

**Identifikasi Karakter Agronomi dan Fisiologi Daun Beberapa Genotipe Mutan Ubi Kayu  
(*Manihot esculenta* Crantz)**

***Identification of Agronomic and Leaf Physiological Characters of Several Mutant Genotypes of  
Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)***

**Wening Kusuma Wardani<sup>1</sup>, Nurul Khumaida<sup>2</sup>, Diny Dinarti<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Agronomi dan Hortikultura Departemen Agronomi dan Hortikultura,  
Institut Pertanian Bogor (IPB University)

<sup>2</sup>Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, (IPB University)  
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: dinydinarti@gmail.com

Disetujui: 30 November 2022 / *Published Online* Januari 2023

**ABSTRACT**

*Cassava leaves are one of the vegetables of choice in daily consumption for Indonesian. Therefore, it is necessary to improve the quality and quantity of cassava leaves. Department of Agronomy and Horticulture, Faculty of Agriculture IPB has several genotypes of stable cassava irradiated with gamma rays which have the potential to become new varieties of cassava and to study the correlation between green level and the results of the SPAD (Soil Plant Analysis Development) chlorophyll meter. The study used a descriptive design where there was no environmental and experimental design. The research was conducted by observing plant height, plant width, 5th leaf laden index (ILD), number of branches, and leaf green level in 35 genotypes from 6 elders in the cassava mutant genotype collection area. The results of the observations were then processed using a scatter plot to classify the superior genotypes. The genotypes considered to be superior were G2D12223 (plants from Ratim), G3D2413 (plants from UJ-5), G21533, and G31515D (plants from Gajah). Four genotypes were tested for chlorophyll content to see the effect of the genotype on chlorophyll and the correlation between the green level of the leaves in the field measurements and the chlorophyll content from the laboratory test. ANOVA and further test showed that the genotype had an effect on the level of leaf green, chlorophyll b, the ratio of chlorophyll a: b, and carotene. The genotype G31515D was considered superior, based on these results for all characters except for the chlorophyll a:b ratio. The genotype that was superior in the character of the chlorophyll a: b ratio was G21533. The results of the correlation test showed that the level of leaf green was significantly correlated with total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b, the ratio of chlorophyll a: b, and carotene, while anthocyanins were not correlated with all other test characters.*

*Keywords: cassava, carotenoids, chlorophyll, dicyledoneae, genotype*

**ABSTRAK**

Indonesia telah menjadikan daun ubi kayu sebagai salah satu sayur pilihan dalam konsumsi sehari-hari. Hal ini menjadikan peningkatan kualitas dan kuantitas daun ubi kayu perlu dilakukan. Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB telah memiliki beberapa genotype ubi kayu mutan stabil hasil iradiasi sinar gamma berpotensi sebagai varietas baru ubi kayu penghasil daun untuk sayuran. Tujuan percobaan adalah untuk mempelajari karakter agronomi dan fisiologi daun beberapa genotype ubi kayu serta mempelajari korelasi antara tingkat hijau daun dengan hasil klorofil meter SPAD (*Soil Plant Analysis Development*). Penelitian menggunakan rancangan deskriptif dimana tidak ada rancangan lingkungan dan rancangan percobaan. Penelitian dilakukan dengan mengamati tinggi tanaman, lebar tanaman, indeks luad daun (ILD) daun ke-5, jumlah cabang dan tingkat hijau daun pada 35 genotype yang berasal dari 6 tetua di lahan koleksi genotype mutan ubi kayu. Hasil pengamatan kemudian diolah dengan menggunakan *scatter plot* untuk mengelompokkan genotype unggul. Genotype yang dinilai unggul adalah G2D12223 (tanaman asal Ratim), G3D2413 (tanaman

asal UJ-5), G21533 dan G31515D (tanaman asal Gajah). Keempat genotipe kemudian diuji kandungan klorofil untuk melihat pengaruh genotipe pada klorofil dan korelasi antara tingkat hijau daun pengukuran lapangan dengan kandungan klorofil hasil uji laboratorium. Hasil uji anova dan uji lanjut menunjukkan bahwa genotipe memberikan pengaruh pada tingkat hijau daun, klorofil b, rasio klorofil a:b dan karoten. Genotipe yang dinilai unggul berdasarkan hasil tersebut adalah G31515D untuk semua karakter kecuali rasio klorofil a:b. Genotipe yang unggul dalam karakter rasio klorofil a:b adalah G21533. Hasil uji korelasi menunjukkan tingkat hijau daun berkorelasi nyata dengan total klorofil, klorofil a, klorofil b, rasio klorofil a:b dan karoten, sedangkan antosianin tidak berkorelasi dengan semua karakter uji lainnya.

Kata kunci: *cassava*, dikotil, genotipe, karoten, klorofil

## PENDAHULUAN

Masyarakat Indonesia telah memanfaatkan daun ubi kayu untuk sektor pangan dan pakan. Penggunaan daun ubi kayu sebagai sayuran secara turun temurun telah menjadikan daun ubi kayu sebagai salah satu sayuran utama masyarakat. Menurut data statistika Kementerian Pertanian Republik Indonesia (Kementan) (2018) konsumsi daun ubi kayu pada tahun 2017 mencapai 2,972 kg kapita<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>. Data tersebut memaparkan konsumsi daun ubi kayu mengalami peningkatan dari tahun sebelumnya sebesar 3.63%. Hal tersebut membuktikan bahwa ubi kayu menjadi salah satu pilihan yang banyak dipertimbangkan masyarakat sebagai salah satu sayuran yang dikonsumsi harian. Sudut pandang nilai nutrisi mendefinisikan hal yang tergolong sebagai sayuran adalah makanan rendah energi densitas, banyak mengandung vitamin, mineral, komponen bioaktif, dan merupakan sumber serat. Achidi *et al.* (2008) dalam Latif (2015) memaparkan daun ubi kayu mengandung protein, pati, serat, mineral, vitamin A, vitamin B1, dan vitamin C. Kandungan tersebut menunjukkan bahwa daun ubi kayu layak dijadikan sebagai salah satu pilihan sayuran harian.

Pemanfaatan daun ubi kayu telah banyak dilakukan di Indonesia dan konsumsi daun ubi kayu dinilai sebagai salah satu sayuran pilihan namun penelitian terkait pengembangan varietas masih kurang dilakukan baik untuk meningkatkan kualitas maupun kuantitas daun ubi kayu. Peningkatan kualitas dan kuantitas tersebut dapat dilakukan melalui peningkatan keragaman pada ubi kayu. Peningkatan keragaman dapat mempermudah perakitan varietas tanaman ubi kayu yang dimanfaatkan secara spesifik oleh masyarakat sehingga peningkatan hasil daun dan atau umbi dapat dicapai. Menurut Maharani (2015), Departemen AGH IPB telah turut serta dalam perkembangan ubi kayu dalam rangka perakitan varietas baru ubi kayu melalui pemuliaan tanaman menggunakan radiasi sinar gamma. Pengembangan varietas baru tersebut menghasilkan genotipe-genotipe mutan unggul. Beberapa genotipe-genotipe mutan stabil tersebut

dinilai memiliki potensi sebagai varietas baru penghasil daun sebagai sayuran segar.

