

ESTIMASI KADAR KLOORIFIL DAN KADAR N DAUN JAGUNG MENGGUNAKAN CHLOROPHYLL CONTENT INDEX

Estimating Chlorophyll and N Content in Corn Leaves Based on Chlorophyll Content Index

Muhammad Ardiansyah^{1,2)*}, Budi Nugroho¹⁾, Khalimatus Sa'diyah³⁾

¹⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University, Jl. Meranti – Kampus IPB Dramaga, Bogor, West Java 16680

²⁾ Center for Climate Risk and Opportunity Management in Southeast Asia and Pacific, IPB University, Jl. Pajajaran – Kampus IPB Baranangsiang, Bogor, West Java 16143

³⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB University, Jl. Meranti – Kampus IPB Dramaga, Bogor, West Java 16680

ABSTRACT

The chlorophyll content is related to the condition of the plant so that it can be used to estimate nutrient content in plants. The conventional measurement of leaf chlorophyll content is time consuming and expensive, so a fast and efficient technology is needed. This study aims to (a) analyze the chlorophyll content index (CCI) and leaf chlorophyll content in 10 fertilizer dosage treatments including control and several growth phases of corn, (b) analyze the relationship between CCI and leaf chlorophyll content, and (c) analyze the relationship between CCI and N content. In this study, the CCI was measured with a chlorophyll meter, while the chlorophyll content and N content of leaves were measured using a spectrophotometer and the Kjeldahl method, respectively. The relationship between CCI on chlorophyll content and N content was analyzed at 4 and 8 weeks after planting (WAP) using a simple linear regression model. The results showed that the CCI curve pattern in all dosage treatments was similar as indicated by the CCI increasing with increasing plant age and then decreasing with plant aging. Fertilizer dose had a significant effect on CCI except at 2 and 3 WAP, where the highest CCI was found at fertilizer doses with high nutrient adequacy, i.e. 2 Ultra Gen (UG) + 2/3 Standard (STD) at 7 MST. The CCI and chlorophyll content had a positive linear relationship at 4 WAP and 8 WAP with a strong ($r = 0.67$) and very strong ($r = 0.76$) correlation. The relationship model between CCI and leaf N content showed a very strong positive correlation at 8 WAP with the equation $N (\%) = 0.019 * CCI + 1.795$ ($r = 0.75$). These results indicate that the measurement of the CCI with a chlorophyll meter can be used to estimate the N nutrient status of plant leaves properly.

Keywords: CCM-200 Plus, leaf chlorophyll, *zea mays L*

ABSTRAK

Kadar klorofil berkaitan dengan kondisi tanaman, sehingga dapat digunakan untuk menaksir kadar hara pada tanaman. Pengukuran kadar klorofil daun secara konvensional membutuhkan waktu dan biaya, sehingga perlu dikembangkan teknologi yang cepat dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk (a) menganalisa indeks kadar klorofil (*Chlorofil Content Index*, CCI) dan kadar klorofil daun pada 10 perlakuan dosis pupuk termasuk kontrol dan beberapa fase pertumbuhan jagung, (b) menganalisa hubungan antara CCI dan kadar klorofil daun, dan (c) menganalisa hubungan CCI dan kadar N. Pada penelitian ini CCI diukur dengan klorofil meter, sedangkan kadar klorofil dan kadar N daun masing-masing diukur dengan spektrofotometer dan metode *Kjeldahl*. Hubungan antara CCI terhadap kadar klorofil dan kadar N dianalisis pada umur 4 dan 8 minggu setelah tanam (MST) dengan model regresi linear sederhana. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola kurva CCI pada semua perlakuan dosis mirip yang ditunjukkan oleh CCI semakin meningkat dengan bertambahnya umur tanaman dan kemudian menurun dengan menuanya tanaman. Dosis pupuk berpengaruh nyata pada CCI kecuali pada umur 2 dan 3 MST, dimana nilai tertinggi CCI ditemukan pada dosis pupuk dengan kecukupan hara tinggi yaitu 2 Ultra Gen (UG) + 2/3 Standar (STD) pada umur 7 MST. CCI dan kadar klorofil memiliki hubungan linear positif pada umur 4 MST dan 8 MST dengan korelasi tergolong kuat ($r = 0,67$) dan sangat kuat ($r = 0.76$). Model hubungan CCI dengan kadar N daun menunjukkan korelasi positif sangat kuat pada umur 8 MST dengan persamaan $N (\%) = 0,019 * CCI + 1,795$ ($r = 0,75$). Hasil ini menunjukkan bahwa pengukuran CCI dengan klorofil meter bisa digunakan untuk memperkirakan status hara N daun tanaman.

Kata Kunci: CCM-200 Plus, klorofil daun, *zea mays L*

PENDAHULUAN

Tanaman jagung (*Zea mays L.*) merupakan komoditi pangan ketiga terpenting setelah gandum dan padi sebagai sumber karbohidrat di Indonesia (Purwanto, 2008). Dari sisi kebutuhan, berdasarkan data dari Badan Ketahanan

Pangan (BKP) Kementerian Pertanian, kebutuhan jagung tahun 2018 diperkirakan sebesar 15,5 juta ton pipilan kering (PK), yaitu untuk pakan ternak sebesar 7,76 juta ton PK, peternak mandiri 2,52 juta ton PK, benih 120 ribu ton PK, dan industri pangan 4,76 juta ton PK (Kementan, 2018). Lebih jauh Pusat Data dan Sistem Informasi (Pusdatin)

Kementrian Pertanian melaporkan bawah luas panen jagung di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 5,16 juta ha, yang menghasilkan sekitar 24,95 juta ton PK dengan kadar air 15 persen (Kementan, 2021). Oleh karenanya upaya untuk mempertahankan ketersediaan jagung melalui peningkatan produksi guna memenuhi kebutuhan jagung menjadi perhatian serius pemerintah.

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman dapat dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor eksternal yang meliputi tanah, kelembaban, cahaya, dan air. Sementara faktor internal meliputi gen, struktur anatomi, hormon, morfologi tumbuhan, serta kadar klorofil, dan pigmen lainnya. Klorofil merupakan indikator penting untuk kesehatan, evaluasi kemampuan fotosintesis tanaman dan status pertumbuhan. Menurut Putri *et al.* (2016) kadar klorofil daun berkaitan dengan kondisi tanaman, sehingga dapat digunakan untuk menentukan tambahan pupuk yang diperlukan oleh tanaman. Pengukuran klorofil merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat pertumbuhan dan kesuburan tanaman yang nantinya dapat dikaitkan dengan prediksi produksi dari tanaman.

