. Calculating the water deficit. *Bulletin Balai Penelitian Perkebunan Medan*. 4(4): 145-148.
- Turner, PD, and RA Gillbanks. 2003. *Oil Palm Cultivation and Management*. 2<sup>nd</sup> Ed. The Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur.
- Widodo, IT, dan BD Dasanto. 2010. Estimasi nilai lingkungan perkebunan kelapa sawit ditinjau dari neraca air tanaman kelapa sawit (Studi kasus: perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Dayun, Kabupaten Siak, Propinsi Riau). *J. Agromet*. 24(1): 23-32.