Seleksi awal terhadap genotipe-genotipe ubi kayu yang daunnya dinilai memiliki nilai gizi yang baik sebagai sayuran daun perlu dilakukan dalam mengembangkan varietas penghasil daun segar. Pemilihan varietas didasarkan pada pengamatan tingkat hijau daun pada masa vegetatif awal karena daun banyak tumbuh pada masa tersebut. Pengamatan tingkat hijau daun dapat memperkirakan jumlah klorofil yang terkandung pada daun. Jumlah klorofil yang semakin tinggi akan mampu meningkatkan hasil fotosintesis tanaman. Selain itu, klorofil juga bermanfaat bagi kesehatan manusia (Pareek *et al.*, 2017). Penelitian terkait korelasi kandungan nutrisi tanaman melalui kandungan klorofil pada tanaman pisang pernah dilakukan oleh Arantes (2016). Pembelajaran terkait korelasi alat klorofil meter dengan kandungan klorofil akan membantu dalam pemilihan varietas tanpa harus merusak daun yang menjadi tujuan pemanenan. Tujuan percobaan adalah untuk mempelajari karakter agronomi dan fisiologi daun beberapa genotipe ubi kayu serta mempelajari korelasi antara tingkat hijau daun dengan hasil klorofil meter SPAD (*Soil Plant Analysis Development*).

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Cikabayan, Institut Pertanian Bogor, Jawa Barat dengan ketinggian 240 m dpl mulai bulan Juni 2018 hingga Maret 2019. Pengujian kandungan klorofil dilakukan di Laboratorium Pasca Panen Departemen Agronomi dan Hortikultura, Faperta, IPB. Bahan tanam yang digunakan adalah koleksi genotipe mutan stabil dan tanaman asal ubi kayu Departemen AGH IPB. Genotipe mutan stabil digunakan sebanyak 32 genotipe yang berasal dari 5 tetua dan 3 tetua asal. Genotipe asal terdiri atas Jame-jame dan Ratim (local Halmahera), UJ-5 (introduksi Thailand), Malang-4 dan Adira-4 (varietas nasional) serta Gajah (asal Kalimantan Timur). Genotipe tanaman asal yang digunakan sebagai pembanding adalah UJ-5, Malang-4,

Adira-4 dikarenakan adanya keterbatasan bahan tanam. Genotipe mutan stabil asal dan 5 tanaman asal terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Genotipe mutan stabil dan 5 tanaman asal

Tanaman Asal	Genotipe mutan
Jame-jame	G1D1322
Ratim	G2D12223
UJ-5	G3D2413
Malang-4	G4D1221
	G4D2
	G4D2123
	G4D3113
Adira-4	G5D2223
	G5D22233
Gajah	G11513
	G11522
	G11541
	G11542D
	G11543
	G11554D
	G21515D
	G21533
	G21541D
	G21542D
	G21552D
	G21553
	G21554D
	G31515D
	G31521D
	G31543
	G31544,
	G315452D
G31551D	
G31553	
G6114C	
G6214A	
G6215A	

Kode genotipe mutan stabil selain tanaman mutan yang berasal dari genotipe Gajah menunjukkan perbedaan tanaman asal, dosis iradiasi sinar gamma, serta nomer tanaman. Kode tanaman asal dan dosis iradiasi adalah sebagai berikut: G1 tanaman asal Jame-jame, G2 tanaman asal Ratim, G3 tanaman asal UJ-5, G4 tanaman asal Malang-4, G5 tanaman asal Adira-4, D1 dosis iradiasi 15 gray, D2 dosis iradiasi 30 gray, D3 dosis iradiasi 45 gray dan D4 dosis iradiasi 60 gray. Pengkodean genotipe yang berasal dari tetua varietas Gajah diawali dengan ulangan, jumlah dosis dan nomer tanaman pada setiap generasinya. Setelah melalui generasi M1V4 genotipe Gajah berubah kode menjadi G6 yang kemudian angka setelahnya menunjukkan ulangan dosis dan nomer tanaman. Bahan lain yang digunakan merupakan kebutuhan umum pada budidaya tanaman yaitu pupuk kandang (dosis 5 ton ha<sup>-1</sup>), Urea, SP-36, KCl

dan furadan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mistar, kertas manila, label, alat tulis, alat pertanian, spatula, timbangan analitik, kamera, SPAD, spektrofotometer.

Penelitian menggunakan rancangan deskriptif dimana tidak ada rancangan lingkungan dan rancangan percobaan. Populasi kebun koleksi adalah 2 tanaman tiap genotipenya tanpa adanya ulangan dan semua tanaman pada populasi diamati karakter agronominya. Karakter agronomi yang diamati adalah tinggi tanaman, lebar kanopi, jumlah cabang, indeks daun kelima dan tingkat hijau daun. Pengukuran indeks luas daun kelima dilakukan dengan bantuan aplikasi *Image J*. Hasil karakter agronomi yang berupa data rata-rata karakter tanaman dianalisis dengan aplikasi SPSS untuk dipilih genotipe-genotipe yang akan diuji karakter fisiologinya. Karakter fisiologi yang diuji adalah kandungan klorofil a, klorofil b, total klorofil, rasio klorofil a:b, antosianin dan karoten.

Pengamatan dilakukan pada saat tanaman telah berusia 3 bulan dan dilakukan satu kali setiap bulannya selama 3 bulan berturut-turut. Parameter yang diamati berupa tinggi tanaman, lebar kanopi, indeks luas daun kelima, jumlah cabang dan pengukuran tingkat hijau daun dengan menggunakan SPAD. Tinggi tanaman diukur mulai dari atas tanah hingga pucuk tanaman sedangkan lebar kanopi diukur dengan mengukur panjang antar ujung terluar tanaman. Pengukuran tingkat hijau daun dan jumlah cabang dilakukan secara bersamaan. Daun yang diukur tingkat kehijauannya adalah daun kelima dari pucuk tanaman dari masing-masing cabang sehingga jumlah cabang akan didapatkan. Pengamatan indeks daun kelima dilakukan setelah pengamatan tingkat hijau daun. Daun kelima tersebut dipetik untuk kemudian difoto diatas manila putih. Hasil foto tersebut kemudian diolah dengan *Image J* untuk diperoleh luas indeksnya. Hasil pengamatan agronomi selama 3 bulan dianalisis rata-ratanya untuk menentukan tanaman yang diuji karakter fisiologinya.

### Analisis Genotipe berpotensi

Pemilihan genotipe unggul dianalisis dengan bantuan aplikasi SPSS Hasil pengamatan yang berupa rata-rata karakter selama 3 bulan dianalisis dengan membuat pengelompokan genotipe berupa *scatter plot*. Pengelompokan dilakukan berdasarkan interaksi antar karakter lebar kanopi dengan tingkat hijau daun. Hasil interaksi tersebut kemudian dibagi menjadi 4 kelompok besar genotipe. Kelompok atau kuadran mengindikasikan karakter dari genotipe antara lain: kuadran 1 memiliki karakter dibawah rata-rata untuk kedua karakter, kuadran 2 memiliki nilai

dibawah rata-rata untuk karakter kedua, kuadran 3 memiliki nilai dibawah rata-rata untuk karakter petama, kuadran 4 memiliki karakter diatas rata-rata untuk kedua karakter. Genotipe yang memiliki nilai diatas rata-rata pada kedua karakter tersebut selama 3 bulan atau 2 bulan berturut-turut dari bulan ketiga atau keempat akan dinilai memiliki potensi sebagai genotipe pilihan.

#### **Analisis kandungan klorofil genotipe berpotensi**

Genotipe berpotensi yang telah dipilih kemudian diuji kandungan klorofilnya untuk melihat korelasi antar karakter agronomi dan fisiologinya. Pengujian klorofil dilakukan pada daun kelima dari setiap genotipe berpotensi. Uji dilakukan dengan 4 sampel atau 4 ulangan setiap daun setiap genotipe. Metode analisis yang digunakan untuk uji kandungan klorofil adalah Sims dan Gamon (2002) yang telah dimodifikasi.