Penentuan kadar klorofil daun secara konvensional membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang mahal sehingga diperlukan teknologi untuk menduga kadar klorofil daun secara cepat dan efisien yaitu dengan menggunakan klorofil meter. Pengukuran tersebut menghasilkan *Chlorophyll Content Index* (CCI) sebagai kadar klorofil relatif. Alat pengukur klorofil ini biasanya mengukur transmisi dua panjang gelombang radiasi melalui daun tanaman, yaitu spektrum merah pada panjang gelombang 650 nm dan infra merah dekat (*near infra red*, NIR) pada panjang gelombang sekitar 900 nm. Peningkatan konsentrasi klorofil meningkatkan serapan radiasi merah. Menurut Richmond (2004) energi yang digunakan pada proses fotosintesis adalah dalam bentuk foton yang berasal dari spektrum cahaya tersebut. Energi radiasi matahari ditangkap oleh klorofil kemudian diubah menjadi energi kimia melalui proses fotosintesis (Suyatman, 2020). Tumbuhan memantulkan sebagian besar radiasi NIR karena pada panjang gelombang tersebut tidak diserap oleh fotoreseptor dan pantulan radiasi NIR dapat digunakan sebagai panjang gelombang referensi (Parry *et al.*, 2014). Kadar klorofil tumbuhan menentukan tinggi rendahnya pantulan gelombang elektromagnetik pada spektrum infra merah. Semakin tinggi kadar klorofil maka reflektansi pada saluran NIR (700 nm – 1075 nm) juga semakin tinggi. Hal tersebut terjadi karena NIR tidak dibutuhkan oleh klorofil dan sebagian besar NIR akan dipantulkan. Besar atau kecilnya NIR yang dipantulkan dipengaruhi oleh struktur molekul pada tumbuhan. Jika kadar molekul organik termasuk nitrogen dan air lebih banyak dalam suatu tumbuhan, maka semakin banyak NIR yang akan diserap sehingga reflektansi spektral semakin kecil (Afandi *et al.*, 2016).

Penentuan kadar klorofil menggunakan alat klorofil meter sudah banyak dilakukan. Penelitian Ghasemi *et al.* (2011) menunjukkan hasil bahwa terdapat korelasi positif dan linier antara data CCM-200 dengan klorofil A, B, dan klorofil total. Karena kadar klorofil daun sangat

terkait dengan status N tanaman, pengukuran klorofil meter dapat digunakan untuk memantau status N tanaman. Hubungan antara CCI dan kadar klorofil daun, perlu dievaluasi untuk memantau status N tanaman, terutama ketika N diberikan dalam jumlah dan waktu yang berbeda. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran CCI daun jagung pada 10 perlakuan pupuk berupa penggunaan jenis serta dosis pupuk dan hubungannya dengan kadar klorofil dan kadar N hasil pengukuran konvensional di laboratorium.

Penelitian ini merupakan bagian dari uji pupuk hayati cair. Data CCI jagung pada umur 4 minggu setelah tanam (MST) dan 8 MST digunakan untuk mengevaluasi kadar klorofil daun dan kadar N daun pada perlakuan pupuk yang berbeda. Tujuan dari penelitian adalah untuk: (a) menganalisa CCI dan kadar klorofil daun pada berbagai dosis pupuk dan fase pertumbuhan jagung, (2) menganalisa hubungan antara CCI dan kadar klorofil daun, dan (3) menganalisa hubungan CCI dan kadar N daun pada berbagai dosis pupuk dan fase pertumbuhan jagung. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang manfaat klorofil meter untuk mengetahui CCI dan hara tanaman di lapangan, sehingga dapat dilakukan respon cepat mempertahankan atau memperbaiki pertumbuhan tanaman, misalnya melalui tambahan pemupukan.

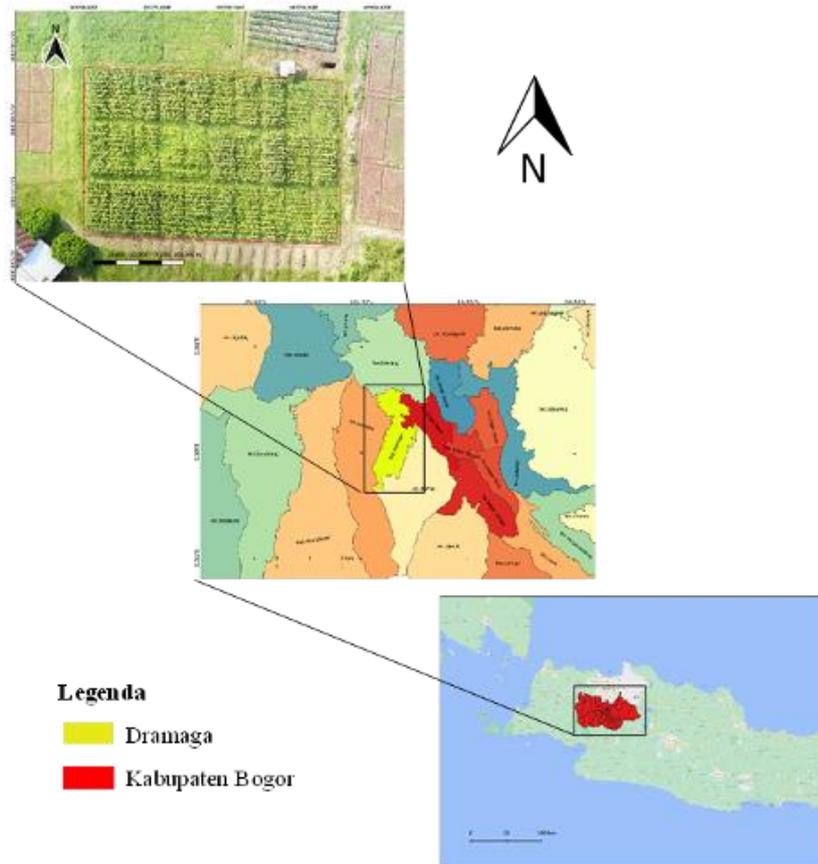
BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi

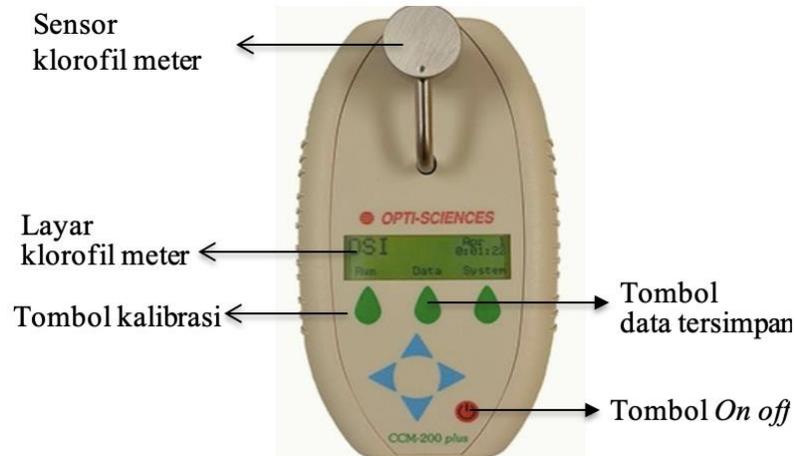
Percobaan lapang dilaksanakan dari Maret sampai Agustus 2021 di kebun percobaan Cikabayan IPB, Dramaga, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat (Gambar 1). Lokasi penelitian terletak pada ketinggian 192 m dpl dengan curah hujan tahunan rata-rata adalah 3.930 mm dan curah hujan bulanan rata-rata tertinggi adalah 414 mm (April), dan terendah 180 mm (Agustus). Interpretasi dan analisis data dilakukan di Laboratorium Divisi Penginderaan Jauh dan Informasi Spasial, sedangkan analisis kadar klorofil dan kadar N daun di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah klorofil meter CCM-200 Plus, yang dikembangkan oleh Opti Sciences dan bekerja dengan cara mengukur serapan cahaya pada dua gelombang berbeda: 653 nm dan 931 nm (Gambar 2); Global Positioning System (GPS); dan aplikasi pendukung seperti Statistical MiniTab dan ArcGIS v10.3. Analisis kadar klorofil dan kadar-N dilakukan dengan menggunakan serangkaian alat destruksi dan destilasi di laboratorium. Analisis kadar klorofil memerlukan bahan kimia acetone 80%, sedangkan bahan kimia untuk analisis kadar N adalah H₂SO₄ pekat, campuran Selenium, NaOH 50%, H₃BO₄ 4% indikator Conway, dan HCl 0,1 N yang telah dibakukan.



Gambar 1. Lokasi penelitian di kebun percobaan Dramaga



Gambar 2 Alat klorofil meter CCM-200 Plus

Desain Percobaan

Percobaan disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 3 ulangan. Lahan berukuran lebih kurang $25 \times 35 \text{ m}^2$ dibagi dalam 30 petak (10×3 ulangan) dengan masing-masing berukuran $7,5 \times 3,3 \text{ m}^2$. Jagung ditanam pada tanggal 2 April 2021 dengan jarak tanam $70 \times 35 \text{ cm}$ sehingga terdapat 11 baris tanaman/petak. Data CCI, kadar klorofil dan kadar N dikumpulkan dari 1 sub-petak seluas $1 \times 1 \text{ m}^2$ yang terdiri 5 – 6 pokok jagung pada setiap petak perlakuan. Standar (STD) dosis pupuk untuk

jagung manis ditetapkan sebesar 300 kg urea /ha, 200 kg SP36 / ha dan 150 kg KCl / ha. Perlakuan terdiri dari pupuk hayati Ultra Gen (UG) dengan dosis : 8 l/ha (1 UG), 16 l/ha (2 UG) dan 24 l/ha (3UG) yang diberikan murni atau dikombinasikan dengan 1/3 STD, 2/3 STD, ditambah dengan 1 STD (tanpa pupuk hayati) sehingga terdapat 9 kombinasi perlakuan dan 1 kontrol tanpa pupuk (Tabel 1). Perlakuan pupuk hayati dilakukan dengan cara diencerkan 50 kali dan dikocorkan ke tanah pada 1 minggu sebelum tanam, umur 1 MST, 3 MST dan 5 MST. Pupuk mineral diberikan 3 kali masing-masing 1/3 dosis dan diberikan saat tanam, 30 April dan 21 Mei 2021.

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan

Perlakuan	Keterangan
Kontrol	Tanpa pupuk
1 UG	8 lt Ultra Gel per ha
1 UG + 1/3 STD	8 lt Ultra Gel per ha + 1/3 (300 kg urea, 200 kg SP36 dan 150 kg KCl per ha)
1 UG + 2/3 STD	8 lt Ultra Gel per ha + 2/3 (300 kg urea, 200 kg SP36 dan 150 kg KCl per ha)
2 UG	2 x 8 lt Ultra Gel per ha
2 UG + 1/3 STD	2 x 8 lt Ultra Gel per ha + 1/3 (300 kg urea, 200 kg SP36 dan 150 kg KCl per ha)
2 UG + 2/3 STD	2 x 8 lt Ultra Gel per ha + 2/3 (300 kg urea, 200 kg SP36 dan 150 kg KCl per ha)
3 UG	3 x 8 lt Ultra Gel per ha
3 UG + 1/3 STD	3 x 8 lt Ultra Gel per ha + 1/3 (300 kg urea, 200 kg SP36 dan 150 kg KCl per ha)
1 STD	300 kg urea, 200 kg SP36 dan 150 kg KCl per ha

Pengumpulan Data

Data CCI daun jagung dikumpulkan pada umur 2 MST – 8 MST yaitu 16 April, 23 April, 30 April, 7 Mei, 14 Mei, 21 Mei dan 28 Mei 2021. Data diukur pada kondisi tanpa awan antara jam 08.00 - 13.00 menggunakan *Chlorophyll Meter Opti-Science CCM-200 Plus*. Instrumen dihidupkan dan dikalibrasi dengan menjalankan tombol kalibrasi dan menekan lengan sensor ke bawah sampai bunyi *beep*. Pengukuran CCI dilakukan dengan cara menjepit bagian tengah daun pada sensor CCM-200 Plus sampai muncul angka konstan di monitornya. Setiap perlakuan diukur nilai CCI-nya dari 6 tanaman pada setiap sub-petak yang kemudian dihitung nilai rata-ratanya sehingga didapatkan satu nilai CCI pada setiap petak perlakuan.