#### **Analisis korelasi kandungan klorofil dan tingkat hijau daun**

Data uji klorofil yang diperoleh adalah kandungan klorofil a, klorofil b, total klorofil, rasio klorofil a:b, antosianin, karoten. Data tersebut diuji ANOVA terhadap genotipe kemudian dilakukan uji lanjut DMRT. Uji korelasi antar kandungan klorofil dan tingkat hijau daun hasil pengukuran SPAD pada bulan dilakukannya pengujian juga dilakukan. Pengamatan tingkat hijau daun dilakukan satu minggu setelah uji dilakukan karena keterbatasan alat SPAD yang ada. Hal tersebut menyebabkan pengamatan dilakukan pada dua daun yaitu daun ke lima dan daun sebelum daun yang dipetik untuk uji kandungan klorofil. Uji ANOVA, DMRT dan analisis korelasi dilakukan dengan bantuan aplikasi SPSS.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Kondisi Umum Percobaan**

Penanaman dilakukan pada awal bulan Juni dengan kondisi cuaca yang terdapat pada Tabel 2. Pedoman budidaya ubi kayu oleh Balitkabi (2016) menyatakan bahwa ubi kayu tumbuh optimal pada suhu 18-35 °C, kelembaban udara 60-65%, dan lama penyinaran matahari 10 jam hari<sup>-1</sup>. Curah hujan yang dibutuhkan oleh ubi kayu agar tumbuh optimum adalah 150-220 mm pada usia 1-3 bulan dan 250-330 mm pada usia 4-7. Kondisi lingkungan tersebut diperlukan untuk budi daya ubi kayu yang bertujuan mencapai produksi maksimum. Lahan yang digunakan untuk pengamatan merupakan lahan koleksi sehingga keadaan optimum kurang diperlukan karena tujuan penanaman untuk menjaga ketersediaan koleksi

genotipe mutan ubi kayu.

Balitkabi (2016) dan Lebot (2008) mengelompokkan ubi kayu kedalam 5 fase pertumbuhan yaitu fase pertumbuhan awal (5-15 HST (hari setelah tanam)), fase awal pertumbuhan dan perakaran (15-90 HST), fase pertumbuhan batang dan daun (3-5 BST (bulan setelah tanam)), fase translokasi karbohidrat ke umbi (6-9 BST), dan fase dormansi (9-10 BST). Selama 3 fase pertama pertumbuhan, tanaman mengalami kondisi kelebihan kelembapan udara dan kekurangan lama penyinaran matahari. Kondisi curah hujan bulanan mengalami fluktuasi selama 5 bulan dimana pada bulan pertama dan keempat kebutuhan curah hujan tercukupi, bulan kedua dan ketiga mengalami kekurangan dan bulan kelima mengalami kelebihan. Suhu rata-rata bulanan berada pada rentang kebutuhan budidaya ubi kayu dari bulan kedua hingga kelima sedangkan bulan pertama mengalami kelebihan. Kondisi lingkungan dinilai kurang memenuhi standar optimum budi daya namun tidak berpengaruh secara signifikan pada pertumbuhan tanaman. Hal tersebut didasarkan pada tanaman yang secara umum masih mengalami pertumbuhan tinggi pada bulan ketiga hingga kelima sesuai dengan fase pertumbuhan batang dan daun dimana pertumbuhan vegetative aktif terjadi.

#### **Karakter Agronomi**

Genotipe yang dinilai unggul adalah genotipe yang memiliki tingkat hijau daun yang tinggi, berkanopi lebar, jumlah cabang banyak, ILD tinggi dan tinggi tanaman sesuai dengan rata-rata tinggi orang Indonesia yaitu 156 cm (Sohn, 2014). Genotipe berkarakter tersebut diharapkan mampu menghasilkan daun dalam jumlah banyak dengan proses pemanenan yang mudah. Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan rata-rata dan standar deviasi dari karakter uji masing-masing genotipe.

Tingkat hijau daun merupakan hasil perhitungan kandungan klorofil daun dengan menggunakan alat SPAD (*Soil Plant Analytical Development*). Klorofil mampu menyerap cahaya tampak dengan baik pada rentang gelombang cahaya merah dan biru. Prinsip tersebut digunakan sebagai dasar menghitung jumlah klorofil melalui kemampuan daun menyerap sinar merah dari sinar infra merah yang dipancarkan.

Cahaya akan dipancarkan melewati daun sampel dengan panjang gelombang 650 nm dan 940 nm. Ketika cahaya melalui daun sampel, sejumlah transmisi yang melewati daun dan cahaya yang ditransmisikan akan diterima oleh reseptor dan mengubahnya menjadi sinyal elektrik untuk menentukan kandungan relative klorofil (Süß *et al.*, 2015).

Tabel 2. Data cuaca bulanan di Kebun Percobaan Cikabayan IPB tahun 2018

Parameter cuaca	Bulan					
	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November
Curah hujan bulanan (mm)	260.20	72.70	73.70	172.50	411.50	309.90
Kelembaban udara rata-rata (%)	82.50	76.32	74.55	75.43	79.65	82.99
Lama penyinaran matahari (jam)	6.68	8.45	7.95	7.45	7.28	4.79
Suhu rata-rata bulanan (°C)	36.19	25.76	25.88	26.13	26.59	26.41

SPAD tidak dapat mengukur secara langsung dan spesifik jumlah klorofil yang terdapat pada daun. Hasil yang diperoleh dari SPAD umumnya disebut dengan SPAD unit (Richardson, 2002). Setiap bulannya tingkat hijau daun pada tanaman mengalami penurunan yang dapat disebabkan oleh kurangnya air selama masa pertumbuhan. Amin (2016) menyatakan bahwa kurangnya pasokan air pada tanaman menginduksi terjadinya degradasi pigmen fotosintesis, pengurangan jumlah klorofil dan kerusakan pada sistem fotosintesis. Pengurangan pada jumlah klorofil dan proses sintesis klorofil secara signifikan dapat terjadi karena adanya kehancuran

struktur tertentu. Hal tersebut menunjukkan bahwa dehidrasi pada tanaman menyebabkan terjadinya katabolisme pada klorofil. Karakter lain yang terpengaruhi oleh kondisi curah hujan rendah adalah lebar kanopi. Lebar kanopi tiap genotipe mengalami fluktuasi tiap bulannya, kondisi tersebut diakibatkan daun tanaman yang gugur. Daun yang dipertahankan merupakan daun yang kompeten dalam melakukan fotosintesis (Duque, 2012). Gugurnya daun pada tanaman terjadi akibat mekanisme tanaman yang mengurangi angka rata-rata transpirasi akibat kekurangan air (Veres *et al.*, 2019).

Tabel 3. Nilai rata-rata dan standar deviasi tingkat hijau daun dan ILD daun ke-5 beberapa genotipe ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz)

Genotipe	Tingkat Hijau Daun			ILD		
	3 BST	4 BST	5 BST	3 BST	4 BST	5 BST
G1D1322	34.4 ± 4.03	32.9 ± 1.59	28.1 ± 1.07	243.0 ± 37.15	160.9 ± 61.04	172.9 ± 89.24
G2D12223	40.6 ± 2.53	40.8 ± 1.45	34.6 ± 1.24	225.0 ± 38.80	155.4 ± 29.88	113.0 ± 58.39
G3D0	39.1 ± 0.20	37.0 ± 2.31	35.4 ± 0.00	171.9 ± 67.97	115.2 ± 45.80	310.0 ± 149.57
G3D2413	41.1 ± 1.68	37.5 ± 1.12	32.6 ± 0.43	151.5 ± 36.06	177.8 ± 25.26	168.4 ± 62.25
Rataan	40.1 ± 1.66	37.2 ± 1.75	34.0 ± 1.32	161.7 ± 49.70	146.5 ± 41.10	239.2 ± 129.3
G4D0	41.8 ± 2.58	34.7 ± 0.94	30.6 ± 0.85	188.1 ± 24.35	171.6 ± 13.08	111.2 ± 34.20
G4D1221	36.1 ± 2.01	34.3 ± 1.70	35.5 ± 2.37	163.2 ± 34.73	199.3 ± 87.72	80.41 ± 35.81
G4D2	39.8 ± 2.54	36.2 ± 3.86	38.3 ± 1.38	81.9 ± 50.89	139.1 ± 29.68	381.6 ± 39.78
G4D2123	39.1 ± 0.86	37.1 ± 0.68	32.6 ± 0.42	115.3 ± 36.21	148.3 ± 17.15	157.2 ± 9.73
G4D3113	38.7 ± 0.00	37.3 ± 0.00	35.5 ± 0.00	90.8 ± 0.00	103.1 ± 0.00	239.2 ± 0.00
Rataan mutan	38.4 ± 2.53	36.2 ± 2.69	35.5 ± 2.65	146.5 ± 41.10	239.2 ± 129.3	214.6 ± 130.00
Rataan genotipe	39.1 ± 2.76	35.9 ± 2.51	34.5 ± 3.05	127.9 ± 45.78	152.3 ± 67.40	193.9 ± 122.42
G5D0	38.0 ± 0.00	41.0 ± 0.00	28.7 ± 0.40	160.7 ± 0.00	214.5 ± 0.00	51.1 ± 1.53
G5D2223	35.8 ± 2.22	32.4 ± 1.32	33.4 ± 0.70	301.2 ± 30.69	118.0 ± 15.08	157.5 ± 79.03
G5D22233	39.8 ± 2.09	36.1 ± 3.54	34.4 ± 1.47	284.9 ± 35.69	159.7 ± 34.09	174.7 ± 40.77
Rataan mutan	37.8 ± 2.88	34.3 ± 3.25	33.9 ± 1.33	239.2 ± 129.3	239.2 ± 129.3	166.1 ± 60.82
Rataan genotipe	37.9 ± 2.74	36.5 ± 3.68	32.2 ± 2.45	248.9 ± 97.15	164.0 ± 43.00	127.8 ± 72.22
G11513	36.5 ± 1.57	35.9 ± 1.27	30.6 ± 3.92	100.0 ± 28.89	144.9 ± 32.42	72.1 ± 18.54
G11522	34.8 ± 1.04	32.6 ± 0.61	24.2 ± 3.19	115.8 ± 11.19	139.2 ± 33.39	66.0 ± 18.48
G11541	35.7 ± 1.78	37.1 ± 2.53	31.4 ± 1.54	194.2 ± 13.62	167.3 ± 40.11	89.8 ± 24.12
G11542D	33.8 ± 1.70	35.2 ± 1.40	24.0 ± 0.29	202.5 ± 20.84	256.8 ± 26.72	74.2 ± 17.71
G11543	35.2 ± 1.30	38.6 ± 0.93	31.2 ± 1.80	122.3 ± 19.19	215.1 ± 60.94	138.9 ± 65.15
G11554D	38.1 ± 0.90	39.7 ± 1.77	29.6 ± 2.51	253.7 ± 8.96	268.7 ± 58.43	94.7 ± 33.87
G21515D	35.2 ± 1.00	36.8 ± 1.86	28.6 ± 3.16	197.5 ± 48.60	210.5 ± 73.58	172.4 ± 70.25
G21533	34.7 ± 1.41	37.4 ± 1.90	32.3 ± 2.63	219.4 ± 104.33	320.4 ± 50.97	124.2 ± 22.98
G21541D	35.8 ± 2.38	33.8 ± 0.84	28.8 ± 1.85	193.7 ± 36.31	160.3 ± 63.94	298.1 ± 164.41
G21542D	37.1 ± 1.83	38.7 ± 2.64	28.0 ± 3.71	199.9 ± 24.13	209.0 ± 29.00	74.3 ± 23.62
G21552D	34.7 ± 1.35	37.8 ± 1.34	30.7 ± 3.39	140.7 ± 39.03	113.3 ± 30.68	141.4 ± 55.49

Tabel 3. lanjutan

Genotipe	Tingkat Hijau Daun			ILD		
	3 BST	4 BST	5 BST	3 BST	4 BST	5 BST
G21553	36.2 ± 2.61	37.4 ± 1.57	31.9 ± 3.39	226.8 ± 47.16	185.2 ± 17.52	203.3 ± 70.85
G21554D	35.7 ± 0.78	37.9 ± 2.28	32.1 ± 1.70	172.8 ± 19.07	163.5 ± 23.91	97.9 ± 29.30
G31515D	38.6 ± 1.97	39.2 ± 3.05	33.5 ± 2.15	206.8 ± 16.41	161.0 ± 21.82	163.6 ± 59.94
G31521D	34.8 ± 1.29	34.4 ± 1.75	31.8 ± 1.96	207.1 ± 60.04	240.5 ± 77.25	178.8 ± 57.34
G31543	34.3 ± 1.11	34.2 ± 2.25	28.7 ± 2.01	269.8 ± 23.94	108.7 ± 56.67	76.7 ± 46.08
G31544	34.4 ± 0.97	35.8 ± 2.25	30.0 ± 2.60	328.6 ± 79.65	140.8 ± 61.82	160.8 ± 103.04
G315452D	34.5 ± 1.21	34.7 ± 1.30	30.8 ± 2.59	362.0 ± 79.33	174.4 ± 54.61	58.9 ± 26.36
G31551D	34.4 ± 1.26	34.9 ± 3.34	30.9 ± 5.39	263.3 ± 58.17	178.1 ± 78.10	50.5 ± 39.39
G31553	33.5 ± 2.42	34.8 ± 1.67	35.7 ± 1.36	217.3 ± 23.72	126.9 ± 13.67	96.7 ± 27.43
G6114C	38.9 ± 2.16	34.2 ± 3.68	29.9 ± 0.92	150.0 ± 23.79	175.9 ± 49.54	116.2 ± 42.26
G6214A	40.6 ± 1.40	34.4 ± 3.60	33.3 ± 2.78	191.4 ± 39.71	339.7 ± 28.04	138.1 ± 24.74
G6215A	37.5 ± 2.82	35.4 ± 2.31	30.9 ± 3.35	182.3 ± 70.92	154.3 ± 64.65	280.6 ± 188.87
Rataan mutan	35.9 ± 2.47	36.1 ± 2.83	30.4 ± 3.76	248.9 ± 97.15	164.0 ± 43.00	127.8 ± 72.22

Keterangan: Data adalah rata-rata dari 2 tanaman yang diikuti standar deviasinya

Tabel 4. Nilai rata-rata dan standar deviasi tinggi tanaman, lebar kanopi dan jumlah cabang beberapa genotipe ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz)