Contoh daun tanaman jagung diambil pada jagung umur 4 dan 8 MST untuk analisis kadar klorofil dan Kadar N daun. Contoh daun jagung umur 4 MST adalah daun terakhir yang telah membuka sempurna dan terkena cahaya matahari, dan diambil sebanyak 2 daun setiap petak percobaan. Contoh daun jagung umur 8 MST masing-masing diambil 2 daun bendera (daun penyangga tongkol) per petak pengamatan. Analisis kadar klorofil dilakukan pada daun segar, sedangkan untuk analisis kadar N daun jagung dimasukkan dalam kantong kertas dan dikeringkan dengan oven.

Analisa Kadar Klorofil Daun

Analisis kadar klorofil mengacu pada metode Arnon (1949). Seberat 1 g contoh daun segar dimasukkan dalam mortar ditambahkan 10 ml 80% aceton dingin dan ditumbuk hingga halus. Hasil ekstraksi dimasukkan ke dalam tabung sentrifuse 15 ml, dikocok dan disentrifugasi pada kecepatan 3000 gaya G selama 10 menit. Supernatan hasil sentrifugasi diambil sebanyak 1 ml dan diencerkan 2 kali. Selanjutnya larutan dibaca nilai absorbansinya pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 646 nm dan 663 nm. Nilai klorofil total dihitung dengan persamaan dibawah :

$$\text{Klorofil total (mg/g)} = (7.15 \times A663) + (18.71 \times A646)$$

dimana,

A663 dan A646 adalah nilai absorbansi pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 663 nm dan 646 nm.

Analisa Kadar N Daun

Analisis kadar N daun menggunakan metode *Kjeldahl* yang terdiri dari proses destruksi, destilasi, dan titrasi. Contoh daun dikeringkan di oven pada suhu 70°C selama ±2 hari dan digiling halus hingga lolos saringan 40 mesh. Sebanyak 0,2 contoh tanaman kering dan halus dimasukkan ke labu destruksi, ditambahkan 1 g campuran Se dan 5 ml H₂SO₄ pekat dan didestruksi pada ruang asam dengan suhu 320 – 400°C selama ± 2 jam hingga berubah menjadi larutan bening (kuning kehijauan). Selanjutnya ditambahkan 25 ml aquades ke hasil destruksi dan dipindahkan secara kuantitatif ke labu Kjeldahl, ditambahkan 20 ml NaOH 50%, 100 ml aquades dan didestilasi. Destilat ditampung dalam Erlenmeyer 250 ml yang berisi 25 ml H₃BO₄ 4% dan 5 tetes indikator Conway hingga volume destilat 75 – 100 ml. Titrasi dilakukan pada destilat dengan larutan 0.1 N HCl yang sudah distandarisasi hingga berubah warna dari hijau muda menjadi merah muda. Kadar N dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Kadar N-Total (\%)} = \frac{(\text{ml HCl (Vc-Vb)} \times N \times 14 \times 100 \times \text{fp})}{\text{BKM(mg)}}$$

dimana :

- Vc dan Vb = ml titar sampel dan blanko
- N = normalitas larutan
- fp = faktor pengenceran bila ada
- BKM = bobot kering oven 105°C sampel

Analisis Pengaruh Dosis Pupuk terhadap CCI, Kadar Klorofil dan Kadar N

Data pengukuran CCI dari setiap petak percobaan dianalisis ragam. Dalam penelitian ini, uji Tukey pada taraf 5% digunakan untuk membandingkan pengaruh dosis pupuk terhadap CCI, kadar klorofil dan kadar N daun menggunakan paket aplikasi MiniTab. Untuk memudahkan melihat pola CCI, dilakukan pengelompokkan CCI per perlakuan dosis dengan menggunakan analisis gerombol menggunakan *dendogram* metode *Euclidean*.

Analisis Hubungan antara CCI dengan Kadar Klorofil dan Kadar N

Model regresi linier sederhana digunakan untuk melihat hubungan antara CCI terhadap kadar klorofil dan N daun akibat perlakuan dosis pupuk. Untuk menentukan kekuatan hubungan antara CCI dengan klorofil dan kadar N dievaluasi dari koefisien determinasi dan korelasi. Nilai koefisien determinasi (R²) digunakan untuk mengetahui seberapa besar CCI mempengaruhi kadar klorofil dan N,

sedangkan koefisien korelasi (r) digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dinamika CCI dan Kadar Klorofil Daun Jagung pada Perlakuan Dosis Pupuk

Respon dan Pola CCI Daun Jagung

Nilai CCI daun jagung dan hasil uji Tukey pengaruh perlakuan pemupukan terhadap CCI yang diukur pada umur 2 -10 MST disajikan pada Tabel 2. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan berpengaruh tidak nyata terhadap CCI daun pada tanaman berumur 2 dan 3 MST. Perlakuan pemupukan mulai berpengaruh nyata terhadap CCI pada 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 MST. Hasil penelitian Syafruddin, (2015) menunjukkan bahwa serapan hara jagung rendah pada awal pertumbuhan jagung, kemudian meningkat dengan cepat pada fase