	Tinggi (cm)			Lebar kanopi (cm)			Jumlah cabang		
	3 BST	4 BST	5 BST	3 BST	4 BST	5 BST	3 BST	4 BST	5 BST
G1D1322	98.5 ± 20.50	115.0 ± 25.00	130.0 ± 35.00	92.0 ± 3.00	95.0 ± 20.00	74.0 ± 8.00	3.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00
G2D12223	94.0 ± 6.00	141.5 ± 31.50	162.0 ± 38.00	100.0 ± 8.00	118.5 ± 18.50	101.0 ± 19.00	3.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00
G3D0	59.0 ± 8.00	57.5 ± 7.50	71.5 ± 6.50	86.0 ± 9.00	97.5 ± 2.50	99.5 ± 14.50	1.0 ± 0.00	1.5 ± 0.50	1.0 ± 0.00
G3D2413	91.5 ± 1.50	135.0 ± 15.00	153.0 ± 18.00	112.5 ± 23.50	115.0 ± 20.00	121.0 ± 9.00	2.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00	1.5 ± 0.50
Rataan	75.3 ± 17.24	96.3 ± 40.52	112.3 ± 42.94	99.3 ± 22.19	106.3 ± 16.72	110.3 ± 16.16	1.5 ± 0.50	1.8 ± 0.43	1.3 ± 0.43
G4D0	35.5 ± 10.50	58.5 ± 11.50	73.0 ± 15.00	63.5 ± 23.50	83.0 ± 13.00	72.5 ± 19.50	1.5 ± 0.50	1.5 ± 0.50	1.5 ± 0.50
G4D1221	84.5 ± 1.50	87.0 ± 11.00	131.0 ± 11.00	125.5 ± 13.50	111.0 ± 13.00	117.0 ± 7.00	2.0 ± 0.00	3.0 ± 0.00	4.5 ± 0.50
G4D2	51.5 ± 6.50	77.5 ± 7.50	99.5 ± 3.50	99.0 ± 3.00	99.0 ± 14.00	89.0 ± 7.00	2.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00
G4D2123	62.0 ± 1.00	79.0 ± 9.00	111.5 ± 13.50	91.5 ± 18.50	100.0 ± 13.00	111.0 ± 11.00	1.5 ± 0.50	1.5 ± 0.50	1.5 ± 0.50
G4D3113	39.0 ± 0.00	93.0 ± 0.00	132.0 ± 0.00	55.0 ± 0.00	90.0 ± 0.00	100.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00
Rataan mutan	59.3 ± 19.24	84.1 ± 10.52	118.5 ± 17.22	92.8 ± 27.23	100.0 ± 14.52	104.3 ± 14.05	1.6 ± 0.45	1.9 ± 0.93	2.3 ± 1.40
Rataan genotipe	54.5 ± 18.79	79.0 ± 13.75	109.4 ± 24.32	86.9 ± 28.84	96.6 ± 15.86	97.9 ± 20.34	1.6 ± 0.47	1.8 ± 0.87	2.1 ± 1.31
G5D0	61.0 ± 0.00	76.0 ± 0.00	88.0 ± 0.00	60.0 ± 0.00	56.0 ± 0.00	42.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00
G5D2223	79.5 ± 15.50	107.5 ± 3.50	119.5 ± 0.50	123.0 ± 3.00	111.0 ± 29.00	104.5 ± 19.5	2.0 ± 1.00	1.5 ± 0.50	1.5 ± 0.50
G5D22233	83.5 ± 11.50	105.0 ± 12.00	118.0 ± 10.00	121.5 ± 5.50	107.5 ± 7.50	97.5 ± 2.5	2.5 ± 0.50	2.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00
Rataan mutan	81.5 ± 13.79	106.3 ± 8.93	118.8 ± 7.12	122.3 ± 4.49	109.3 ± 21.25	101.0 ± 14.34	2.3 ± 0.89	1.5 ± 0.49	1.5 ± 0.49
Rataan genotipe	74.7 ± 14.81	96.2 ± 14.50	108.5 ± 13.85	101.5 ± 25.22	91.5 ± 28.55	81.3 ± 26.86	1.8 ± 0.89	1.5 ± 0.49	1.5 ± 0.49
G11513	88.5 ± 4.50	101.5 ± 3.50	107.5 ± 5.50	91.5 ± 6.50	94.0 ± 13.00	69.5 ± 22.50	2.0 ± 0.00	3.0 ± 0.00	2.5 ± 0.50
G11522	73.5 ± 6.50	87.0 ± 7.00	95.0 ± 5.00	109.0 ± 11.00	97.5 ± 10.50	76.5 ± 13.50	1.5 ± 0.50	2.0 ± 0.00	1.5 ± 0.50
G11541	99.5 ± 3.50	140.0 ± 6.00	159.0 ± 4.00	105.5 ± 5.50	106.0 ± 1.00	109.5 ± 3.50	2.0 ± 0.00	3.0 ± 1.00	3.5 ± 0.50
G11542D	89.5 ± 6.50	110.0 ± 5.00	117.0 ± 13.00	94.0 ± 1.00	84.0 ± 2.00	72.0 ± 2.00	1.0 ± 0.00	1.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00
G11543	93.0 ± 2.00	136.5 ± 6.50	161.0 ± 11.00	115.0 ± 4.00	111.0 ± 1.00	94.5 ± 1.50	2.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00	1.5 ± 0.50
G11554D	57.5 ± 11.50	98.0 ± 18.00	161.0 ± 23.50	90.5 ± 5.50	115.5 ± 6.50	109.0 ± 9.00	1.5 ± 0.50	3.0 ± 0.00	3.5 ± 0.50
G21515D	107.0 ± 22.91	146.5 ± 27.57	163.0 ± 33.90	109.3 ± 15.93	97.3 ± 5.54	97.0 ± 8.34	2.0 ± 0.70	3.0 ± 1.09	3.0 ± 1.23
G21533	87.5 ± 1.50	160.5 ± 28.50	187.5 ± 34.50	102.0 ± 5.00	107 ± 16.00	109.5 ± 25.50	2.0 ± 1.00	3.0 ± 1.00	3.5 ± 0.50
G21541D	72.5 ± 16.50	107.5 ± 26.50	129.5 ± 32.50	112.0 ± 5.00	112.0 ± 5.00	105.0 ± 1.00	2.5 ± 0.50	2.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00
G21542D	63.0 ± 9.00	130.0 ± 35.00	139.0 ± 34.00	92.5 ± 2.50	110.5 ± 11.50	126.5 ± 23.50	2.0 ± 0.00	4.0 ± 0.00	4.5 ± 0.50
G21552D	147.5 ± 27.50	197.5 ± 2.50	205.0 ± 12.00	133.0 ± 0.00	118.0 ± 2.00	128.5 ± 23.50	2.5 ± 0.50	6.5 ± 0.00	6.5 ± 1.00
G21553	72.0 ± 9.00	116.0 ± 27.00	148.5 ± 31.50	90.0 ± 5.00	105.5 ± 5.50	84.5 ± 7.50	2.5 ± 0.50	2.5 ± 0.50	4.5 ± 0.50
G21554D	71.0 ± 6.00	83.5 ± 33.50	116.5 ± 33.50	96.0 ± 4.00	88.0 ± 16.00	99.0 ± 1.00	1.5 ± 0.50	2.5 ± 0.50	3.0 ± 1.00
G31515D	93.5 ± 23.50	129.0 ± 1.00	150.0 ± 0.00	122.0 ± 2.00	148.5 ± 1.50	146.0 ± 21.00	2.0 ± 0.00	2.5 ± 0.50	4.5 ± 0.50

Tabel 4. lanjutan

	Tinggi (cm)			Lebar kanopi (cm)			Jumlah cabang		
	3 BST	4 BST	5 BST	3 BST	4 BST	5 BST	3 BST	4 BST	5 BST
G31521D	77.3 ± 9.26	139.3 ± 33.01	165.8 ± 38.37	115.3 ± 15.61	109.8 ± 16.07	99.8 ± 17.25	2.5 ± 0.50	2.3 ± 1.09	2.8 ± 0.83
G31543	112.0 ± 18.00	160.5 ± 35.50	181.5 ± 41.50	125.5 ± 5.50	123.0 ± 11.00	110.0 ± 15.00	2.0 ± 0.00	4.0 ± 2.00	4.0 ± 2.00
G31544	111.8 ± 15.83	150.0 ± 9.35	173.8 ± 13.37	126.0 ± 14.60	118.0 ± 7.65	114.5 ± 18.19	1.8 ± 0.43	3.3 ± 0.83	3.3 ± 0.83
G315452D	105.5 ± 4.50	149.5 ± 0.50	180.5 ± 11.50	111.0 ± 4.00	109.0 ± 9.00	99.5 ± 5.50	2.0 ± 1.00	3.0 ± 0.50	3.5 ± 0.50
G31551D	122.8 ± 23.51	140.3 ± 3.56	148.5 ± 17.18	123.3 ± 16.77	121.0 ± 10.23	117.5 ± 26.81	2.5 ± 0.50	4.5 ± 0.50	5.0 ± 1.23
G31553	86.0 ± 2.00	116.0 ± 2.00	126.0 ± 1.00	132.0 ± 14.00	102.0 ± 12.00	132.5 ± 12.50	3.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00
G6114C	82.0 ± 28.00	115.0 ± 35.00	128.0 ± 39.00	110.0 ± 15.00	87.5 ± 7.50	76.0 ± 6.00	3.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00	2.5 ± 0.50
G6214A	52.5 ± 7.50	72.5 ± 12.50	90.0 ± 15.00	106.5 ± 31.50	110.5 ± 26.50	108.5 ± 16.50	2.5 ± 0.50	2.0 ± 0.00	2.0 ± 0.00
G6215A	64.5 ± 26.88	89.0 ± 29.71	109.8 ± 36.04	91.3 ± 34.25	111.5 ± 21.34	110.8 ± 14.72	2.0 ± 0.00	1.8 ± 0.00	1.8 ± 0.00
Rataan mutan	88.3 ± 27.69	125.0 ± 36.00	143.3 ± 39.40	108.8 ± 20.00	108.1 ± 17.40	104.2 ± 23.84	2.1 ± 0.70	2.9 ± 1.30	3.2 ± 1.20