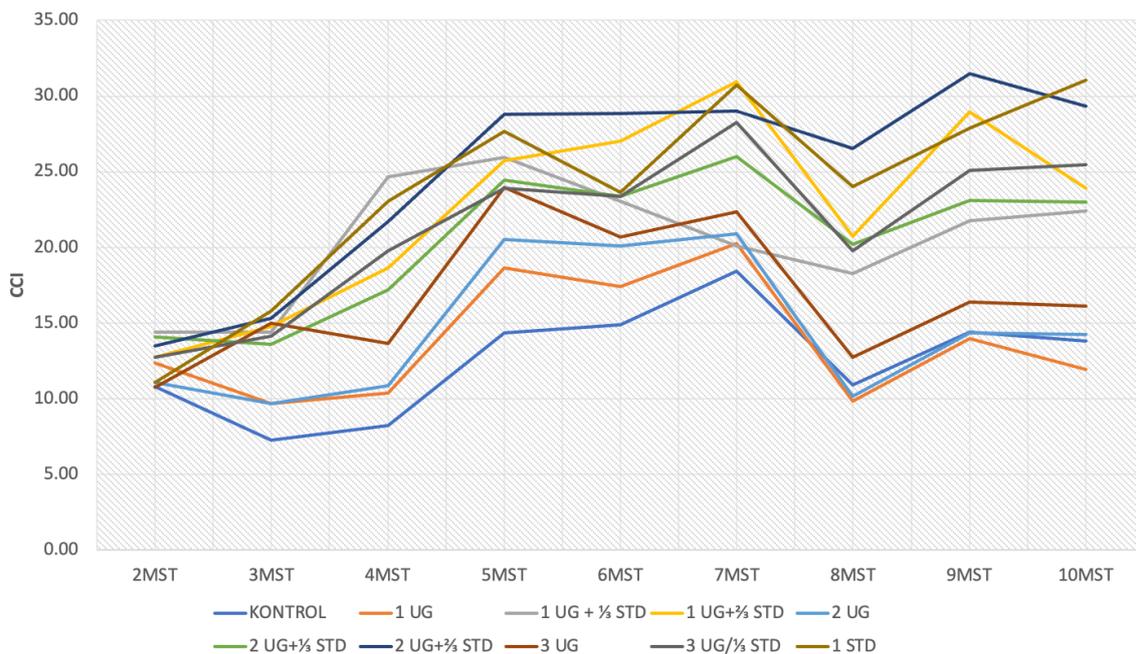
vegetatif sampai awal generatif, lalu menurun pada fase pengisian biji. Hasil percobaan menunjukkan bahwa dosis pupuk berpengaruh pada CCI baik pada fase vegetative, generatif maupun produktif. CCI tertinggi pada semua umur tanaman ditemukan pada perlakuan dosis pupuk 2 × 8 lt Ultra Gel dan 2/3 dosis pupuk NPK standar bersamaan dengan produksi tongkol dan brangkasan jagung manis yang tinggi. Roy *et al.* (2006) menyatakan bahwa tanaman dapat tumbuh baik dan berproduksi tinggi jika unsur hara tanaman tersedia dan mencukupi.

Kurva CCI pada 10 perlakuan pupuk pada umur jagung 2 – 10 MST disajikan pada Gambar 3. Berdasarkan analisis dendogram kurva tersebut dapat dikelompokkan dalam 4 gerombol (*cluster*) berdasarkan nilai CCI-nya. Gerombol 1 terdiri dari perlakuan kontrol, 1 UG, dan 2 UG; gerombol 2 adalah perlakuan 3 UG; gerombol 3 terdiri dari kelompok perlakuan 1 UG + 1/3 STD, 1 UG + 2/3 STD, 2 UG + 1/3 STD, dan 3 UG + 1/3 STD; dan gerombol 4 adalah perlakuan 2 UG + 2/3 STD dan 1 STD (Gambar 4).

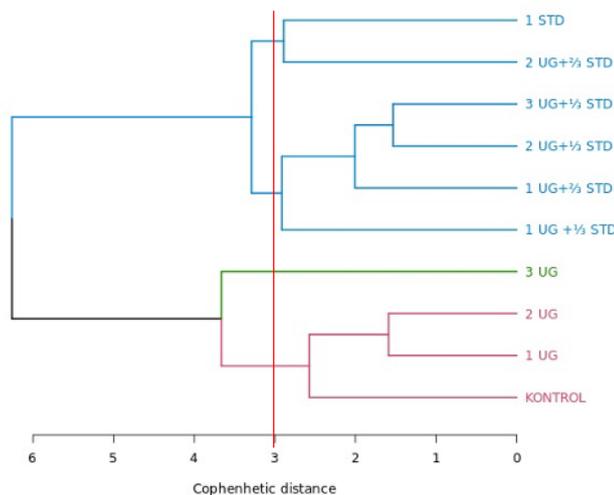
Tabel 2. Hasil Uji Tukey pengaruh dosis pupuk pada nilai CCI pada umur 2 - 10 MST

Perlakuan	MST									
	2	3	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	
KONTROL	10,83	7,28	8,22c	14,35b	14,91b	18,44d	10,91c	14,41c	13,84bc	
1 UG	12,36	9,68	10,36bc	18,64ab	17,42ab	20,25bcd	9,85c	14,00c	11,94c	
2 UG	11,06	9,70	10,89bc	20,52ab	20,09ab	20,91bcd	10,18c	14,34c	14,25bc	
3 UG	10,76	15,00	13,67abc	23,97ab	20,67ab	22,38abcd	12,75bc	16,40bc	16,15bc	
1 UG + 1/3 STD	14,43	14,38	24,66a	25,97a	23,05ab	20,10cd	18,27abc	21,75abc	22,43abc	
1 UG + 2/3 STD	12,77	14,77	18,64abc	25,73a	27,01a	30,97a	20,74abc	28,95a	23,89abc	
2 UG + 1/3 STD	14,08	13,60	17,18a	24,44ab	23,36ab	26,01abcd	20,21abc	23,13abc	22,98abc	
2 UG + 2/3 STD	13,48	15,33	21,71ab	28,79a	28,87a	29,03ab	26,53a	31,50a	29,34a	
3 UG + 1/3 STD	12,73	14,14	19,76ab	23,91ab	23,38ab	28,26abc	19,77abc	25,07ab	25,49ab	
1 STD	11,06	15,82	23,06 ^a	27,64 ^a	23,63 ^{ab}	30,73 ^a	24,02 ^{ab}	27,91 ^a	31,07 ^a	

*angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada α 5%



Gambar 3. Kurva index CCI pada 10 perlakuan pupuk menurut MST



Gambar 4. Analisis gerombol indek CCI dari 10 perlakuan dosis pupuk

Gerombol 1 merupakan kelompok perlakuan yang ditunjukkan oleh CCI paling rendah. Menurut Hidayah *et al.* (2019) kadar klorofil pada tanaman mengalami penurunan dan peningkatan sejalan dengan kecukupan hara. Gerombol 2 ditunjukkan oleh CCI yang lebih tinggi dari gerombol 1 karena kecukupan hara pada perlakuan 3 UG pada gerombol 2 lebih baik dari gerombol 1. Perlakuan 3 UG merupakan perlakuan dengan dosis pupuk hayati 3 kali lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol, 1 UG, dan 2 UG pada gerombol 1. Gerombol 3 ditunjukkan oleh CCI lebih tinggi dari gerombol 1 dan 2 tetapi lebih rendah dari gerombol 4. Secara berurutan CCI pada gerombol 3 dari terbesar sampai terkecil adalah perlakuan 1 UG + 1/3 STD, 3 UG + 1/3 STD, 2 UG + 1/3 STD, dan 1 + 1/3 STD. CCI tinggi pada gerombol ini menunjukkan kecukupan hara yang lebih baik sehingga berpengaruh pada nilai CCI. Meskipun demikian nilai CCI fluktuatif menurut umur tanaman dan berpola mirip dengan gerombol 1. Gerombol 4 memperlihatkan CCI tertinggi, dan ditemukan pada perlakuan 2 UG + 1/3 STD disusul 1 STD. Diduga kecukupan hara pada perlakuan 2 UG + 1/3 STD lebih baik dari perlakuan 1 STD sehingga nilai CCI-nya lebih tinggi. Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai CCI perlakuan 2 UG + 1/3 STD lebih stabil dibandingkan dengan perlakuan 1 STD, yang indek CCI-nya naik dan turun seiring dengan waktu pemberian pupuk. CCI pada perlakuan 1 STD meningkat satu minggu setelah pemupukan dan 2 minggu kemudian menurun kembali. Secara keseluruhan pada umur 2 MST dan 3 MST nilai CCI daun rendah dan relatif tidak terpengaruh oleh perlakuan pupuk karena jagung masih tergantung pada *endosperm* biji. CCI meningkat pada 5 MST, lalu menurun pada 6 MST, meningkat kembali pada 7 MST dan menurun pada 8 MST, dan kemudian meningkat kembali pada 9 MST setelah pemupukan ke 2 dan 3 yang dilakukan pada umur 4 MST dan 8 MST.

Hasil percobaan menunjukkan CCI pada fase generatif (10 MST) lebih rendah dari fase vegetatif umur 5 MST, 6 MST, 7MST dan 9 MST, tetapi lebih tinggi dari fase vegetative umur 8 MST. Dinamika CCI daun dipengaruhi oleh tingkat perkembangan tanaman dan translokasi N. Penelitian Solikhah *et al.* (2019) menunjukkan bahwa kadar klorofil meningkat seiring dengan meningkatnya umur tanaman sampai daun berkembang penuh, kemudian menurun menuanya daun. Lebih lanjut Setiawati *et al.*

(2016) menyatakan bahwa CCI daun tanaman berkorelasi linier dengan kadar klorofil daun. Efendi *et al.* (2012) mengemukakan bahwa penurunan CCI sesudah fase vegetatif, akibat translokasi N dari daun ke biji. Pada fase vegetatif jagung mengakumulasi N dalam jumlah banyak untuk pertumbuhan organ vegetatif, kemudian sebagian besar N dalam jaringan tanaman ditranslokasi ke bagian generatif pada saat tanaman memasuki fase generatif, terutama biji, sehingga pada fase generatif nilai klorofil daun jagung cenderung mengalami penurunan. (Lattanzi *et al.*, 2005).

Kadar Klorofil Daun Jagung Umur 4 MST dan 8 MST

Kadar klorofil daun jagung pada umur 4 MST dan 8 MST disajikan pada Tabel 3. Secara umum kadar klorofil meningkat dengan meningkatnya umur dari 4 MST ke 8 MST. Secara visual hal ini teramati dengan warna daun jagung umur 8 MST berwarna hijau tua, lebih tua dari warna daun pada umur 4 MST. Kadar klorofil pada daun hijau tua 50% lebih tinggi daripada daun berwarna hijau muda. Faktor yang mempengaruhi pembentukan klorofil adalah genetik tanaman, cahaya, dan unsur N, Mg, Fe sebagai pembentuk dan katalis dalam sintesis klorofil (Solikhah *et al.*, 2019).

Tabel 3. Hasil Uji Tukey pengaruh dosis pupuk pada kandungan klorofil daun jagung pada umur 4 MST dan 8 MST

Perlakuan	4 MST (mg/g)*	8 MST (mg/g)
KONTROL	12,42 d	19,55
1 UG	13,38 cd	20,16
2 UG	16,67abcd	15,89
3 UG	18,10 abc	26,08
1 UG + 1/3 STD	15,08 bcd	21,66
1 UG + 1/3 STD	14,70 bcd	24,29
2 UG + 1/3 STD	14,40 bcd	23,68
2 UG + 1/3 STD	15,81abcd	27,10
3 UG + 1/3 STD	20,28 a	28,55
1 STD	18,71 ab	27,86

*angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada α 5%

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan berpengaruh nyata pada kadar klorofil tanaman umur 4 MST, sedangkan pada umur 8 MST berpengaruh tidak nyata. Hasil pengukuran kadar klorofil pada umur 4

MST menunjukkan bahwa kadar klorofil tertinggi diperoleh pada perlakuan 3 UG + 1/3 STD yang nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol, 1 UG, 1 UG + 1/3 STD, 1 UG + 2/3 STD, dan 2 UG + 1/3 STD, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan, 2 UG, 2 UG + 2/3 STD, 3 UG, dan 1 STD. Sementara kontrol tidak berbeda nyata dengan 1 UG, 1 UG + 1/3 STD, 1 UG + 2/3 STD, 2 UG, 2 UG + 1/3 STD, dan 2 UG + 2/3 STD, sebaliknya perlakuan kontrol berbeda nyata dengan perlakuan 3 UG, 3 UG + 1/3 STD, dan 1 STD. Hal ini dapat disimpulkan bahwa umur tanaman dan kecukupan hara dapat mempengaruhi kadar klorofil.