Keterangan: Data adalah rata-rata dari 2 tanaman yang diikuti standar deviasinya

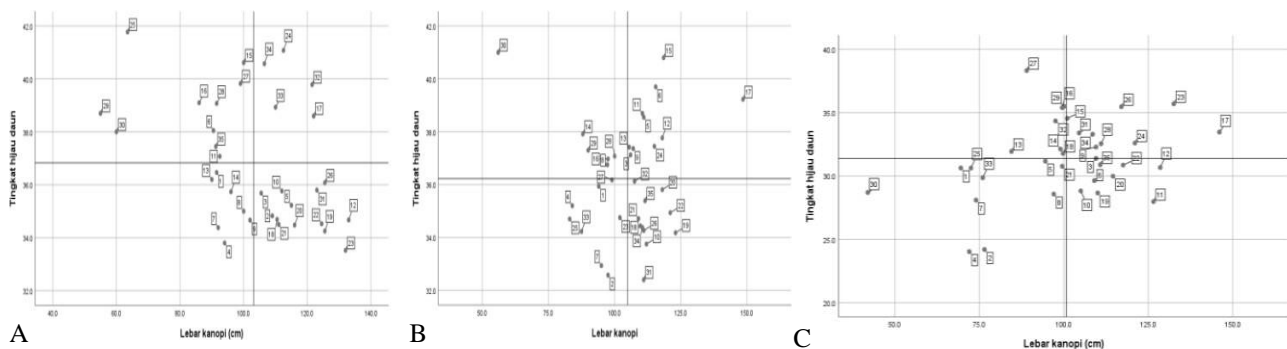
Indeks luas daun (ILD) mengalami perubahan tiap bulannya akibat pertumbuhan cabang. Pertumbuhan cabang pada tanaman mengakibatkan daun kelima yang diamati mengalami penurunan ukuran dibandingkan sebelumnya. Hal tersebut dijelaskan oleh Vincent (2008) yang menyatakan bahwa pertumbuhan cabang pada tanaman menyebabkan berkurangnya ILD secara individual. ILD akan mencapai masa maksimum saat tanaman berusia 3 hingga 6 bulan lalu akan menurun.

**Karakter Fisiologi**

Identifikasi karakter fisiologi dilakukan berdasarkan karakter tingkat hijau daun pada tanaman. Tingkat hijau daun pada genotipe terpilih dibandingkan dengan hasil uji klorofilnya untuk melihat keterkaitan atau korelasi antar hasil tingkat hijau daun di lapang dan uji kandungan klorofil. Pemilihan genotipe dilakukan untuk mengeliminasi jumlah genotipe uji dan mengurangi biaya uji. Pemilihan dilakukan melalui pengelompokan genotipe-genotipe berdasarkan karakter agronomi yang telah didapatkan.

*Pengelompokan*

Pengelompokan bertujuan untuk melihat persebaran karakter genotipe uji, dan menduga genotipe unggul. Pengelompokan dilakukan dengan menggunakan bantuan aplikasi SPSS dengan prinsip tanaman yang memiliki performa diatas rata-rata selama 2 atau tiga bulan berturut-turut untuk interaksi karakter lebar kanopi dan tingkat hijau daun dinilai sebagai genotipe unggul. Pemilihan interaksi antar dua karakter tersebut didasarkan atas harapan kemampuan tanaman untuk menangkap cahaya matahari lebih banyak dengan kandungan klorofil tinggi. Karakter lain yang diharapkan adalah tinggi tanaman sesuai dengan tinggi rata-rata orang Indonesia, jumlah cabang banyak dan indeks luas daun kelima tinggi. Tanaman dengan kondisi tersebut dinilai mampu meningkatkan jumlah panen daun serta memudahkan proses pemanenan. Gambar 1 menggambarkan hasil pengelompokan genotipe dan Tabel 5 menunjukkan hasil dari pengelompokan berdasarkan karakter lebar kanopi dan tingkat hijau daun.



Gambar 1. Pengelompokan tanaman berdasarkan karakter lebar kanopi dan tingkat hijau daun pada 3 BST (A), 4 BST (B) dan 5 BST (C).

Tabel 5. Persebaran beberapa genotipe ubi kayu asal dan mutannya pada interaksi lebar kanopi dan tingkat hijau daun

Kuadran	Umur (BST)				
	3		4		5
1	G1154D	G4D3113	G21515D		G21553
	G21542D	<b>G5D0</b>	G21554D		G21554D
	G2D12223	G6215A	<b>G3D0</b>		<b>G3D0</b>
	<b>G3D0</b>		G4D2123		G31521D
	<b>G4D0</b>		G4D3113		G4D2
	G4D2		<b>G5D0</b>		G4D3113
	G4D2123				G5D22233
2	G11513		G11513	G6114C	G11513
	G11542D		G11522		<b>G4D0</b>
	G1D1322		G11542D		<b>G5D0</b>
	G21515D		G1D1322		G6114C
	G21533		G31553		G11543
	G21553		<b>G4D0</b>		G1D1322
	G21554D		G4D2		G21515D
3	G11522	G31544	G21541D	G5D2223	G11541
	G11541	G315452D	G31521D	G5D22233	G31551D
	G11543	G31551D	G31543	G6214A	G6215A
	G21541D	G31553	G31544	G6215A	G21541D
	G21552D	G4D1221	G315452D		G21542D
	G31521D	G5D2223	G31551D		G21552D
	G31543		G4D1221		G31543
4	<b>G31515D</b>		G11541	<b>G2D12223</b>	<b>G21533</b>
	<b>G3D2413</b>		G11543	<b>G31515D</b>	<b>G2D12223</b>
	G5D22233		G11554D	<b>G3D2413</b>	<b>G31515D</b>
	G6114C		<b>G21533</b>		G31553
	G6214A		G21542D		<b>G3D2413</b>
			G21552D		G4D1221
			G21553		G4D2123

Genotipe yang dinilai berpotensi berdasarkan hasil pengelompokan genotipe adalah G2D12223 (tanaman asal Ratim), G3D2413 (tanaman asal UJ-5), G21533 dan G31515D (tanaman asal Gajah). Identifikasi karakter agronomi lain yang diamati terhadap keempat genotipe pilihan tersebut berdasarkan pengelompokan menggunakan *scatter plot* dengan interaksi antara lebar kanopi dengan karakter uji lainnya (pengelompokan dapat ditemukan pada lampiran). Genotipe G3D2413 memiliki jumlah cabang di bawah rata-rata dengan ILD daun kelima yang berfluktuasi selama 3 bulan pengamatan. Genotipe G2D12223 pada bulan ketiga memiliki cabang diatas rata-rata namun pada bulan berikutnya mengalami pewiwilan yang tidak sengaja dilakukan sedangkan ILD daun kelima mengalami fluktuasi selama 3 bulan. Genotipe G21533 pada usia 3 bulan memiliki jumlah cabang dibawah rata-rata namun menjadi diatas rata-rata pada bulan berikutnya dengan ILD daun kelima yang selalu dibawah rata-rata. Genotipe G31515D memiliki jumlah cabang dan ILD daun kelima yang di atas rata-rata selama 3 bulan berturut-turut sehingga secara agronomi dinilai memiliki potensi paling besar. Keempat genotipe tersebut memiliki

karakter tinggi diatas rata-rata selama 3 bulan pengamatan namun masih pada tinggi yang wajar untuk tinggi rata-rata orang Indonesia 156 cm (Sohn, 2014).

#### Pengaruh Genotipe terhadap Kandungan Klorofil

Uji kandungan klorofil dilakukan pada genotipe G2D12223, G3D2413, G21533, G31515D dan G3D0. Uji juga dilakukan pada tanaman asal UJ-5 sebagai pembandingan antara tetua dengan mutannya. Hasil uji kandungan klorofil kemudian diuji ANOVA dan uji lanjut terhadap pengaruh genotipe (Tabel 6). Hasil menunjukkan bahwa genotipe berpengaruh nyata terhadap kandungan klorofil b tingkat hijau daun dekat daun uji dan berpengaruh sangat nyata terhadap rasio klorofil a:b, karoten, tingkat dan tingkat hijau daun ke- 5. Uji lanjut DMRT dilakukan untuk melihat genotipe yang unggul pada setiap karakter yang diamati. Uji tersebut menunjukkan genotipe G31515D unggul dalam kandungan klorofil b, karoten, dan tingkat hijau daun dekat daun uji dan daun ke-5 sementara G21533 unggul dalam rasio klorofil a:b.

Klorofil a dan klorofil b adalah dua jenis



klorofil yang terkandung pada tanaman. Kedua klorofil tersebut memiliki kemampuan menyerap panjang gelombang cahaya yang berbeda sehingga dapat memaksimalkan pemanenan cahaya (Croft dan Chen, 2017). Rataan rasio klorofil a:b hasil uji kandungan klorofil pada semua genotype diperoleh nilai 3. Nicol dan Croce (2018) dalam Croce dan Amerogen (2020) menyatakan rasio klorofil a:b antara 1 hingga 6. Rasio klorofil a/b menunjukkan kemampuan tanaman dalam menangkap cahaya matahari untuk fotosintesis atau yang dikenal sebagai antena tanaman. Ukuran antena yang besar akan memberikan keuntungan berupa peningkatan kemampuan tanaman dalam berkompetisi dengan tanaman lainnya pada budidaya campuran (Mirkovic *et al.*, 2016). Keunggulan genotype G21533 dalam kandungan rasio klorofil a:b dapat digunakan sebagai salah satu calon varietas yang digunakan dalam budidaya campuran untuk ubi kayu. Genotype G31515D unggul dalam semua karakter uji kecuali rasio klorofil a:b namun tidak adanya korelasi yang nyata antara kandungan total klorofil dengan genotype akan memberikan keraguan pada penentuan keunggulan tersebut. Tingkat hijau daun yang memiliki pengaruh sangat nyata terhadap genotype kemudian diuji korelasinya terhadap kandungan klorofil. Uji korelasi akan menunjukkan hubungan antara tingkat hijau daun yang diukur menggunakan SPAD dengan kandungan klorofil a, klorofil b, total klorofil, rasio klorofil a:b, antosianin dan karoten.

**Analisis korelasi antar karakter fisiologi**

Hasil analisis korelasi antar karakter yang diuji tercantum pada Tabel 7. Korelasi tidak nyata terjadi antara antosianin dengan seluruh karakter uji, karoten dengan rasio klorofil a/b dan rasio klorofil a/b dengan kandungan klorofil total, klorofil a, klorofil b. Korelasi negatif terjadi hanya pada karakter tingkat hijau daun dengan rasio klorofil a/b baik pada daun dekat daun uji dan daun

ke-5. Korelasi karakter fisiologi paling erat terjadi antara kandungan klorofil total, klorofil a, klorofil b dan karoten. Tingkat hijau daun pada daun dekat uji dan daun ke-5 berkorelasi sangat nyata dengan kandungan klorofil total, klorofil a dan klorofil b. Korelasi antara tingkat hijau daun dekat daun uji ataupun daun ke-5 dengan klorofil a, klorofil b, total klorofil, rasio klorofil dan karoten menunjukkan bahwa uji tingkat hijau daun menggunakan alat SPAD pada daun mampu merepresentasikan kandungan tersebut pada daun ubi kayu secara tidak langsung.

Cerovic (2012) menilai bahwa SPAD merupakan alat yang efisien dan akurat dalam memperkirakan kandungan klorofil tanaman terutama pada daun dewasa namun kurang akurat pada tanaman yang beracun dan tanaman berdaun tebal. Korelasi yang sangat nyata antara pengukuran tingkat hijau daun menggunakan SPAD dan kandungan klorofil membuktikan bahwa SPAD mampu merepresentasikan kandungan klorofil dan karoten secara tidak langsung pada ubi kayu. Hasil pengukuran SPAD mampu dijadikan penentu dan pembantu dalam pemilihan genotype terbaik dari segi kandungan klorofil dan karoten tanpa menyebabkan kerusakan dan atau kehilangan daun dari tanaman tersebut.

Klorofil merupakan karakter penting dalam pemilihan kultivar dan karakter fenotipe tanaman. Klorofil yang terkandung dalam tanaman mampu mengekspresikan tingkat fotosintesis pada tanaman, kandungan nitrogen pada hasil budidaya dan indikasi kekurangan nitrogen saat budidaya tanaman (Cerovic, 2012). Penelitian yang dilakukan oleh Vivek *et al.* (2013) menyatakan warna hijau dari kandungan klorofil dapat dijadikan penentu atau indikasi dari kesegaran daun sebagai bahan makanan serta berkorelasi terhadap manfaat sayur hijau. Upadhyay (2018) menyatakan bahwa secara medis kadungan klorofil yang tinggi mampu menangkal radikal bebas dan berfungsi sebagai antikanker.

Tabel 6. Pengaruh genotype terhadap beberapa karakter fisiologi

Genotype	Karakter fisiologi daun							
	Tingkat hijau daun dekat daun uji	Tingkat hijau daun ke-5	Total klorofil	Klorofil a	Klorofil b	Rasio klorofil a:b	Antosianin	Karoten
	0.028 (*)	0.017 (*)	0.053 (tn)	0.052 (tn)	0.047 (*)	0.001 (**)	0.939 (tn)	0.014 (*)
G2D12223	37.2 ab	37.05 b			0.55 ab	3.08 a		0.51 bc
G3D0	35.83 ab	34.78 b			0.48 a	3.02 a		0.43 a
G3D2413	38.53 b	36.4 b			0.56 ab	3.12 a		0.53 bc
G21533	32.33 a	29.93 a			0.48 a	3.39 b		0.47 ab
G31515D	40.83 b	38.03 b			0.64 b	0.06 a		0.56 c

Keterangan: nilai sig >0.05 maka perlakuan tidak berbeda nyata, nilai sig <0.05 maka terdapat beda perlakuan, tn: tidak berbeda nyata a

Kandungan klorofil a berkorelasi sangat erat dengan klorofil b pada hasil uji korelasi. Korelasi tersebut dapat terjadi karena proses sintesis klorofil b berasal dari klorofil a sehingga kandungan klorofil b akan bergantung terhadap kandungan klorofil (Rudiger, 1997). Korelasi yang erat antara kedua karakter klorofil tersebut mengakibatkan adanya korelasi terhadap klorofil total namun tidak pada rasio klorofil a:b. Rasio klorofil a:b tidak memiliki korelasi dengan semua karakter kecuali tingkat hijau daun pada tanaman.