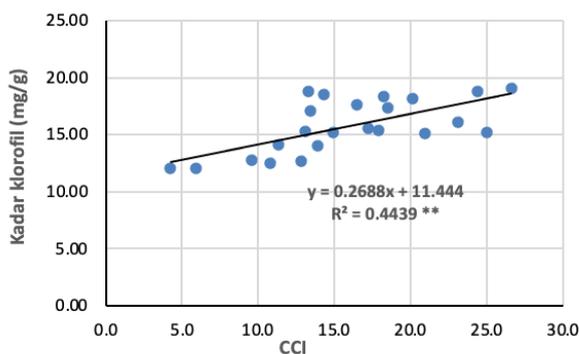
Hubungan CCI dengan Kadar Klorofil Daun

Hubungan antara CCI dengan kadar klorofil daun jagung dianalisis dengan model regresi linier pada umur 4 MST (Gambar 5) dan 8 MST (Gambar 6). Regresi antara CCI dan kadar klorofil pada umur 4 MST membentuk persamaan : $Kadar\ klorofil = 0,2688 * CCI + 11,444$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,44** ($r = 0,67$). Sementara, regresi CCI dengan kadar klorofil pada umur 8 MST membentuk persamaan: $Kadar\ klorofil = 0,4388 * CCI + 11,628$ dengan R^2 0,57** ($r = 0,76$).

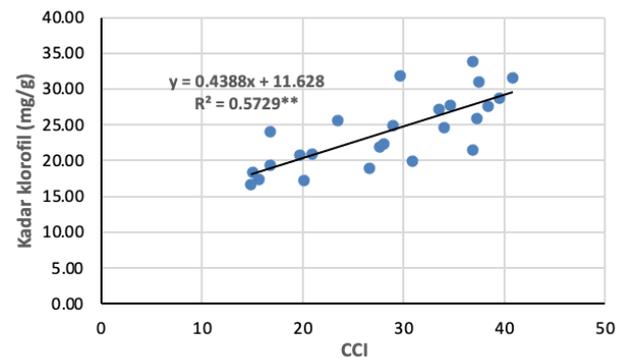
Koefisien determinasi model regresi linier kadar klorofil pada umur 8 MST lebih tinggi dibandingkan koefisien determinasi pada umur 4 MST (Gambar 5 dan 6). Selain itu, kisaran nilai kadar klorofil daun lebih lebar pada umur 8 MST dibandingkan 4 MST. Hal ini dikarenakan dalam siklus pertumbuhan jagung pada umur 8 MST merupakan puncak pertumbuhan dan secara fisiologis jagung mulai beralih dari fase pertumbuhan vegetatif ke generatif, yang ditandai dengan mulai munculnya bunga jantan dan tongkol. Selanjutnya, koefisien korelasi sebagai ukuran dari kedekatan antar CCI dan kadar klorofil tergolong kuat pada umur 4 MST dengan r sebesar 0,67, sedangkan pada umur 8 MST tergolong sangat kuat dengan r sebesar 0,76 (Nugroho, 2005). Selain itu, uji berpasangan CCI dan kadar klorofil daun diperoleh hubungan yang linier satu sama lain, dimana hasil uji T berpasangan diperoleh T hitung lebih besar dari T tabel (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Uji T berpasangan antara CCI dan kadar klorofil daun

Parameter	T-hitung	T-tabel
CCI-Kadar klorofil 4 MST	4,09	2,080
CCI-Kadar klorofil 8 MST	5,55	2,069



Gambar 5. Hubungan linier indeks CCI dan kandungan klorofil daun jagung pada 4 MST



Gambar 6. Hubungan linier indeks CCI dan kandungan klorofil daun jagung pada 8 MST

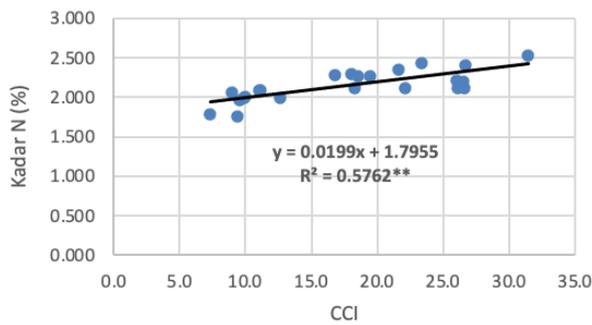
Hubungan CCI dan Kadar N Daun

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan berpengaruh nyata pada kadar N daun umur 8 MST (Tabel 5). Kadar N tertinggi pada umur 8 MST diperoleh pada perlakuan 2 UG + 2/3 STD sebesar 2,33 % yang nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan 3 UG, sebaliknya pada umur 4 MST perlakuan berpengaruh tidak nyata pada kadar N daun. Kisaran kadar N dalam daun pada umur 8 MST lebih kecil dibandingkan 4 MST. Hal ini menunjukkan bahwa pada fase vegetatif jagung mengakumulasi banyak N pada organ vegetatif, kemudian sebagian besar N tersebut ditranslokasikan ke bagian generatif, terutama biji seperti dikemukakan sebelumnya.

Hubungan CCI dengan kadar N daun pada 8 MST dengan model regresi linear membentuk persamaan: $N = 0,019 * CCI + 1,795$ (Gambar 7) dengan koefisien determinasi R^2 sebesar 0,58 (58%) atau koefisien korelasi sebesar 0,75. Menurut Nugroho (2015) suatu model hubungan dengan koefisien korelasi lebih besar dari 0,71 sampai 0,90 tergolong sangat kuat, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa korelasi antara CCI dengan kadar N daun pada 8 MST tergolong sangat kuat. Hasil tersebut diperkuat dengan hasil uji T dua contoh berpasangan yang menunjukkan bahwa CCI dan kadar N membentuk persamaan linier dengan korelasi sangat kuat. Lotfiomran *et al.* (2016) menyatakan bahwa CCI dan kadar N daun berkorelasi positif kuat satu sama lain. Dengan demikian CCI sensitif terhadap perubahan klorofil dan kadar N sehingga CCI dapat dipertimbangkan untuk digunakan memperkirakan kadar N daun tanaman. Padilla *et al.* (2018) mengkonfirmasi bahwa pengukuran CCI dengan klorofil meter dapat digunakan untuk memantau status N tanaman karena kadar klorofil daun sangat terkait dengan kadar N tanaman.