Kandungan karoten berkorelasi sangat nyata terhadap kandungan total klorofil, klorofil a, klorofil b dan tingkat hijau daun hasil uji SPAD. Korelasi tersebut terkait dengan fungsi serta struktur karoten pada klorofil tanaman. Fungsi

karoten sebagai pigmen aksesoris yang membantu pemanenan cahaya membuat karoten tersebut terikat dengan kompleks pigmen pada kloroplas sehingga akan terjadi korelasi antar kandungan klorofil dan karoten tersebut (Brotosudarmo *et al.*, 2018). Antosianin berkorelasi tidak nyata terhadap seluruh karakter fisiologi lain yang diuji. Junker dan Esmiger (2015) dalam penelitiannya menyatakan antosianin menjadi indikasi terjadinya senesen atau penuaan pada tanaman. Pembentukan antosianin terjadi saat kerusakan klorofil hampir selesai sehingga tidak terjadi korelasi antara kedua pigmen tersebut. Penelitian tersebut juga menyatakan bahwa kandungan antosianin akan sedikit ditemukan pada daun hijau dan banyak pada daun yang merah.

Table 7. Korelasi antar karakter fisiologi

Variabel	Tingkat hijau daun dekat daun uji	Tingkat hijau daun ke-5	Klorofil total	Klorofil a	Klorofil b	Rasio klorofil a/b	Antosianin	Karoten
Tingkat hijau daun dekat daun uji	1							
Tingkat hijau daun ke-5	0.803 (**)	1						
Klorofil total	0.789 (**)	0.609 (**)	1					
Klorofil a	0.757 (**)	0.573 (**)	0.997 (**)	1				
Klorofil b	0.852 (**)	0.690 (**)	0.976 (**)	0.957 (**)	1			
Rasio klorofil a/b	-0.527 (*)	-0.559 (*)	(tn)	(tn)	(tn)	1		
Antosianin	(tn)	(tn)	(tn)	(tn)	(tn)	(tn)	1	
Karoten	0.776 (**)	0.634 (**)	0.956 (**)	0.955 (**)	0.929 (**)	(tn)	(tn)	1

Keterangan: (\*\*) korelasi signifikan pada level 0.01, (\*) korelasi signifikan pada level 0.05%, (tn): tidak signifikan

## KESIMPULAN

Genotipe yang dinilai berpotensi berdasarkan hasil pengamatan karakter agronomi adalah G2D1223 (tanaman asal Ratim), G3D2413 (tanaman asal UJ-5), G21533 dan G315151D (tanaman asal Gajah). Hasil uji menunjukkan bahwa genotipe memberikan pengaruh nyata terhadap karakter agronomi berupa tingkat hijau daun dan karakter fisiologi berupa kandungan klorofil b, rasio klorofil a:b, dan karoten. Genotipe yang dinilai unggul untuk dijadikan sebagai calon varietas adalah G31515D dan G21533. Genotipe G31515D unggul pada semua karakter kecuali rasio klorofil a:b dan genotipe G21533 unggul pada karakter rasio klorofil a:b. Tingkat hijau daun pengukuran lapang memberikan korelasi positif terhadap kandungan klorofil. SPAD dapat digunakan dalam merepresentasikan kandungan

klorofil ubi kayu dan menilai secara kuantitatif genotipe yang unggul dari segi kandungan klorofil tanpa merusak daun pada tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- [BMKG] Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Data Online: Pusat Database BMKG. [http://dataonline.bmkg.go.id/data\\_i\\_klim](http://dataonline.bmkg.go.id/data_i_klim). [2019 Desember 15].
- [Kementan] Kementerian Pertanian Indonesia. 2018. Statistik Pertanian 2018. Jakarta (ID): Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Achidi, A.U., O.A. Ayaji, B. Maziya-Dixon, M. Bukanga. 2008. The effect of processing on the nutrient content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves. J. Food Process. Preserv. 32:486- 502.

- Arantes, A.M., S.L.R. Donato, D.L. Siqueira, E.P. Amorim, V.A.R. Filho VAR. 2016. Chlorophyll index for real-time prediction of nutritional status of 'Prata' banana. R. Bra. Eng. Agric. Ambiental. 20(2):99-106.
- Brotosudarmo, T.A.H.P., L. Limtara, R.D. Chandra, Heriyanto. 2018. Plant Growth and Regulation: Chloroplast Pigment: Structure, Function, Assembly and Characterization. Ratnadewi D, editor [eBook]. [diunduh 2020 November 30]. Doi: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.75672>
- Cerovic, Z.G., G. Masdoumier, N.B. Chozlen, L. Gwendal. 2012. A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. Physiol. Plant. 146(3): 251-260.
- Croce, R., H. Amerongen. 2020. Light harvesting in oxygenic photosynthesis: Structural biology meet spectroscopy. Science 369(6506): eay2058. Doi: 10.1126/science.aay2058.
- Croft, H., J. Chen. 2017. Reference module in earth systems and environmental: Leaf pigment content. Comprehensive Remote Sensing. 117-142. Doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10547-0.
- Duque, L.O. 2012. Cassava droughttolerance mechanisms re-visited: evaluation of drought tolerance in contrasting cassava genotypes under water stress environment [disertasi]. New York (AS): Cornell University.
- Junker, L.V. I. Esminger. 2015. Relationship between leaf optical properties, chlorophyll fluorescence and pigment changes in senescing *Acer saccharum* leaves. Tree Physiology. 36: 694-711.
- Latif, S., J. Müller. 2015. Potential of cassava leaves in human nutrition: a review. Trends Food Sci. Technol. 44(2): 147-158. Doi: 10.1016/j.tifs.2015.04.006.
- Lebot, V. 2008. Tropical Root and Tuber Crop: Cassava, Sweet Potato, Yams, Aroids. London (UK): MPG Books Group.
- Maharani, S. Iradiasi sinar gamma pada lima genotipe ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) dan pengujian awal stabilitas mutan. [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Mirkovic, T., E.E. Ostroumov, J.M. Anna, R. Grondell, Govindjee, G.D. Scholes. 2016. Light absorption and energy transfer in the antenna complexes of photosynthetic organism. Chemical Review. 117(2): 249-293.
- Pareek, S., N.A. Sagar, S. Sharma, V. Kumar, T. Agarwal, G.A. Gonxalez-Aguilar, E.M. Yahia. 2017. Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health. New York City (AS): John Wiley & Sons Ltd.
- Richardson, A.D., G.P. Duigan, G.P. Berlyn. 2002. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. New Phytologist. 153(1): 185-194.
- Rudiger, W. 1997. Chlorophyll metabolism: from outer space down to the molecular level. Phytochemistry. 46(7):1151-1167.
- Sims, D.A., J.A. Gamon. 2002. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. Remote Sens. Environ. 81(2002): 337-354.
- Sohn, K. 2014. The height premium in Indonesia. Econ. Hum. Biol. 6(2015): 1-15.
- Süß, A., M. Danner, C. Obster, M. Locherer, T. Hank, K. Richter. 2015. Measuring Leaf Chlorophyll Content with the Konica Minolta SPAD-502 Plus-Theory, Measurement, Problems, Interpretation. EnMAP Field Guides Technical Report, GFZ Data Services. Doi: <http://doi.org/10.2312/enmap.2015.010>
- Upadhyay, R.K. 2018. Plant pigments as dietary anticancer agent. Int. J. Green Pharm. 12(1):93-107.
- Veres, S., L. Zsombik, C. Juhász. 2019. Abiotic and Biotic Stress in Plant: Regulation Effect of Different Water Supply to the Nitrogen and Carbon Metabolism [eBook]. Doi: 10.5772/intechopen.84751
- Vivek, P., S. Prabhakaran, S.R. Shankar. 2013. Assessment of nutritional value in selected edible greens based on chlorophyll content in leaves. Res. Plant Biol. 3(5):45-49.