Tabel 5. Hasil Uji Tukey pengaruh dosis pupuk pada kadar N daun jagung pada umur 4 MST dan 8 MST

Perlakuan	4 MST (%)	8 MST (%)*
KONTROL	2.59	2.12ab
1 UG	2.67	1.90ab
2 UG	2.53	2.02ab
3 UG	2.55	1.72 b
1 UG + 1/3 STD	2.15	2.20ab
1 UG + 2/3 STD	2.52	2.27 a
2 UG + 1/3 STD	2.38	2.16ab
2 UG + 2/3 STD	2.58	2.33 a
3 UG + 1/3 STD	2.48	2.32 a
1 STD	2.53	2.30 a



Gambar 7. Hubungan linier indek CCI dan kadar N daun jagung pada 8 MST

SIMPULAN

Pola kurva CCI daun jagung menunjukkan CCI semakin meningkat dengan bertambahnya umur tanaman dan kemudian menurun dengan menuanya tanaman. Dosis pupuk berpengaruh nyata pada CCI kecuali pada umur 2 dan 3 MST, nilai CCI tinggi pada berkesuaian dengan kecukupan hara tinggi dan rendah berkesuaian dengan kecukupan hara rendah (perlakuan kontrol). CCI tertinggi dicapai pada jagung umur 7 MST pada perlakuan dosis kombinasi 2 × 8 lt Ultra Gen dan 2/3 pupuk NPK standar per ha.

CCI dan kadar klorofil pada umur 4 MST dan 8 MST memiliki hubungan linear positif dengan korelasi tergolong kuat (umur 4 MST) dan sangat kuat (umur 8 MST). CCI sensitif terhadap perubahan klorofil daun.

Model hubungan CCI dengan kadar N daun berkorelasi positif yang sangat kuat pada jagung umur 8 MST. CCI sensitif terhadap kadar N daun, sehingga pengukuran CCI dengan klorofil meter bisa digunakan untuk menduga status hara N daun tanaman jagung.

UCAPAN TERIMAKASIH

Para penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University, khususnya Divisi Penginderaan Jauh dan Informasi Spasial serta Divisi Kimia dan Kesuburan Tanah, yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Afandi, S.D., Y. Herdiyeni, L.B. Prasetyo, W. Hasbi, K. Arai and H. Okumura. 2016. Nitrogen content estimation of rice crop based on near infrared (NIR) reflectance using artificial neural network (ANN). *Procedia Environmental Sciences*, 33:63–69.

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiol.* 24 (1): 1-15

Efendi, R., Suwardi, Syafruddin dan Zubachtirodin. 2012. Penentuan takaran pupuk nitrogen pada tanaman jagung hibrida berdasarkan klorofil meter dan bagan warna daun. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 31(1): 27–34.

Ghasemi, M., K. Ghasemi, A. Yadollahi, S. Ghasemi and S.S. Khorrami. 2011. Estimate of leaf chlorophyll

and nitrogen content in Asian Pear (*Pyrus serotina* Rehd.) by CCM-200. *Notulae Scientia Biologicae*, 3(1): 91–94.

Hidayah, F., S. Santosa dan R.E. Putri. 2019. Model prediksi hasil panen berdasarkan pengukuran non-destruktif nilai klorofil tanaman padi. *Agritech.*, 39(4): 289-297.

[KEMENTAN] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2018. *Kementan Pastikan Produksi Jagung Nasional Surplus*. <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=3395>.

[KEMENTAN] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2021. *Inilah 10 Provinsi Produsen Jagung Terbesar Indonesia*. <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=4639#:~:text=Berdasarkan%20laporan%20prognosa%20penghitungan%20Pusat,mencapai%205%2C16%20juta%20ha>.

Lattanzi, F.A., H. Schnyder and B. Thornton. 2005. The sources of carbon and nitrogen supplying leaf growth. Assessment of the role of stores with compartmental models. *Plant Physiol.*, 137: 383–395.

Lotfiomran, N., M. Köhl and J. Fromm. 2016. Interaction effect between elevated CO₂ and fertilization on biomass, gas exchange and C/N ratio of European Beech (*Fagus sylvatica* L.). *Plants*, 5(3) 38: 1-13.

Nugroho, B.A. 2005. Strategi Jitu Memilih Metode Statistik Penelitian dengan SPSS. Andi, Yogyakarta. 131 hlm.

Padilla, F.M., R. de Souza, M.T. Peña-Fleitas, M. Gallardo, C. Giménez and R.B. Thompson. 2018. Different responses of various chlorophyll meters to increasing nitrogen supply in Sweet Pepper. *Front. Plant Sci.*, 9:1752

Parry, C., J.M. Blonquist and B. Bugbee. 2014. In situ measurement of leaf chlorophyll concentration: analysis of the optical/absolute relationship. *Plant Cell and Environment*, 37:2508–2520.

Purwanto, S. 2008. Perkembangan Produksi dan Kebijakan dalam Peningkatan Produksi Jagung. Direktorat Budi Daya Serealia. Bogor (ID): Direktorat Jenderal Tanaman Pangan

Putri, R.E., A. Yahya, N.M. Adam and S.A. Aziz. 2016. Variability of rice yield with respect to crop health. *Jurnal Teknologi*, 78(1–2):79–85.

Richmond, A. 2004. *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*. Blackwell Science Ltd, Oxford. 566 p.

Roy, R.N., A. Finck, G.J. Blair and H.L.S. Tandon. 2006. *Plant nutrition for food security: A guide for integrated nutrient management*. FAO fertilizer and plant nutrition bulletin 16, Rome Italy. 347 pp

Syafruddin. 2015. Manajemen pemupukan nitrogen pada tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*, 34(3):105–116.

Setiawati, T., I.E. Saragih, M. Nurzaman and A.Z. Mutaqin. 2016. Analisis Kadar Klorofil dan Luas Daun Lampeni (*Ardisia humilis* Thunberg) pada Tingkat Perkembangan yang Berbeda di Cagar Alam Pangandaran., *Jatinangor*: 27–28 Oktober 2016. Hal. 122–126.

Solikhah R., E. Purwantoyo dan E. Rudyatmi. 2019. Aktivitas antioksidan dan kadar klorofil kultivar singkong di daerah Wonosobo. *Life Science*, 8(1): 86-95.

Suyatman. 2020. Menyelidiki energi pada fotosintesis tumbuhan. *Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2): 125-131.
